САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Ветрова Мария Александровна

ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ И ОПЕРАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация, управление предприятиями, отраслями, комплексами – промышленность)

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор физико-математических
наук, профессор
Рихтер Кнут Курт

Санкт-Петербург – 2018

Содержание

Введение 4
Глава 1. Формирование циркулярной экономики в условиях перехода к 4-й индустриальной революции и модернизация стратегий бизнеса 18
1.1.Формирование циркулярной экономики при переходе к 4-й индустриальной революции: систематизация научных представлений 20
1.2.Циркулярная экономика как ответ на глобальные вызовы и институциональные условия для ее развития 42
1.3.Оценка уровня развития циркулярной экономики и формирование циркулярных бизнес-моделей 57
Глава 2. Управление жизненным циклом продукции при формировании циркулярной экономики 71
2.1.Переход от линейного к замкнутому жизненному циклу продукта: систематизация подходов 74
2.2.Формирование циркулярных моделей потребления 89
2.3.Модель принятия решений относительно способа утилизации продукции в конце ее использования с учетом экологических и экономических факторов 98
Глава 3. Обоснование проектных решений предприятий в условиях формирования циркулярной экономики (на примере российского автомобилестроения)……...118
3.1.Сравнительный анализ программ реманufактуринга и утилизации в автомобильной промышленности РФ……..119
3.2.Система поддержки принятия инвестиционных решений по утилизации продукции на примере автомобильных компонентов……125
3.3.Поэтапное внедрение принципов циркулярной экономики для компаний российской автомобильной промышленности…….....167
Заключение…….....177
Список литературы……184
Приложение 1. Цели в области устойчивого развития ООН ……..206
Приложение 2. Классификация продуктов, подлежащих вторичному использованию....207
Приложение 3. Экологические эффекты от различных методов управления отходами и продукцией ……...…….....208
Приложение 4. Сравнительная характеристика экологического законодательства ЕС и РФ 1998-2014 г.г……...210
Приложение 5. Автомобильные компоненты, подлежащие утилизации…….212

Приложение 6. Замкнутая цепь поставок в автомобильной промышленности……..214
Приложение 7. Законодательство в области программы утилизации автотранспортных средств в РФ……..…….215
Приложение 8. Система поддержки принятия инвестиционных решений по методу утилизации…….…….216
Приложение 9. Технико-экономические показатели инвестиционного проекта реманufактуринга автомобильных компонентов в РФ…….219

Введение

Актуальность темы исследования. В 2016 году на Всемирном экономическом форуме в Давосе одной из основных тем обсуждения стала Четвертая промышленная революция, которая характеризуется стиранием границ между физическими, цифровыми и биологическими технологиями [Шваб К., 2016]. Эти технологии включают в себя искусственный интеллект, Интернет вещей, беспилотный транспорт, 3D-печать, нанотехнологии, биотехнологии, квантовые компьютеры. Ранее идеи четвертой промышленной революции были представлены германской программой Индустрия 4.0 (*Industrie 4.0*), которая была разработана в 2011 году и основывалась на технологиях умного производства (*Smart Manufacturing*) на базе глобальной промышленной сети Интернета вещей (*Internet of Things*). Однако четвертая промышленная революция связана не только с умными, характеризующимися сетевыми взаимодействиями машинами и системами. В ее ходе осуществляются фундаментальные прорывы в различных областях науки и техники. И одним из ведущих направлений четвертой промышленной революции является формирование производственно-технологических систем, базирующихся на циркулярных принципах, т.е. на безотходности производства и потребления, экологическом дизайне продукции для создания ее замкнутого жизненного цикла, повторном использовании, восстановлении и переработке отходов, где каждый продукт в конце использования представляет собой потенциально возобновляемый ресурс.

Именно синтез цифровых технологий и циркулярных принципов производства, а также их взаимодействие в физических, цифровых и биологических сферах составляют одно из принципиальных отличий четвертой промышленной революции от всех предыдущих революций. Так, при переходе к четвертой промышленной революции трансформируются традиционные и появляются новые направления экономического роста, повышающие экономическую эффективность производства и создающие новые сферы экономической деятельности. Следствием этих процессов являются системные изменения, которые проявляются во всех сферах общественной жизни, оказывая существенное воздействие на экономику и бизнес, включая принятие им как стратегических, так и оперативных решений. Сопровождающие переход к четвертой промышленной революции изменения оказывают влияние и на такие макроэкономические показатели, как инвестиции и занятость, уровень цен и ВВП, показатели благосостояния и качества жизни.

В рамках четвертой промышленной революции формируется цифровая экономика, которая представляет собой переход общества на всё более цифровую форму операций, т.е. его цифровизацию, под которой понимается принципиальное изменение основного источника добавленной стоимости и структуры экономики за счет формирования более эффективных

коммерческих и производственных процессов, обеспеченных цифровыми технологиями. В результате распространения технологий четвертой промышленной революции и цифровизации экономики открываются новые возможности для развития циркулярных принципов производства. В основе цифровизации лежит инфраструктура Интернета вещей, которая собирает данные и обеспечивают более глубокое понимание потока информации, материалов и продуктов для эффективного проектирования цепей поставок, систем производства, потребления ресурсов и т.п. Применение технологий цифровой экономики связано с получением положительных эффектов, относящихся к использованию сырьевых и энергетических ресурсов. Положительные эффекты обусловлены не только рационализацией потребления ресурсов, но и выполнением операций по восстановлению и регенерации природной среды за счет использования инновационных цифровых технологий. Все это способствует формированию принципиально новой модели экономики, которая приобретает восстановительный и замкнутый характер, базируясь на принципе «take, make, reuse» и являясь альтернативой доминировавшей прежде линейной модели, основанной на принципе «take, make, waste». Подчеркнем, что именно широкое распространение указанной линейной модели привело к глобальным экологическим проблемам, масштабным выбросам загрязняющих веществ, включая парниковые газы, истощению природных ресурсов, образованию значительных объемов отходов и неэффективному управлению ими.

Указанный комплекс проблем привлекли внимание общества, ученых, правительств разных государств и предпринимателей уже во второй половине XX века. На 2-й Всемирной конференции ООН по окружающей среде и развитию в 1992 году (Рио-де-Жанейро) была принята декларация по достижению принципов устойчивого развития, основанная на идее сопряжения охраны окружающей среды с достижением, наряду с экологическими, экономических и социальных целей. В последующем эта концепция обогащалась новыми идеями, включая задачу перехода к принципам зеленой экономики, которая была интегрирована в такие документы и решения, как Декларация Лидеров G20, стратегия «Инновации для устойчивого роста: биоэкономика – для Европы», 7-я программа действий ЕС по охране окружающей среды (*7 EAP*). При этом под зеленой экономикой в литературе понимается экономика, направленная на рост благосостояния общества и социальных гарантий с одновременным уменьшением экологических рисков и дефицитов. Параллельно с этим модель устойчивого развития была подвергнута определенной модернизации и расширению в рамках концепции инклюзивного роста, в которой делается особый акцент на улучшение качества жизни и ослабление неравенства между людьми, экологическую направленность инноваций и структурных реформ.

Вместе с тем только на современном этапе с учетом целей устойчивого развития, принципов зеленной экономики и инклюзивного роста, с одной стороны, и появлением новых возможностей, обусловленных формированием цифровой экономики и ее инфраструктуры − с другой, начала активно развиваться экологически, экономически и социально эффективная модель циркулярной экономики. Так, распространение цифровых технологий способствует улучшению обменом информацией и сотрудничества, изменению процесса производства с акцентом на регенерацию ресурсов, и ускорению системных сдвигов, которые имеют определяющее значение для формирования циркулярной экономики, и сбалансированного достижения экономических, экологических и социальных целей в области устойчивого развития.

Циркулярная экономика нацелена, во-первых, на восстановление первоначальной стоимости продуктов в конце их использования для обеспечения экономической эффективности; во-вторых, на снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет операций восстановления этой первоначальной стоимости, что приводит к выполнению социальных, экономических и экологических требований устойчивого развития. Поэтому для формирования новой модели экономики правительства развитых стран реформируют законодательство, реализуют специальные программы поддержки и проекты развития циркулярной экономики и ее отдельных элементов. Например, в ЕС в 2014 году был принят Пакет специальных мер по циркулярной экономике (*Circular economy package*), направленный на изменение нормативно-правового регулирования порядка обращения с отходами с высокими целевыми показателями, включающий также меры по устойчивости зданий, экологической занятости и проч. Высокую активность проявляют также и неправительственные организации, например, фонд Эллен МакАртур, организация *the Dutch Circle* и др., которые стремятся объединить усилия правительства, передовых компаний и ученых в области развития циркулярной экономики.

Под воздействием новых требований ориентированные на передовую практику компании все активнее разрабатывают и используют инновационные бизнес-модели восстановления и повторного использования продукции и материалов, что ведет к изменению структуры современной экономики, в которой формируются новые отрасли. К одной из таких активно развивающихся отраслей относится восстановление автомобильных деталей путем применения технологий ремануфактуринга (*Remanufacturing*), который позволяет с помощью комбинации бывших в употреблении и новых компонентов, произвести готовый продукт и позиционировать его функциональность и товарный вид на уровне нового. Применение ремануфактуринга приносит положительные экологические, социальные и экономические эффекты. Так, по оценкам экспертов, потребление сырья в этом случае сокращается до 98 %, энергии – до 83 %,

выбросов CO_2 – до 87 %, а стоимость готового изделия снижается до 40 % [Smith V. et al., 2015; Automotive Parts Remanufacturing Market, 2016]. Наряду с этим, формируются дополнительные рабочие места, например, для США прогнозируемая цифра составляет 180 тыс. человек [Automotive Recycling Industry, 2015].

Что касается России, то в ней переход на принципы циркулярной экономики находится на первоначальной стадии. Так, лишь в 2014 г. правительство РФ стало реализовывать крупномасштабные меры по реформированию экологического законодательства, включая принятие Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» № 458-ФЗ, которым предусматривалось проведение существенной модернизации действующей в стране системы обращения с отходами. Принципиальная роль в этой модернизации была отведена ряду новых управленческих инструментов и формированию необходимой инфраструктуры, включая строительство объектов для утилизации и стимулирование самого процесса утилизации отходов. Согласно распоряжению Правительства РФ № 2491-р, были установлены нормативы утилизации, а также введены ставки экологического сбора в случае отказа от утилизации. Большое значение для формирования цивилизованной системы обращения с отходами и повышения уровня ресурсной эффективности и экологической безопасности производства имело и принятие 21 июля 2014 года Федерального закона № 219 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», которым предусмотрен поэтапный переход предприятий на принцип наилучших доступных технологий (НДТ) с целью комплексного предотвращения и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Вместе с тем анализ хода реализации указанных федеральных законов, а также ряда конкретизирующих их нормативно-правовых документов показывает, что переход к новым принципам обращения с отходами в качестве необходимого этапа формирования в стране циркулярной экономики осуществляется с немалыми трудностями, введение ряда мер происходит с заметной отсрочкой от первоначально запланированных дат. Кроме того, этими законами не предусмотрен ряд необходимых для последовательного перехода на принципы циркулярной экономики мер, включая формирование необходимых объектов экологической инфраструктуры для обслуживания вводимой схемы. Отсутствуют и согласованные планы строительства мощностей для сбора, сортировки и утилизации отходов, для создания экологически и экономически эффективной схемы обращения с ними в качестве неотъемлемого элемента формирования циркулярной экономики.

Более того, в стране далеко не в полном объеме решены задачи предшествующих этапов экологизации производства и формирования ресурсно-эффективной экономики. На ряд

наиболее острых проблем обращалось внимание в декабре 2016 года на Заседании Госсовета по вопросу об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений. Также зафиксированы в качестве проблемных зон в Стратегии экологической безопасности РФ следующие негативные показатели: высокая доля захоронения ТКО (более 90%); рост площадей несанкционированных свалок и полигонов (47,7 тыс. га.), высокий уровень материалоемкости экономики и ее сырьевая специализация. Так, на долю добычи, производства, переработки, транспортировки природного сырья приходится 87% выбросов парниковых газов, 77% сбросов загрязненных вод и 97% от общего объема образующихся промышленных отходов. Экономические потери и ущерб, обусловленные загрязнением окружающей среды и ухудшением качества природных ресурсов, в стране достигает 4-6% ВВП, а с учетом негативных последствий для здоровья людей – 10-15% ВВП [Доклад об экологическом развитии РФ в интересах будущих поколений, 2016]. Актуальность этих проблем по ряду позиций приобретает в последнее время еще более острые формы, на что указывает ситуация с самопроизвольным возгоранием полигонов захоронения отходов в Подмосковье в июне 2017 года, после которого вышел указ Президента РФ о его закрытии, на фоне чего увеличилось число несанкционированных свалок. Обострившиеся экологические проблемы в РФ требуют незамедлительного решения, и развитие производств с замкнутым циклом поможет снизить поток отходов и выбросов в атмосферный воздух, повысить ресурсо- и энергоэффективность, а также переместить акцент с линейных моделей производства и потребления на циркулярные в интересах будущих поколений.

Принятие принципов циркулярной экономики, развитие связанных с этим инновационных бизнес-моделей, внедрение новых технологий производств с замкнутым циклом предполагают не только своевременную и последовательную модернизацию нормативно-правового регулирования в стране и создание адекватных рамочных условий для бизнеса, но требуют и от компаний качественно новых подходов к обоснованию и решению вопросов на стратегическом и операционном уровнях. Однако формирование циркулярных производств наталкивается на немалые преграды и барьеры, в их числе отсутствие передовых технологий и оборудования для эффективного повторного использования, восстановления и переработки отходов, низкая инновационная активность в области развития НДТ, отсутствие системы обучения и подготовки кадров для отраслей утилизации продукции, а также неразвитость экологического сознания потребителей.

Специального внимания заслуживает и тот факт, что переход к принципам циркулярной экономики с финансовой точки зрения связан с высокими инвестиционным затратами и длительными сроками окупаемости, которые нуждаются в квалифицированном обосновании. В краткосрочном периоде реализация подобных инвестиций может привести к повышению

издержек и, далее, − росту цен на продукцию предприятий. Это обстоятельство также затрудняет переход российского бизнеса на принципы циркулярной экономики. В зарубежных исследованиях используются экономико-математические модели и методы с целью проведения расчетов получения выгод и издержек при принятии компаниями решений по поэтапной трансформации линейных бизнес моделей в циркулярные. Опыт зарубежных стран в данной области, а также по обоснованию финансово-экономических результатов от внедрения различных методов управления отходами и продукцией в конце ее жизненного цикла представляя интерес, вместе с тем не может быть использован в российских условиях без определенной модификации ввиду специфики национальной институциональной базы, включая нормативно-правовое регулирование, и других значимых факторов.

Всё это и обусловило выбор темы диссертационного исследования, посвященного, во-первых, определению места и роли циркулярной экономики при переходе к четвертой промышленной революции; во-вторых, разработке принципов замкнутого жизненного цикла продукта и системы принятия операционных решений относительно способа утилизации продукции в виду изменяющихся институциональных условий и реформирования экологического законодательства РФ; в-третьих, обоснованию стратегических решений и проектов развития циркулярной экономики на примере реманufактуринга с разработкой рекомендаций поэтапного формирования принципов производств с замкнутым циклом в РФ.

Степень научной разработанности проблемы. Научные исследования в области обоснования стратегических и операционных решений предприятий при переходе к циркулярной экономике находятся на пересечении целого ряда направлений экономических наук, включая, наряду с операционным и стратегическим менеджментом, также инвестиционный анализ, теорию отраслевых рынков и экологический менеджмент. В диссертации нашли свое отражение базовые идеи развития циркулярной экономики в рамках четвертой промышленной революции и цифровой экономики, разработанные такими исследователями, как Шваб К., Пагоропалос А., Пигассо Д., Мак Айлон Т., Сухдев А., Воль Ю., Брэндт К., Йоман Р., Куприяновский В.П., Конев А.В., Синягов С.А., Намиот Д.Е., Куприяновский П.В., Замолодчиков Д.Г., Смородинская Н.В., Катуков Д.Д. и др.

Истоки концепции циркулярной экономики относятся к изучению теоретических и практических аспектов устойчивого развития и экологического менеджмента, основополагающие идеи которых отражены в исследованиях Фишера Х., Вухерера Ц., Вагнера Б., Буршеля Ц., Мюллера К., Бобылева С. Н., Гирусова Э. В., Перелета Р. А., Хайдукова Д. С., Тасалова К. А., Данилова-Данильяна В.И., Беляева И.Ю., Благова Ю.Е., Зубаревича Н.В., Туркина С.В., Макарова СВ., Молчановой Я.П., Мочаловой Л.А., Пахомовой Н.В., Рихтера К., Эндерса А., Бабиной Ю.В., Габовой И.Я., Даймана С.Ю., Зуева В.И., Крупининой Н.Н., Паули

Д., Советкина В.Л., Тихомирова Н.П., Тулупова А.С., Чижикова В., Шапкина А.С., Ярошенко Ю.Г. и др. Разработка начальных представлений об экономике с замкнутым циклом, а также раскрытие понятия циркулярной экономики содержатся в трудах таких ученых, как К. Боулдинг (Теория земли как космического корабля), Д. Медоуз (Пределы роста), У. Стахиль (Функционирование экономики как замкнутой цепи), М. Браунгарт, У. Макдоно ("От колыбели к колыбели"), Пирс Д. (Понятие «циркулярная экономика»), Фрош Р., Галлопулос Н. (Промышленная экология). Указанные исследователи в рамках разрабатываемых ими концепций формировали теоретические основы модели циркулярной экономики. С практической точки зрения особенности циркулярной экономики изучаются фондом Элен МакАртур, эксперты которого внесли существенный вклад в развитие концепции циркулярной экономики, представив, в частности, ее теоретическую модель.

Исследование особенностей и специфики ряда базовых элементов циркулярной экономики, включая замкнутые цепи поставок и возвратную логистику, проведено в работах Гунгора М., Гупты С., Говиндана К., Добоша И., Гудье Дж., Вассенхова Л., Пищулова Г.В., Рихтера К., Добоша И., Хокса К., Шривастава С., Джеймса Р., Фляшмана М., Деккера Р., Атасу А., Алюмура С., Альшамси А., Дайбата А., Джабера М., Базана Е., Чуанга С., Ву З., Юань К., Соуза Г. и др. В работах указанных авторов изучены вопросы моделирования и дизайна замкнутых цепей поставок, местоположения элементов цепи, планирования и оптимизации запасов и возвратных потоков и т.п.

Наряду с вопросами возвратной логистики и замкнутых цепей поставок, существенно внимание исследователями уделяется реманufактурингу продуктов и отдельных компонентов, в качестве одной из ключевых технологий модели циркулярной экономики. Так, проблемы проектирования и дизайна продукции с целью реманufактуринга по завершению ее жизненного цикла исследовались Гунгором М., Касандарой М., Терпени Дж., Карлом Р., Джелеско Дж., Парком Дж., Рамани К., Раманuджаном Д., Бэрнштйном В., Чжао Ф., Сузерлэндом Д., Хандверком С., Кимом Х., Тарстоном Д. Анализ мотивов для организации возврата, неопределенности в продуктах, поступивших на восстановление, моделирование с учетом стохастического спроса и возврата исследовали Шпицер А., Джонсон М., Найм М., Танг О., Товиль Д. и др. Анализ выгод и затрат восстановления продукции, рентабельности, ценообразования на продукцию реманufактуринга, влияние законодательства на стратегию восстановления изучались Саркисом Дж., Гуинтини Р., Гаудеттом К.,Мондалем С., Мукхерджи К. и др.

Среди исследований, развивающих парадигму имитационного моделирования, следует выделить труды Д. Форрестера, Д. Медоуза, Беренса, М. Гудмана, В.Л. Макарова, А.Р. Бахтизина, В.В. Девяткова, А.А. Емельянова, А.В. Борщёва, В.Д. Боева, П. Ноутона, Г. Шилдта

и др. Имитационное моделирование в качестве инструмента системы поддержки принятия решений использовалось в работах Емельянова А.А., Власовой Е.А., Дума Р.В., Зайдвижка Р., Крике Х., Бандивадекара А., Гюнтера К., Кумара В., Сутнерланда Дж.

Вместе с тем, анализ современной научной литературы показал недостаточный уровень проработки проблемы, связанной с трансформацией российской линейной модели экономики в циркулярную форму. В литературе все еще отсутствуют целостные и комплексные исследования в области развития потенциала циркулярной экономики, и барьеров, препятствующих ее формированию в России. Пока еще не выработан и системный подход к определению возможностей развития реманufактуринга в российской автомобильной промышленности как альтернативы переработке и захоронению продукции в конце ее жизненного цикла. Недостаточна и научно-методическая поддержка принятия компаниями решений по выбору способа утилизации продукта в условиях изменяющихся требований со стороны законодательства. Все это обуславливает необходимость интенсификации исследований в области формирования и развития принципов циркулярных производств в российской промышленности, экономико-математического моделирования принятия стратегических и операционных решений предприятий при переходе к принципам циркулярной экономики, включая изучение и оценку экологических и экономических эффектов при трансформации линейной модели экономики в циркулярную форму.

Цели и задачи исследования. Целью работы является обоснование стратегических и операционных решений предприятий по их интеграции в замкнутые ценностные цепочки в условиях поэтапного формирования модели циркулярной экономики для достижения комплексной экономической и социально-экологической эффективности. Для достижения данной цели в диссертационном исследовании были поставлены и решались следующие **задачи**:

1. Определение места и роли циркулярной экономики при переходе к четвертой промышленной революции, включая:
    1.1. анализ и систематизацию научных подходов к категории «циркулярная экономика» и ее основным элементам в рамках концепции устойчивого развития и в условиях цифровизации экономики;
    1.2. исследование экологических и социально-экономических эффектов циркулярной экономики, способствующих решению ряда глобальных экологических проблем;
    1.3. изучение передового опыта развития принципов циркулярной экономики, роли государства и необходимых институциональных условий для трансформации линейной модели экономики в циркулярную;

1.4. выявление проблем и факторов, влияющих на развитие принципов циркулярной экономики в России, анализ потенциальных отраслей для формирования и развития циркулярных бизнес-моделей.

2. Разработка принципов замкнутого жизненного цикла продукции на взаимосвязанных стадиях дизайна, производства, использования и эко-эффективной утилизации в условиях развития циркулярной экономики, включая:
   2.1. дизайн прототипа замкнутой цепи поставок и определение ее основных элементов для производства автотранспортных средств;
   2.2. разработку индекса оценки экологического дизайна продукта, на примере автотранспортных средств, основополагающих элементов циркулярного производства и критериев выбора циркулярных поставщиков;
   2.3. методическое обоснование модели принятия операционных решений предприятия по способу утилизации отслужившей продукции с учетом социально-экологических и экономических факторов;
3. Обоснование системы принятия стратегических решений предприятий автомобильной промышленности в условиях введения нормативов утилизации и развития принципов циркулярной экономики, включая:
   3.1. обоснование необходимости развития принципов циркулярных производств в отрасли автомобильной промышленности РФ на основе сравнительного анализа программ утилизации и реманufактуринга;
   3.2. разработку, анализ и оценку инвестиционного проекта развития реманufактуринга автотранспортных запасных частей и деталей в РФ;
   3.3. разработку практических рекомендаций по поэтапному развитию реманufактуринга в российской автомобильной промышленности.

Объект и предмет исследования. Объектом диссертационного исследования выступают предприятия и промышленные комплексы, осуществляющие принятие решений в условиях перехода к циркулярной экономике в РФ с учетом передового зарубежного опыта. Предметом исследования являются управленческие решения, возникающие в ходе формирования циркулярной экономики, а также решения предприятий относительно процессов управления отходами и продукцией по завершению ее жизненного цикла с акцентом на реманufактуринг как приоритетный способ утилизации в условиях введения в РФ прогрессирующих ставок экологического сбора.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационное исследование выполнено в рамках научной специальности 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством» паспорта специальностей ВАК (экономика, организация и управление

предприятиями, отраслями, комплексами – промышленность), и соответствует следующим пунктам: 1.1.2. Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий. 1.1.4. Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах. 1.1.13. Инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов.

Теоретической и методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные вопросам устойчивого развития, экологического менеджмента, эколого-экономической эффективности, формированию принципов циркулярной экономики, замкнутым цепям поставок и реманufактурингу, а также работы, раскрывающие сущность и особенности применения имитационного моделирования при разработке системы поддержки принятия решений. В целях разработки рекомендаций по модернизации государственной политики обращения с отходами при поэтапном переходе к циркулярной экономике использовались теория внешних эффектов, современный вариант концепции устойчивого развития, а также современный институциональный и экономико-правовой анализ. Для углубленного анализа новых рыночных сегментов экономики, ориентированных на принципы циркулярного производства, использованы методы и подходы экономики отраслевых рынков, ряд методов стратегического анализ, включая SWOT-анализ и анализ жизненного цикла.

В ходе диссертационного исследования применялись общенаучные и специальные методы исследования: анализ и синтез экономических процессов и явлений, обобщение теоретического и практического материала, причинно-следственный анализ, аналогия и моделирование, основные положения экономического, статистического и сравнительного анализа, прогнозирования социально-экономических процессов и графической интерпретации.

Для построения и оценки имитационной модели, а также для анализа результатов моделирования использовалось большое количество разнообразных методов, в частности метод аналогий, эвристические методы, традиционные методы обработки информации, агрегации/дезагрегации данных и пр. Апробация полученных теоретических положений была проведена на основе анализа и оценки конкретного инвестиционного проекта в сфере автомобильной промышленности. Программная реализация имитационной модели осуществлена и интегрирована в MS Excel.

Информационной базой исследования послужили законодательные и нормативно-правовые акты органов государственной власти Российской Федерации, проекты, инициативы, директивы и постановления в области законодательства ЕС; официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики РФ, Росприроднадзора, Счетной палаты РФ, а также статистической службы Европейского союза Eurostat, IFC, ряда

международных организаций (United Nations Environment Programme (UNEP), Automotive Recyclers Association (ARA), фонд Элен Мак Артур и др.), аналитические данные консалтинговых агентств (Russian Automotive Market Research, Автостат и проч.), внутренние отчеты российских и международных компаний (АВТОВАЗ, Volvo, Renault и др.), материалы научных и научно-практических конференций и форумов, научные и специальные отраслевые российские и иностранные публикации, анализ баз данных Scopus, Web of Science, E-library.

Научная новизна диссертационной работы состоит в теоретическом обосновании роли циркулярной экономики в решении глобальных проблем при переходе к четвертой промышленной революции; обосновании методологических подходов к управлению замкнутым жизненным циклом продукта; разработке теоретико-методической основы принятия стратегических и операционных решений предприятий по поэтапному переходу к принципам циркулярной экономики.

Наиболее важные результаты диссертационного исследования, обладающие научной новизной и выносимые на защиту, сформулированы в следующих положениях:

1. Раскрыта роль циркулярной экономики в условиях перехода к четвертой промышленной революции с учетом принципов и требований устойчивого развития. Систематизирован передовой международный опыт развития принципов циркулярной экономики. Выявлены основные барьеры на пути трансформации линейной экономики в циркулярную форму в РФ, а также представлены потенциальные отрасли российской промышленности для формирования циркулярных бизнес-моделей.
2. Разработаны методика оценки экологического дизайна продукта для повторного использования, восстановления или переработки; основополагающие элементы циркулярного производства на основе концепций бережливого и «зеленого» производства, всеобщего управления качеством и корпоративной социальной ответственности; а также критерии выбора циркулярных поставщиков с учетом экономических, экологических и социальных показателей.
3. Проведен сравнительный анализ программы утилизации автотранспортных средств РФ и передового опыта реманufактуринга, доказана социальная, экономическая и экологическая приоритетность реманufактуринга автомобильных запасных частей и деталей в сравнении с операциями переработки, сжигания и захоронения. Определены основные элементы и разработана схема-модель замкнутой цепи поставок в автомобильной промышленности для реализации принципов циркулярной экономики.
4. На основании анализа специфики организации и управления функционированием системы утилизации отходов производства и потребления в России, международного опыта реализации принципов циркулярной экономики и особенностей применения

экономико-математического моделирования в рассматриваемой сфере, построены экономико-математические модели принятия операционных решений относительно выбора способа утилизации продукции в конце ее жизненного цикла.

5. Разработана имитационная модель принятия стратегических решений предприятий автомобильной промышленности по инвестированию в реманufактуринг запасных частей и деталей. Проведен анализ выгод и затрат от внедрения реманufактуринга автомобильных компонентов в РФ с целью обоснования финансово-экономических показателей при развитии принципов циркулярного производства.
6. На основе обобщения опыта передовых зарубежных компаний, анализа финансовых показателей инвестиционного проекта реманufактуринга запасных частей и деталей даны рекомендации поэтапного внедрения принципов циркулярной экономики для компаний российской автомобильной промышленности с целью сбалансированного достижения экологических, социальных и экономических выгод. Предложен пакет правовых, экономических и технологических мер в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном периодах, способствующих трансформации линейной модели российской экономики в циркулярную.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в развитии концепции циркулярной экономики в рамках теории устойчивого развития и перехода к четвертой промышленной революции с учетом имплементации ее принципов в странах с неразвитой институциональной средой, в разработке методологических принципов управления продукцией с учетом замкнутого жизненного цикла и в обосновании алгоритма принятия стратегических и операционных решений предприятиями промышленности в условиях поэтапной трансформации доминирующей линейной экономики в циркулярную модель с целью достижения положительных экологических и социально-экономических эффектов.

Практическая значимость диссертационного исследования состоит в разработке инструментария обоснования и сопровождения принятия стратегических и операционных решений предприятиями при выборе метода утилизации отходов и продукции в конце ее использования с учетом ужесточения экологического законодательства РФ, введения нормативов утилизации продукции и прогрессирующих ставок экологического сбора в случае отказа от утилизации. Представленная система поддержки принятия решений предприятия позволяет решать задачи отраслевого стратегического планирования, анализировать возможные варианты утилизации с точки зрения выгод и затрат, вырабатывать рекомендации по совершенствованию норм экологического законодательства.

Результаты диссертационного исследования могут быть полезны как органам законодательной власти, так и производителям автотранспортных средств и их отдельных

компонентов, крупным отраслевым объединениям и саморегулируемым организациям в сфере автомобилестроения, утилизации отходов производства и потребления.

Апробация и внедрение результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались на 11 научных и практических конференциях, форумах и круглых столах, в том числе всероссийских и международных: Участие в сессии программы Global Challenges «Нехватка ресурсов» (Открытый университет Сколково, 2015 г.); Девятый Всероссийский форум «наука и инновации в технических университетах» (Санкт-Петербургский Государственный Политехнический университет, 2015 г.); Десятый Всероссийский форум «Наука и инновации в технических университетах» (Санкт-Петербургский Государственный Политехнический университет, 2014 г.); II Международный научно-исследовательский семинар «Эффективность экономики, экологические инновации, климатическая и энергетическая политика» (Санкт-Петербургский Государственный университет, 2016 г.); Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2016» (Московский Государственный университет); Международная весенняя конференция молодых ученых-экономистов "Природные ресурсы и экономическое развитие" в рамках Международной научно-практической конференции III "Устойчивое развитие: общество и экономика" (Санкт-Петербургский Государственный университет, 2016 г.); XXI международная конференция молодых ученых-экономистов «Предпринимательство и реформы в России» (Санкт-Петербургский Государственный университет, 2015 г.); XXII международная конференция молодых ученых-экономистов «Предпринимательство и реформы в России» (Санкт-Петербургский Государственный университет, 2016 г.); IV Международная научно-практическая конференция «УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: ОБЩЕСТВО И ЭКОНОМИКА» (Санкт-Петербургский Государственный университет, 2017 г.); VIII Невский международный экологический конгресс (24-26 мая 2017 г., г. Санкт-Петербург); 14-ая Международная научно-практическая конференция Российского общества экологической экономики «Эколого-экономические проблемы регионов и стран» (3-7 июля 2017 г., г. Петрозаводск).

Публикации результатов исследования. Основные положения и результаты исследования опубликованы в 12 печатных работах общим объёмом 6,5 п.л. (авт. – 3,8 п.л.), 4 из них в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации, общим объёмом 4,9 п.л. (авт.– 2,3 п.л.), из них в ядре РИНЦ (WoS RSCI и WoS ESCI) 2 статьи.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 266 наименований, 9 приложений и содержит 50 рисунков и 37 таблиц. Общий объем работы – 220 страницы.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, раскрывается суть проблемы, определятся цель и задачи, а также объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе работы раскрыты основные теоретические подходы к циркулярной экономике и ее ключевому элементу – реманufактурингу, изучена история возникновения и развития концепции в рамках теории устойчивого развития, перехода к четвертой промышленной революции и цифровизации экономики. Проведен анализ теоретической модели циркулярной экономики и ее основополагающих элементов, представлена классификация циркулярных бизнес-моделей, корреспондирующих с теоретической моделью, в контексте которых особое место занимает реманufактуринг. Также изучены положительные экологические, экономические и социальные эффекты развития циркулярной экономики и реманufактуринга, уделено внимание и отрицательным внешним эффектам; проанализирован международный опыт применения реманufактуринга и раскрыт потенциал его формирования в российских отраслях промышленности; представлены технологические, экономические и нормативно-правовые барьеры на пути развития реманufактуринга в России.

Во второй главе представлен дизайн замкнутой цепи поставок в автомобильной промышленности во взаимосвязи с этапами жизненного цикла, приведены критерии выбора поставщиков и основные элементы циркулярного производства с целью развития экономики замкнутого цикла, разработана модель принятия решений управления продукцией в конце ее использования с учетом экологических и экономических факторов.

В третьей главе представлен сравнительный анализ последствий реализации программы утилизации автомобилей в РФ и эффектов практического применения реманufактуринга транспортных средств; разработана имитационная модель проектирования, анализа и оценки эффективности принятия решений об инвестировании в развитие реманufактуринга запасных частей в российской автомобильной промышленности. Даны рекомендации по поэтапному развитию реманufактуринга в российской автомобильной промышленности.

В заключении излагаются основные выводы, имеющие научно-практическую значимость, показаны результаты реализации цели и задач, поставленных в диссертационном исследовании.

Глава 1. Формирование циркулярной экономики в условиях перехода к 4-й индустриальной революции и модернизация стратегий бизнеса

Концепция циркулярной экономики формировалась с одной стороны в рамках парадигмы устойчивого развития, идей зеленой экономики и инклюзивного роста, а с другой стороны ее практическая реализация стала возможной на основе технологий четвертой промышленной революции и цифровой экономики. Поэтому в первом пункте первой главы анализ литературы проведен согласно схеме, представленной на Рисунке 1:

Рис.1. Последовательность анализа литературы

В рамках концепции циркулярной экономики проанализированы такие ее основные элементы, как возвратная логистика, замкнутые цепи поставок, управление отходами с акцентом на реманufактуринг для систематизации научных представлений, а также обоснования дальнейших направлений исследования. Также исследованы проблемы имитационного моделирования, систем поддержки принятия решений, оценки эффективности

инвестиционных проектов реманufактуринга с целью развития принципов циркулярной экономики в России.

Во втором пункте первой главы проводен анализ положительных социальных, экономических и экологических эффектов развития принципов циркулярной экономики с целью обоснования необходимости трансформации линейной модели экономики в замкнутую форму для борьбы с глобальными проблемами современной цивилизации, а также уделяется внимание отрицательным внешним эффектам циркулярной модели экономики.

Изучен передовой международный опыт по созданию необходимых институциональных условий для перехода от линейной экономики к циркулярной модели, а также проведен сравнительный анализ экологического законодательства ЕС и РФ, для выявления пробелов в нормативно-правовой и законодательной основе развития циркулярной экономики России. Особое внимание уделяется анализу формирования современной схемы обращения с отходами, как неотъемлемого элемента развития циркулярной экономики.

В третьем пункте первой главы изучены индексы оценки уровня циркулярной экономики, выявлены их недостатки и разработан собственный способ расчета с учетом теоретической модели циркулярной экономики фонда Ellen McArtur. С помощью предложенного индекса произведена оценка и сравнительный анализ уровня развития циркулярной экономики в России и Германии. Особое внимание уделено анализу причин низкого уровня развития циркулярной экономики в РФ, которые подразделены на три группы: экономические, технологические и нормативно-правовые. Исследованы циркулярные бизнес модели, их основные характеристики, опыт применения зарубежными компаниями и возможности развития в российских отраслях экономики с учетом барьеров и имеющихся производств, на базе которых уже сегодня возможно формирования принципов циркулярной экономики и инновационных бизнес-моделей.

1.1.Формирование циркулярной экономики при переходе к 4-й индустриальной революции: систематизация научных представлений

В связи с истощением природных ресурсов, разрушением озонового слоя, загрязнением окружающей среды и другими экологическими проблемами глобальной цивилизации в 1992 году на Конференции ООН была принята концепция устойчивого развития, под которой понимается гармоничное развитие производства, социальной сферы, населения и окружающей природной среды [Федеральный закон от 19.06.96 N 78 ФЗ, ст.1], при котором использование природных ресурсов, приоритеты инвестиционной политики и научно-техническое развитие, и соответствующие институциональные_ изменения согласованы друг с другом и призваны укреплять нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений [United Nations Conference on Environment and Development. The Earth Summit. June 3–14, 1992.]. Принятая на UNCED в ходе активного обсуждения доклада Брундтланд Декларация Рио базировалась на идее сопряжения охраны окружающей среды и развития, экологических и экономических целей [Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Малышков Г.Б., 2013]. После принятия концепции устойчивого развития, ее трактовка и содержание, инструменты реализации и институциональные условия активно обсуждались и исследовались учеными разных стран. Такие ученые как, Андерсон М., Диамонд Дж., Стрэндж Т., Бэйли А., Разгуляев В., Гурьева М., Бегун Т. и др. занимались вопросами терминалогии и содержания концепции устойчивого развития. Условия, механизм и программы реализации устойчивого развития на макро-, мезо- и микроуровне исследовали Турова А., Яроцкая Е., Баскин А., Кондаурова Д., Панова С., Арсенова Е., Крюкова О., Львов Д., Дроздов В, Матросов В., Пителин А. и др. Проблемы оценки уровня устойчивости регионов и отдельных предприятий были исследованы Комендантовой-Аманн Н., Лихачевой Т., Осиповой М., Растеряевым К., Балышковым Н., Иваницкой И.

Параллельно с концепцией устойчивого развития в связи с возрастающим интересом к экологическим методам производства и управления отслужившей продукцией и отходами сформировалась концепция зеленой логистики (*green logistics*). Данная концепция берет свое начало в середине 1980-х годов и стремится охарактеризовать организацию логистических систем и подходов, которые используют передовые технологии и оборудование, чтобы минимизировать ущерб для окружающей среды от производства [Thiell M., Zuluaga J., Montanez J., van Hoof B., 2011]. Различные авторы определяют данный термин неодинаково, сочетая в нем экономическую и экологическую составляющую процесса создания стоимости продукта (табл. 1).

Таблица 1

Термин «зеленая» логистика [Омельченко И. Н., Александров А. А., Бром А. Е., Белова О. В., 2013]

№	Используемый термин	Определение	Авторы	Год
1	Экологическая логистика	Один из видов современной логистики, нацеленный на интеграцию экономической выгоды, социальных и экологических аспектов	Дж. Янг, Х. Пэн	2000
2	Зеленая логистика	Совокупность действий по оценке и минимизации экологических последствий логистической деятельности	Д. Роджерс, Р. Тиббен–Лембке	2001
3	Зеленая логистика	Экологически приемлемая и эффективная транспортная система распределения	Ж.-П. Родриге и др.	2001
4	Экологическая логистика	Система планирования, проектирования и управления с использованием передовых технологий логистики и методов экологического проектирования в сфере уменьшения загрязнения и ресурсопотребления, продиктованных экологическими принципами. Основная цель – координация логистической деятельности и социально-экологического эффекта	Л. Янбо, Л. Сонгхьян	2008
5	Зеленая логистика	Новое научное направление, предполагающее применение прогрессивных технологий логистики и современного оборудования с целью минимизации загрязнений и увеличения эффективности использования логистических ресурсов. С точки зрения бизнеса, методы зеленой логистики в основном включают: управление системой транспортировки (объединенные перевозки, 3PL-логистика), управление процессом упаковки (с целью уменьшить воздействие упаковочных материалов на окружающую среду), организацию «зеленых» коммуникаций и производства, управление складским хозяйством и отходами	-	-
6	Экологическая логистика	Наука и комплекс мер, который обеспечивает движение материала при осуществлении любых производственных процессов вплоть до его превращения в товар и отходы производства с последующим доведением отходов до утилизации или до безопасного хранения в окружающей среде, а также сбор и сортировку отходов потребления, их транспортировку, утилизацию или безопасное хранение в окружающей среде	А. Маккинон	2010

Таким образом, понятие «зеленой» логистики прошло путь от понимания ее в качестве комплекса действий для минимизации экологических последствий транспортировки до перспективного научного направления, находящегося на стыке экологического менеджмента и логистики, и стремящегося найти компромиссы между экономической и экологической эффективностью. Зеленая логистика концентрируется на решении экологических проблем: снижении потребления невозобновляемых природных ресурсов, утилизации отходов, использовании экологически чистых материалов и транспорта.

«Зеленая» логистика нацелена на экологичность всей цепи создания стоимости продукта, его использования и «после использования», т.е. на создание и управление зеленными цепями поставок (*Green Supply Chain Management, GSCM*). Впервые термин *Green Supply Chain Management* был выдвинут в 1996 году в США в университете штата Мичиган Хандфилдом Р. в статье о передовой практике мебельной промышленности, после чего начали изучаться различные аспекты управления зелеными цепочками поставок. Дирадж Н. и Вишаль Н. управление зелеными цепочками поставок (*GSCM*) описали как уравнение:

GSCM = зеленые закупки + зеленое производство + зеленое распределение + возвратная логистика.

Идея *GSCM* заключается в устранении или минимизации энергии, выбросов, химически опасных, твердых отходов вдоль всей цепи поставок, что соответствует принципам устойчивого развития.

Для поддержания и реализации целей устойчивого развития связанными с борьбой с неравенством и дискриминацией для достижения политической и экономической стабильности инициативами ООН в 2008 году была разработана и представлена модель инклюзивного роста. Инклюзивная модель экономического роста - экономически целесообразная схема ведения предпринимательской деятельности, включающая бедных в качестве потребителей, покупателей, работников, производителей и предпринимателей на всех этапах цепочки создания добавленной стоимости, обеспечивая взаимовыгодное развитие для всех её участников [Gradl C., Knobloch C, 2009]. Среди ученых, исследования которых посвящены проблемам инклюзивного экономического роста, можно выделить Спенса М., Ранири Р., Рамоса Р., Кноблох К., Градл К., Мишелини Л., Казакову А., Пахомову Н., Рихтера К., Малышкова Г.

На протяжении последних десятилетий принципы устойчивого развития учитывались при выработке законодательства правительствами разных стран, меняя институциональные условия и правила ведения бизнеса, изменялись и приоритеты самой концепции. Так, в 2011 году акцент был сделан на проблеме социальной справедливости при ее взаимосвязи с деградацией экологических систем, в результате чего сформировалась концепция зеленой экономики,

призванная решить проблемы истощения природных ресурсов, климатических изменений, выбросов парниковых газов и разрушения озонового слоя, а также других глобальных проблем, включая возрастающее социальное неравенство. Различными теоретическими и практическими аспектами реализации концепции зеленой экономики во взаимосвязи с устойчивым развитием занимались такие ученые как Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Малышков Г.Б., Баутин В.М., Кузина Л.В., Сычева И.Н., Полтарыхин А.Л., Тарасова А.Ю., Анопченко Т.Ю., Журавель В.Ф., Савон Д.Ю., Чернышев М.А., Гассий В.Ф., Пайтаева К.Т., Чалова А.И., Мошкин И.В., Темирканова А.В., Карибжанова Е.Л., Маркер Е.В., Сидорюк А.В., Темирканов А.Р.

Спустя 4 года, 25-27 ноября 2015 г., Генеральной Ассамблей ООН было выдвинуто 17 ключевых целей устойчивого развития (Приложение 1), которые призваны решить три блока проблем: экономические, социальные и экологические. Одной из целей является Обеспечение устойчивых моделей производства и потребления, реализация которой связана с положительными социально-экономическими и экологическими эффектами. Достижение этой цели требует пересмотр доминирующей до настоящего времени линейной модели экономики, базирующейся на принципе «*take, make, waste*», которая была основой социально-экономического развития со времен промышленной революции, с целью преобразования моделей производства и потреблений в замкнутую форму, где все продукты и материалы разработаны с возможностью переработки или повторного использования. И сегодня все большее внимание привлекается к концепции циркулярной экономики, в основе которой лежит принцип «*take, make, reuse*», ориентирующий на повторное использование и утилизацию продукции в конце ее использования.

Концептуально модель циркулярной экономики формировалась в рамках парадигмы устойчивого развития. Впервые понятие и концепция циркулярной экономики стали упоминаться в литературе с 1960-х гг. Так, в 1966 г. американский экономист К. Боулдинг выдвинул теорию Земли как космического корабля (Рис.2). «Земля, - утверждал автор, - превратилась в единственный космический корабль, на котором нет неограниченных резервуаров, поэтому человек должен найти свое место в цикличной экологической системе». В 1972 г. Д. Медоузом с соавторами представили работу «Пределы роста», к основным идеям которой относилась необходимость разработки и изготовления продукции для эффективного повторного использования и рециклирования. В конце 1980-х гг. группа ученых У. Стахиль, М. Браунгарт и У. Макдоно возродили идею функционирования экономики как замкнутой цепи, и исследовали ее влияние на конкурентоспособность компаний, экономию ресурсов, создание новых рабочих мест и сокращение отходов. В 1990-х гг. четкое определение понятия «циркулярная экономика» попытался дать известный экономистов-эколог Дэвид Пирс. Позже были выдвинуты близкие по значению концепции «от колыбели до колыбели» (*Cradle-to-*

Cradle) и промышленной экологии (*Industrial ecology*), также оказавшие влияние на выработку современных представлений о циркулярной экономике.

Промышленная экология изучает взаимодействие деятельности предприятий на окружающую среду, а также и обратное: природной среды на их деятельность. Рождение термина промышленная экология присваивается статье, написанной Р. Фрошем и Н. Галлопулосом, опубликованной в журнале *Scientific American* в 1989 году. Термин *Cradle-to-Cradle (C2C)* является зарегистрированным товарным знаком консультантов *McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC)*. Идея модели «от колыбели к колыбели» заключается в биомимикрическом подходе к разработке продуктов и систем, который рассматривает циркуляцию природных и промышленных элементов в рамках безопасного обмена веществ всей природы, воспринимая эти элементы как питательные вещества.

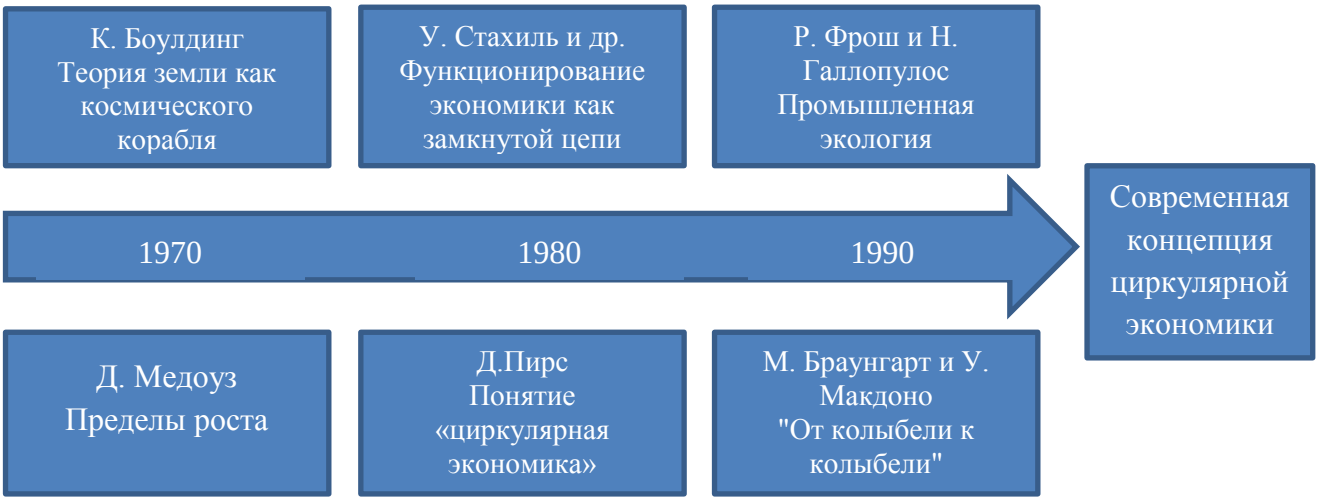


Рис.2. Последовательность развития научной мысли в области экономики с замкнутым циклом [Составлено автором]

Сегодня под циркулярной экономикой специалистами понимается экономика, которой присущ восстановительный и замкнутый характер. Для нее характерна минимизация потребления первичного сырья и максимизация использования объемов перерабатываемых ресурсов, которые сопровождаются снижением отходов, направляемых на захоронение, а также сокращением площадей неорганизованных свалок и полигонов захоронения отходов. Таким образом, концепция циркулярной экономики направлена на решение задачи одновременного повышения экологической и экономической эффективности.

Циркулярная экономика основывается на трех ключевых принципах, во-первых, контроль конечных запасов ресурсов и потоков возобновляемых ресурсов с целью сохранения природного капитала. Во-вторых, оптимизация потребления ресурсов путем разработки и распространения продукции, комплектующих изделий и материалов на самом высоком уровне

их повторного использования. В-третьих, предотвращение негативных внешние эффектов текущего производства с целью повышения эффективности экономических и экологических систем [Sauvé S., Bernard S., Sloan P., 2015]. В последнее десятилетие растет публикационная активность по проблемам циркулярной экономики среди ученых многих стран, так различные аспекты циркулярной экономики изучаются Гиселини П., Циалани К., Ульджиати С., Али С., Пищуловым Г., Рихтером К., Пахомовой Н., Сергиенко О., Буряк И., Павловой К., Подвойской Л., Осипенко Н.Д., Платоновой И.С., Есиповой О.В., Саушеой О.С. и др.

Возросшее внимание к концепции циркулярной экономики во многом связано с возможностью ее практической реализации в настоящем благодаря быстрому распространению технологий Индустрии 4.0, которые тесно связаны с цифровой экономикой и четвертой промышленной революцией.

Масштабные технологические сдвиги в научной литературе получили название «промышленные революции». Впервые это понятие начал использовать в 1830-е французский экономист Адольф Бланки, и сегодня данный термин подчеркивает быстрый и взрывообразный характер изменений технологий, институтов, структуры рынка и общества, которые радикально трансформируют содержание, способы и механизмы организации производства, обмена, потребления и коммуникаций. На сегодняшний день ученые выделяют четыре промышленные революции, характеристика которых представлена в Таблице 2.

Таблица 2

Характеристика промышленных революций [Составлено автором]

Период	Название	Основная движущая сила	Характеристика
Конец XVIII – начало XIX века	Первая промышленная революция	Изобретение паровой энергии, механических устройств, развитие металлургии	Переход от аграрной экономики к промышленному производству
Вторая половина XIX века – начало XX века	Вторая промышленная революция	Изобретение электрической энергии	Поточное производство и разделение труда
С 1970 года по настоящее время	Третья промышленная революция	Изобретение информационных систем и сети Интернет	Автоматизация, переход на возобновляемые источники энергии
С 2011 года по настоящее время	Четвертая промышленная революция	Робототехника, искусственный интеллект, Интернет вещей (IoT), облачные вычисления, аналитика больших данных и трехмерная (3D) печать	Развитие цифровой экономики, конвергенция технологической, цифровой и биологической сфер

Вначале XXI в. ученые активно начали заниматься исследованиями вопросов и проблем третьей промышленной революции, которая связана с переходом на возобновляемые источники энергии, с внедрением компьютеров в производственный процесс и автоматизацией. Одним из первых ученых, изучавших тему третьей промышленной революции, стал американский экономист Рифкин Д. В исследовании «Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом» он выделил пять принципов, которые являются основой третьей промышленной революции: переход на возобновляемые источники энергии; создание всех зданий по типу мини-электростанций; использование водородной энергии; развитие интернет-технологий; производство электромобилей [Рифкин Дж., 2014]. В след за исследованием Дж.Рифкина, проблемы третьей промышленной революции начали изучать Марш П., Андерсен К., Глазьев С.Ю., Харитонов В.В., Иноземцев В. Л., Горюнов И.А. и др.

Несмотря на то, что принципы третьей промышленной революции еще не распространены во всем мире, развитые страны переходят в фазу новой индустриальной революции, для обозначения которой используются понятия «четвертая промышленная революция», «индустрия 4.0», «шестой технологический уклад».

Термин «Индустрия 4.0» был введен при разработке программы развития экономики Германии в 2011 году (*Plattform Industrie 4.0*), поэтому чаще всего данный термин используется в немецкоязычной литературе [Kagermann, H., W. Lukas and W. Wahlster, 2011]. В англоязычной литературе сформулирована аналогичная идея и политика поддержки научных исследований США под названием «промышленный Интернет» (*Industrial Internet Consortium*, 2013), основу которой составила идея Интернета вещей (*Internet of Things*), сформулированная Эштоном К. в 1999 году. Интернет вещей – это идея подключения к интернету бытовых предметов, благодаря чему они могут взаимодействовать с внешней средой и друг с другом, собирать необходимые данные и на их основе автономно (без участия человека) принимать действия и совершать операции [Ashton K., 1999]. Анализ научных исследования показывает, что в последние годы появились работы о влиянии Интернета вещей на развитие здравоохранения, городской инфраструктуры [Роуз Д., 2015], отдельные функциональные сферы организации [М. Б. Яненко, М. Е. Яненко, 2014], а также инструменты формирования бизнес-моделей для коммерциализации IoT-продуктов и приложений [Р. Алгулиев, Р. Махмудов 2013; R. M. Dijkman, B. Sprenkels, T. Peeters, A. Janssen, 2015]. Публикуются и исследования, посвященные социальным последствиям внедрения данных технологий для развития общества [П. Боронин, А. Кучерявый, 2014; Н. Лукьянова, 2014; Маркеева А. В., 2016]. В российских исследованиях основное внимание уделено анализу зарубежных источников, а также исследованиям

отдельных аспектов информатизации и интеллектуализации хозяйственной деятельности в контексте модернизации отечественной экономики [Рыжкова К. Н., 2015; Иваненко М.А., 2015].

Философско-методологическое основание Четвертой промышленной революции заключается в конвергенции трех миров – технологического (материального), цифрового (виртуального) и биологического [Шваб К., 2016]. Ключевые технологии, лежащие в основе развивающейся цифровой экономики, включают робототехнику, искусственный интеллект, Интернет вещей (*IoT*), облачные вычисления, аналитику больших данных и трехмерную (*3D*) печать. Их распространение революционизирует традиционные и порождает новые направления экономического роста, повышая экономическую эффективность производства и расширяя возможности потребления, создавая новые сферы экономической деятельности [Глазьев С.Ю., 2013]. Так четвертая промышленная революция оказывает воздействие на все крупные макропеременные: ВВП, инвестиции, потребление, занятость, торговлю, инфляцию, благосостояние и качество жизни. И сегодня всё больше учёных исследует проблемы цифровой экономики, под которой в узком смысле понимается экономическая деятельность, построенная на основе электронной коммерции, а также электронного денежного обмена [Харченко А., Конюхов В., 2017]. Как правило, под данными терминами подразумевают работу электронных сервисов, ориентированных на реализацию электронных товаров и услуг, зачастую с обменом электронными деньгами между участниками электронных сделок. В широком смысле цифровая экономика – это системная совокупность экономических отношений по поводу производства, распределения, обмена и потребления товаров и услуг техноцифровой формы существования [Забурев А., 2017].

Первые понятия, а также концепция современной цифровой экономики появились в 1995 году, когда американский информатик Н. Негропонте использовал метафору о переходе от обработки атомов, составляющих материю физических веществ, к обработке битов, составляющих материю программных кодов. Н. Негропонте говорил, что материальные вещества, рассматриваемые в виде сырья и продуктов, имеют свои недостатки, такие как: физический вес продукции, потребность в ресурсах для ее производства, в использовании площадей для ее хранения, логистические издержки и проблемы, связанные с транспортировкой товаров. Преимуществами цифровой экономики как «нового» вида экономики, на взгляд информатика, могли стать: отсутствие физического веса продукции, заменяемого информационным объемом, более низкие затраты ресурсов на производство электронных товаров, в несколько раз меньшая площадь, занимаемая продукцией (как правило электронными носителями), а также мгновенное глобальное перемещение товаров через сеть Интернет [Юмаев Е., 2017]. Возможности развития, положительные и отрицательные эффекты цифровой экономики, инструменты и механизмы ее реализации в последнее десятилетие стали

активно изучаться учеными разных стран, так можно выделить труды Зубарева А., Гасанова Э., Паньшина Б., Колодей Ю., Коршуновой О., Кулик А., Корякова Д., Рожанской А., Харченко А., Конюхова В., Карпова О., Акаткина Ю., Конявского В., Микеринп Д. и др.

Конвергенция физического, цифрового и биологического миров, лежащая в центре четвертой промышленной революции, предполагает изменения в использовании ресурсов, которые связаны с большим потенциалом для восстановления и регенерации окружающей среды за счет использования интеллектуальных технологий и систем. Потенциал заключается в возможности переключить производителей и потребителей с линейной модели использования ресурсов: «take-make-waste», которая опирается на большое количество легкодоступных ресурсов, к новой промышленной модели, в которой эффективные потоки материалов, энергии, трудовых ресурсов, а теперь и информации взаимодействуют друг с другом и способствуют функционированию укрепляющей, регенерирующей и более продуктивной модели циркулярной экономики.

Циркулярная экономика является предпосылкой и вместе с тем драйвером новой промышленной революции. Концептуально она преследует две основные цели. С одной стороны, полная ценность использованных продуктов должна быть восстановлена для обеспечения максимальной экономической эффективности. С другой стороны, восстановление этой ценности обусловливает снижение негативного воздействия на окружающую среду и тем самым соблюдение социально-экономических и экологических требований устойчивого развития. В совокупности это приводит к устойчивому формированию ценности [Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А., 2017].

Действующая сегодня на практике теоретическая модель циркулярной экономики была представлена фондом Элен МакАртур (Рис.3.), она свидетельствует о том, что циркулярная экономика может развиваться на основе разных подходов в промышленности и сельском хозяйстве с учетом создания замкнутых цепей поставок. Так, в рамках модели циркулярной экономики происходит поэтапный замкнутый цикл, который начинается с разработки месторождений полезных ископаемых, заготовки и переработки сырьевых и энергетических ресурсов, после чего следует производство комплектующих, промежуточной и готовой продукции, ее транспортировка, сбыт и конечное потребление и использование, а в конце жизненного цикла происходит сбором отслуживших изделий и выполнение последующих восстановительных операций.

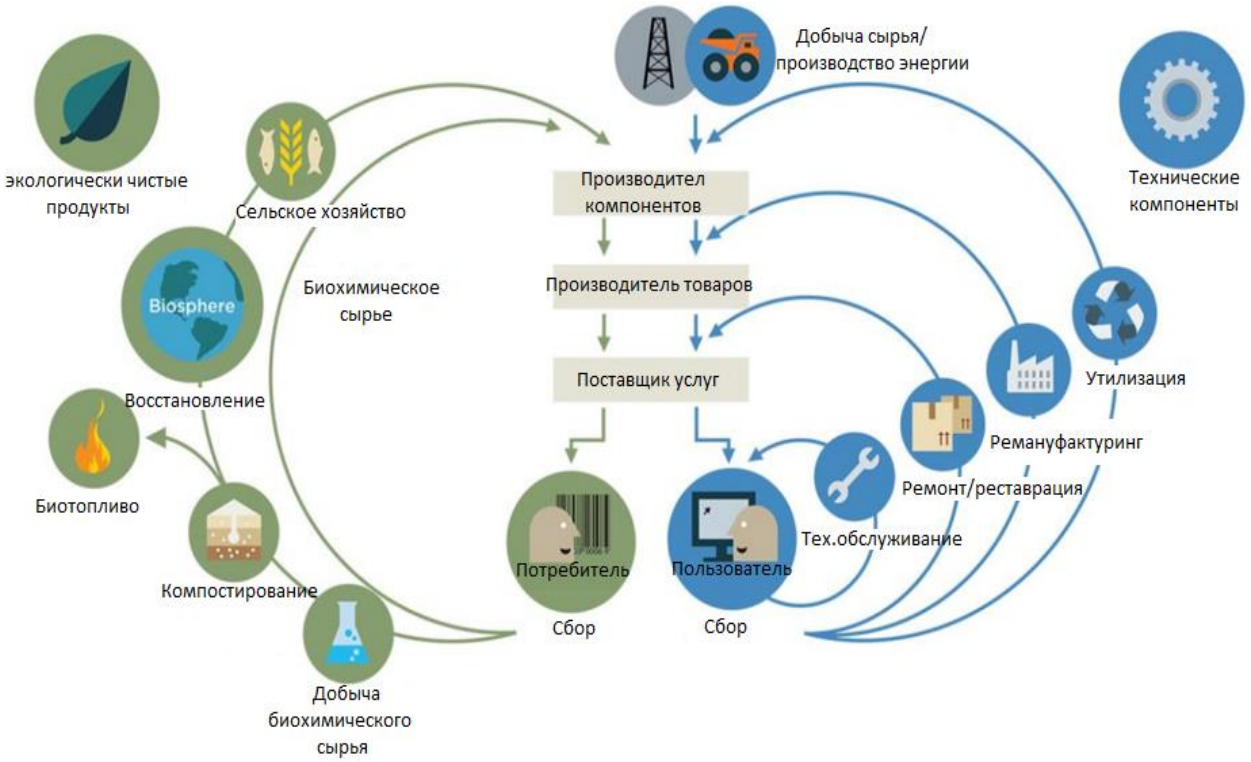


Рис. 3. Теоретическая модель циркулярной экономики [Ellen MacArthur Foundation, 2013]

В промышленности замкнутые цепи поставок формируются на базе следующих основных подходов:

1) техническое обслуживание (*maintain*) эффективный способ сохранения или восстановления продукции до желаемого уровня производительности с целью ее защиты от дальнейшего повреждения и продления жизненного цикла, включает в себя диагностику и ремонт [Ajukumar V., Gandhi O., 2013];
2) повторное использование продукции (r*euse of goods*) - продукт используется повторно для первоначальных или новых целей и в своем первоначальном виде, либо с некоторыми изменениями и улучшениями [Amelia L., 2009];
3) восстановительный ремонт продукции и/или восстановление компонентов *(remanufacturing)* - процесс разборки и восстановления продукта на уровне его компонентов; подлежащие восстановлению детали изымаются из бывшего в использовании продукта, проходят чистку, ремонт, и встраиваются в новый продукт, при этом готовый продукт позиционируется «как новый» [Gray C., Charter M., 2008];
4) переработка отходов и отслужившей продукции (*recycling*): любые операции восстановления, с помощью которых отходы и отслужившая продукция перерабатываются в материалы, ресурсы, вещества для первоначальных или иных целей; основными видами переработки являются следующие:

- повышенная переработка (*upcycling*) − преобразование материалов и отходов в новые материалы более высокого качества;
- функциональная переработка (f*unctional recycling*) − восстановление материалов для первоначальной цели или других целей, за исключением получения энергии;
- пониженная переработка (*downcycling*) − преобразование материалов и отходов в новые материалы более низкого качества [Braungart M., McDonough W., 2010].

В сельском хозяйстве формирование циркулярной экономики происходит на основе следующих подходов:

1) Каскадные технологии преобразования материалов (*Cascading of materials*): Процесс переработки отходов и продукции в новые продукты приближенные к первоначальным целям и с более высоким значением, чем получение сырья (например, переработка пищевых отходов в корм для животных) [Cascading use of biomass: opportunities and obstacles in EU policies, 2010].
2) Извлечение продуктов и биопрепаратов (*Extraction of biochemical*): выработка электроэнергии и технологического топлива, энергии и химикатов из биомассы. На заводах такие процессы объединены в единый цикл, чтобы произвести более одного продукта или типа энергии.
3) Анаэробное сбраживание (*Anaerobic digestion*): процесс, в котором микроорганизмы разрушают органические материалы, такие как пищевые отходы, осадки сточных вод и т.п., в отсутствие кислорода, с целью генерации биогаза.
4) Компостирование (*Composting*): форма переработки отходов естественным путем с целью получения удобрений и энергии.
5) Восстановление и регенерация почвы/ Рекультивация земель (*Soil restoration*): процесс экологического восстановления участка природных ландшафтов и среды обитания, безопасных для людей, диких животных и растений.
6) Сельское хозяйство и собирательство в циркулярной экономике (*Farming/ collection*), процессы охоты, рыболовства, земледелия и т.п. носящие бережливый характер.

При этом не все продукты и их компоненты подлежат восстановлению и вторичному использованию (Приложение 2), часть являются отходами и подлежит захоронению или сжиганию. Однако данные методы управления отходами не относятся к процессам формирования циркулярной экономики**,** т.к. не способствуют сохранению сырьевых и энергетических ресурсов, а наоборот омертвляют их, к тому же сопровождаются выбросами парниковых газов и других вредных веществ, а захоронение приводит к загрязнению почвы и сточных вод.

Основные элементы циркулярной экономики были исследованы в рамках экологически сознательного производства и вторичного использования продуктов, на высокую значимость которых в конце 1990-х годов обратили внимание ряд ведущих специалистов с международной репутацией, включая Гунгор М. и Гупта С., которые увязывались ими с формированием сохранивших свою актуальность до настоящего времени следующих четырех взаимосвязанных звеньев: экологического дизайна продукта, возвратной логистики, цепей поставок с замкнутым контуром и ремануфактуринга [Gupta S.M., 1999], которые являются неотъемлемой частью теоретического и практического развития циркулярной экономики.

Широкое применение вторичного использования продукции возможно благодаря ее экологическому дизайну (*Ecodesing*), под которым понимается процесс разработки продукта с особым учетом его воздействия на окружающую среду в течение всего жизненного цикла [Lacoste R., Robiolle M., 2011]. При экологическом дизайне продукция и ее элементы разрабатываются с акцентом на безотходности не только в процессе изготовления, использования продукта, но и в конце жизненного цикла. Таким образом, экологический дизайн направлен на продление жизненного цикла продукции и играет важную роль в формировании циркулярной экономики.

В основе экологического дизайна продукции лежит три принципа: во-первых, установление требований к конструкции продукта для эффективного демонтажа и разборки; во-вторых, использование материалов и компонентов для повторного использования, восстановления или переработки; в-третьих, отсутствие в продукте опасных веществ, которые могут препятствовать возможности повторного использования или рециркуляции. Соблюдение принципов экологического дизайна выдвигает ряд требований к производителю и его продукту:

- Производственные требования: принятие мер по борьбе с устареванием продукции, увеличение срока гарантийного обслуживания, сертификация и маркировка продукции и ее отдельных компонентов, информирование о химическом составе с целью эффективного повторного использования и переработки.
- Технические требования: использование однородных материалов и упрощенной конструкции для быстрого и эффективного демонтажа продукции, разборки, ремонта или восстановления.
- Материальные требования: исключение из химического состава продукции вредных веществ, обеспечение материалов в производстве с учетом дальнейшего восстановления и переработки.

Так, циркулярная экономика в целом и экологический дизайн продукции в частности направлены на продление жизненного цикла продукта в противовес концепции запланированного устаревания продукции, при которой происходит создание товара с

неоправданно коротким сроком эксплуатации с целью принудить потребителя совершать повторные покупки [Bulow J., 1989]. Может использоваться как прямое ограничение срока эксплуатации (товар ломается, перестаёт работать), так и различные непрямые способы (выходит из моды, прекращается поддержка и др.). Идея стратегии заключается в повышении объема продаж из-за уменьшения времени между покупками, но вместе с тем компания может использовать при этом наиболее дешёвые компоненты, которых, однако, будет достаточно для запланированной жизни товара. В конечном итоге это приводит к росту объемов испорченной продукции и отходов, восстановление и переработка которых является непростой задачей. Проблемы экологического дизайна в рамках концепции устойчивого развития исследовали Лакост Р., Рабиоль М., Бэй Н., Чартер Н., Тишнер У., Катц Р., Букчин Ю., Сергиенко О., Жукова Л., Кузнецов Л., Панкина М., Захарова С. и др.

Одним из актуальных вопросов циркулярной экономики является формирование и управление возвратными потоками, изучением которых занимается обратная или возвратная логистика (*reverse logistics*).

Возвратная логистика – это процесс планирования, осуществления и контроля процессов движения сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, а также обслуживающие их информационные потоки от точки потребления обратно до точки происхождения с целью дальнейшего использования полезных свойств и материальных ресурсов [Stock J.]. И благодаря процессам возвратной логистики становится возможным преобразование линейной экономики в замкнутую форму, в то время как зеленым цепям поставок не всегда присущ замкнутый и цикличный вид. Но вместе с тем возвратная логистика не всегда носит экологический характер, примером может служить возврат продавцу одежды, не подошедшей по размеру.

Однако возвратная и зеленые логистика пересекаются между собой, например, при переработке, восстановление продуктов бывших в употреблении, при многократном использовании тары и т.п. Поэтому, возвратную логистику можно расценивать с точки зрения экологического производства продукции, а также снижения издержек в случае вторичного использования продукции и отходов (Рис. 4). На базе чего формируется устойчивая возвратная логистика, под которой можно понимать процессы управления отходами продукцией и в конце ее жизненного цикла с целью вторичного использования и снижения давления на окружающую среду, экономии ресурсов и энергии.

Рис.4. Соотношение возвратной и зеленой логистики [Составлено автором]

Таким образом, формула составных элементов *GSCM*, предложенная Dheeraj N. и Vishal N., включающая в себя возвратную логистику, наряду с зелеными закупками производством и распределением, является ошибочной, т.к. *GSCM* включается в себя лишь устойчивую возвратную логистику, а не возвратную логистику в целом. При этом возвратная логистика появилась значительно раньше, чем *GSCM* с целью снижения затрат, не обращая внимания на проблемы экологии, в то время как *GSCM* основной своей целью имеет снижение негативного влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Все операции *GSCM* можно представить в виде схемы (Рис. 5). Если производитель, принимая практику «зеленой» логистики, стремится к вторичному использованию продукции, то возникает устойчивая возвратная логистика, в которой материальные потоки не являются односторонними, а представляют собой, целый цикл использования продукции (Рис. 6), что полностью отвечает формированию и развитию модели циркулярной экономики.

Так, традиционная прямая цепь поставок трансформируется в замкнутую цепь (*closed-loop supply chain*). *Closed-loop supply chain* или *CLSC* фокусируется на возврате от покупателей продуктов и восстановлении их добавленной стоимости путем вторичного использования целых продуктов или некоторых их модулей, компонентов и частей [Guide D., Wassenhove L., 2008].

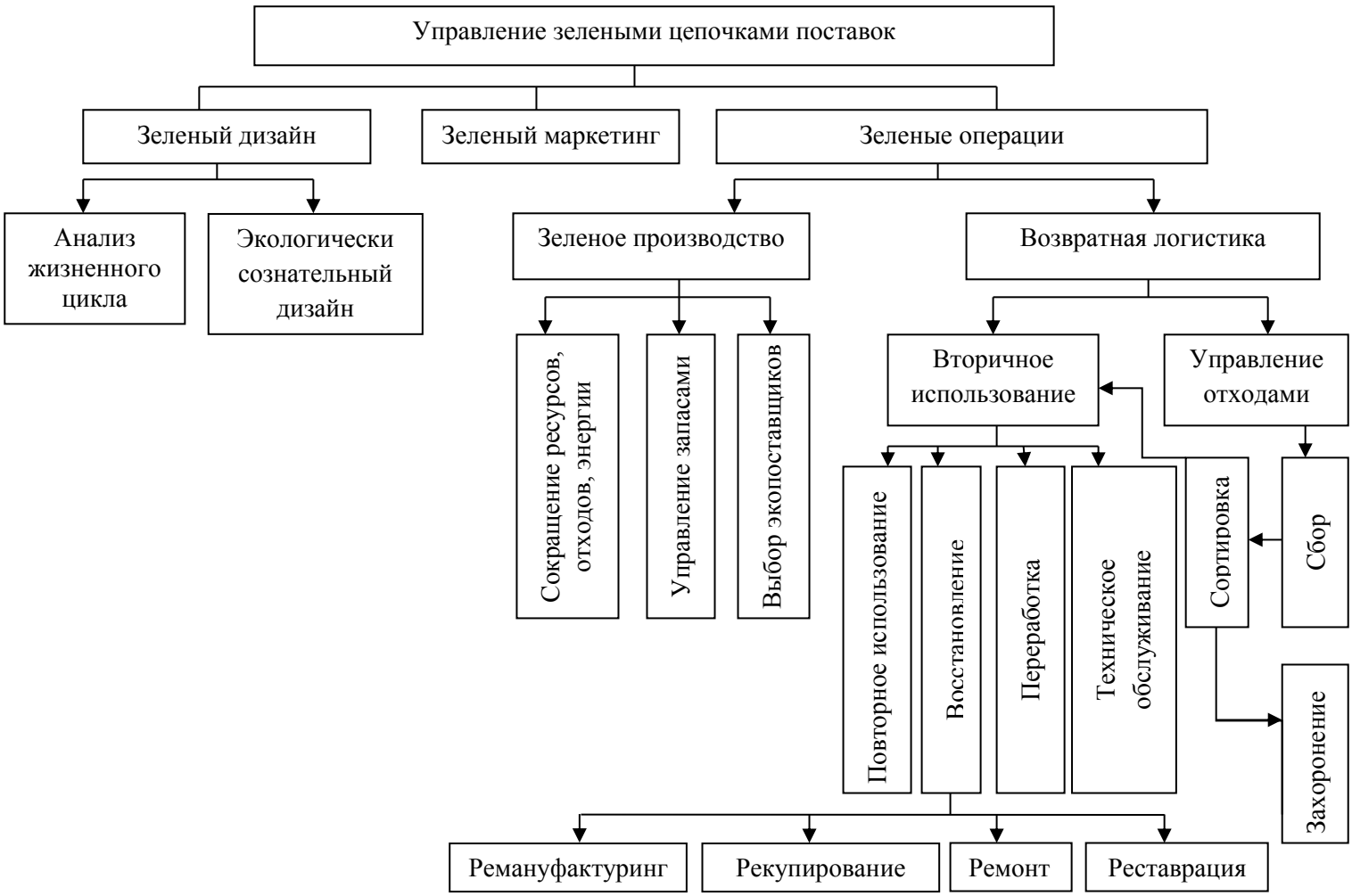


Рис. 5. Операции *GSCM* [Схема модифицирована автором на основе Gupta S.M., 2011]

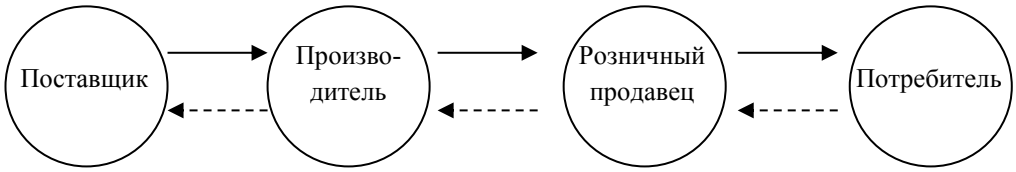


Рис.6. Упрощенная схема материальных потоков в замкнутой цепи поставок [Составлено автором]

Именно замкнутые цепи поставок составляют основу циркулярной экономики. И под замкнутыми цепями поставок понимаются цепочки поставок, обеспечивающие максимизацию добавленной стоимости в течение всего жизненного цикла продукта с динамическим восстановлением в рамках относительно длительных временных интервалов ценностей различных типов и объемов [Guide J., Wassenhove L., 2009]. В идеале формирование замкнутых цепей поставок предполагает нулевые отходы, и развитие замкнутых цепей поставок во всех отраслях делает возможным формирование циркулярной экономики в целом. При этом циркулярная экономика выходит за рамки исключительно переработки отходов в конце жизненного цикла продукции, и дает толчок для технологических, организационных и

социальных инноваций по всей цепи создания стоимости с целью экологического дизайна продукции и предотвращения образования отходов. Таким образом, циркулярная экономика предполагает использование принципиально новых моделей производства и потребления для достижения благосостояния общества с низкими материальными, энергетическими и экологическими затратами.

Несмотря на то, что первые научные труды по возвратной логистике начали появляться примерно в 60-х годах XX века, особое внимание эта тема получила лишь с 90-х годов. Исследование показывает, что только 14 статей были опубликованы между 1971 и 1995 годами, а 99 статей – между 1996 и 2005 [Pokharel S., Mutha A., 2009]. В период между 2007 и 2013 опубликовано 382 статьи [Kannan G., Soleimani H., 2015].

Всего в период с 1971 года до 2016 года было проанализировано более 600 статей, опубликованных в ведущих зарубежных изданиях, в области возвратной логистики и замкнутых цепей поставок как основополагающих элементов циркулярной экономики. Так, начиная с 2000-х годов исследования увеличиваются из года в год, если в 1999 году было издано лишь 6 статей, то к 2015 г. их число значительно возросло и составило более 100 публикации за год. Серьезно разнится число публикаций в зависимости от страновой принадлежности исследователей (Рис. 7). Абсолютными лидерами по количеству исследований являются ученые из США, в два раза меньше трудов принадлежит китайским исследователям, на третьем месте находятся ученые из Индии. Прежде всего, это связано с тем, что экология данных стран существенно страдает от крупномасштабного производства, потребления сырья и выбросов парниковых газов, поэтому ученые стремятся найти баланс между экономикой и экологией. Неслучайно, именно Азиатский регион, отличающийся загрязняющими производствами, является лидером по количеству исследований в области возвратной логистики и замкнутых цепей поставок, научная активность азиатских исследователей существенно возросла за последние 5 лет. За ним следует Европа и причиной тому постоянный рост требований в области экологического законодательства, устойчивого развития, циркулярной экономики, ресурсо- и энерго-эффективности. Тем не менее, с середины 2000-х годов наиболее важной становится интеграция ученых из разных стран, обмен опытом и совместные исследования.

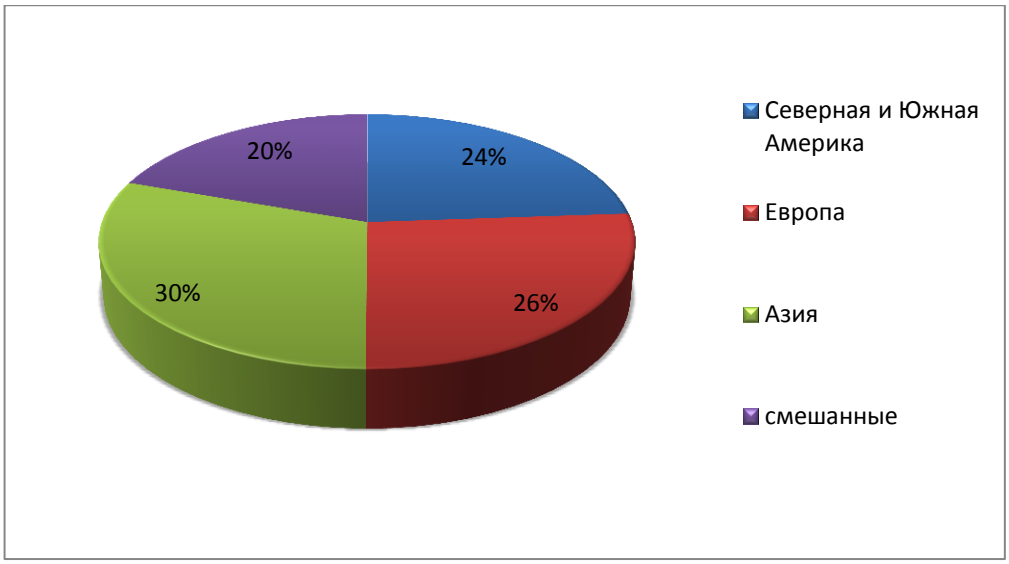


Рис. 7 Количество публикаций по региональной принадлежности исследователей, 1978-2015 г.г. [Составлено автором]

Российскими учеными недостаточно изучены вопросы возвратной логистики и замкнутых цепей поставок, как основных элементов циркулярной экономики, так в 2012 году Карх Д. и Потапова С. и в 2013 г. Потапова С. и Шахназарян С. обратились к теоретическим вопросам определения и трактовки возвратной логистики. Они сделали вывод о том, что возвратная логистика на текущем этапе явно выделяется в качестве отдельной области логистики, но ее теоретические основы и практическая значимость пока еще недостаточно понятны для большинства предприятий. Зарецкая Л.М. привела трактовку термина «зеленая» логистика и дала оценку проблем внедрения «зеленой» логистики в деятельность российских торговых организаций. Л.С. Томенко, Г.В. Заходякин обратились к практическим вопросам возвратной логистики, была исследована возвратная логистика по сбору и переработке изношенных шин, разработана замкнутая цепь поставок. На сегодняшний день большинство российских исследований посвящено вопросам управления отходами, часть ученых занимается исследование утилизации твердых коммунальных отходов, например, Иванов А.В., Волынкина Е.П., Кузнецов С.Н., Любарская М.А., Чекалин В.С., Нефедова И.Д., Петровская Н.Я., Серпухова Е.П., Чокла И.С. и др. Другие уделяют внимание различным методам утилизации, а также оценке уровня их эффективности и возможностям применения для отходов более высокого уровня опасности, например медицинским, химическим, отходам промышленного производства и др., например, Сергиенко О.И., Султанкулова Р.Ч., Брыкина М.С., Панова С.А., Щербо А.П., Мироненко О.В., Сущий К.К., Козырин К.И., Сопрун Л.А., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Лобачев Д.А. и др.

Если в англоязычных изданиях значимость исследований в области циркулярной экономики, управления зелеными цепями поставок и возвратной логистики постоянно увеличивается, то в российской научной литературе эти вопросы остаются неизученными.

Наиболее популярными продуктами для исследований в области возвратной логистики является продукция автомобильной промышленности (Рис. 8), которая подлежит не только утилизации, но и техническому обслуживанию и ремонту, восстановлению и реставрации. Т.к. автомобили и их компоненты являются дорогостоящими и ресурсоемкими, то операции по их вторичному использованию приносят не только явную экологическую, но и экономическую эффективность.

В связи с сокращением жизненного цикла и быстрого морального устаревания компьютеров, бытовой техники и электроники, продукции компьютерной, электронной и электротехнической промышленности является важным объектом исследований экологического дизайна, возвратной логистики и повторного использования. Помимо этого особое значение имеет управление повторным использованием тары и упаковочных материалов.

Рис. 8 Число исследований по отраслям и продуктам, 1978-2015 г.г. [Составлено автором]

Тем не менее, не получила особого развития в исследованиях в области возвратной логистики продукция с истекшим сроком годности, к которой можно отнести продукты питания, фармацевтические препараты, бытовую химию и косметику, не изучены возможности их вторичного использования, проблемы утилизации и влияния на окружающую среду.

Наиболее популярными проблематиками исследований являются планирование и дизайн замкнутых цепей поставок (27%), минимизация затрат (18%), а так же планирование и оптимизация запасов и производства (16%) (Рис.9). Не смотря на то, что каждая проблема имеет свою специфику исследования и методы решения, все они взаимосвязаны между собой и сводятся к одной глобальной цели циркулярной экономики – одновременное обеспечение экологической и экономической эффективности.

Рис. 9 Доля публикаций в зависимости от проблематики исследований, 1978-2015 г.г. [Составлено автором]

Наряду с вопросами возвратной логистики и замкнутых цепей поставок, существенно внимание привлекается к ремануфактурингу продуктов и отдельных компонентов. Ремануфактуринг является одним из важнейших элементов циркулярной экономики (Рис. 4) и основой для перехода от традиционной линейной модели экономики к замкнутой в ряде промышленных отраслей [Matsumoto M., Yang S. Et al., 2016]. Именно ремануфактуринг является высшей формой вторичного использования отслужившей продукции и отходов [*Steinhilper R., 1998*], т.к. в сравнении с традиционным производством издержки изготовления готовой продукции при помощи ремануфактуринга для компаний-восстановителей ниже, стоимость восстановленной продукции для потребителя меньше, существенны выгоды и для

окружающей среды, т.к. восстановление продукции, ее отдельных узлов и деталей, снижает потребление сырья и энергии [*Seitz M., 2004*].

В связи со своими значительными преимуществами реманufактринг привлекает все большее внимание во всем мире, как стороны практиков, так и со стороны научного сообщества. Первые научные публикации по реманufактиргу появились в конце 90-х годов XX века, а уже сегодня в ведущих зарубежных изданиях имеются полноценные обзоры литературы по проблемам восстановления продукции, к которым относятся публикации таких авторитетных ученых, как Говиндан К., Хэтчер Г. и др. [Govindan K., 2016; G. Hatcher, 2014]. Все исследования в области реманufактуринга можно разделить на направления, представленные на Рисунке 10.

Рис.10. Направления исследований в области реманufактуринга как элемента циркулярной экономики [Составлено автором]

В зарубежных публикациях большое количество исследований посвящено вопросам моделирования стохастического спроса и возврата продукции, управления запасами для реманufактуринга, координации участников замкнутых цепей поставок при реманufактуринге, моделирования ценовой политики на новую и восстановленную продукцию, а также дизайна замкнутой цепи поставок и самого продукта.

Автомобилестроение является одной из ведущих отраслей промышленности, где приняты принципы возвратной логистики и восстановления. На компании автомобильного сектора приходится 70% всего реманufактуринга [Steinhilper R. et al., 2011], [Zhang X. Et al., 2013]. Что порождает большое количество исследований в области замкнутых цепей поставок и возвратной логистики в автомобильной промышленности (Рис. 8). Потенциальная выгода от восстановления автомобильных узлов и деталей была исследована несколькими группами

ученых. Например, Смит В., Келиен Г. [Smith V., Keoleian G. Et al., 2012] использовали методологию жизненного цикла, чтобы продемонстрировать, что восстановленные двигатели могут быть изготовлены с экономией 68%-83% энергии и со снижением выбросов углекислого газа на 73%-87%.

Однако в российской научной литературе актуальные вопросы, связанные с реманufактирнгом до сих пор остаются не освещенными, о чем свидетельствует анализ баз данных *E-library, Академия Google, Scopuse, Web of Since* и др. Не велик интерес и со стороны практиков к высокотехнологичной отрасли реманufактуринга во всех секторах российской промышленности, существует лишь несколько компаний, практикующих реманufактуринг в России в автомобильной промышленности: *ZF, Renault, Volvo*; в секторе бытовой техники: *Robert Bosch.* При этом четко выражено, что первые шаги в области реманufактуринга в РФ сделаны на основе прямых иностранных инвестиций. В то время как в развитых странах действует уже тысячи компаний, принявших практику реманufактуринга.

В связи с недостаточным развитием принципов циркулярной экономики и реманufактуринга в российской промышленности актуальным является оценка эффективности инвестиционных проектов по формированию отрасли реманufактуринга в России. Оценке эффективности инвестиционных проектов посвящено множество исследований, например, методику оценки инвестиционных проектов и принципы принятия решений изучали Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г., Смоляк С.А., Ковалев В.В., Панферов Г.А., Ломакин Н.И., Маленков Ю.А. К проблемы расчета ставки дисконтирования обращались такие ученые, как Галасюк В., Вишневская А., Смоляк С., Дорошенко Ю., Авилова И., Г.Ф. Графова, С.А. Шахматова. Вопросами учета фактора неопределенности и риска занимались Батенин К., Иванова Т., Челмакина Л., Кисилева Н., Боровикова Т., Захарова Г. и др.

Одним из методов анализа экономических систем при разработке инвестиционных проектов является имитационное моделирование. В общем случае, под имитацией понимают процесс проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира. Единственное отличие подобного эксперимента от реального состоит в том, что он проводится с моделью системы, а не с самой системой. Среди исследований, развивающих парадигмы имитационного моделирования, следует выделить труды Д. Форрестера, Д. Медоуза, Беренса, М. Гудмана, В.Л. Макарова, А.Р. Бахтизина, В.В. Девяткова, А.А. Емельянова, А.В. Борщёва, В.Д. Боева, П. Ноутона, Г. Шилдта и др. Имитационное моделирование в качестве инструмента системы поддержки принятия решений использовалось в работах Емельянова А.А., Власовой Е.А., Дума Р.В., Зайдвижка Р., Крике Х., Бандивадекара А., Гюнтера К., Кумара В., Сутнерланда Дж. Имитационное моделирование операций реманufактуринга было проведено Бутцером С., Кемнитцером Й., Кутцом С., Штейнильпером

Р., Азадиваром Ф., Ардубади Ш. Однако для российских условий разработка инвестиционных проектов реманufактуринга в промышленных отраслях и их имитационное моделирование не проводилось.

Сабрэймониам П. и соавторы [Subramanian P. et al., 2011] [Subramanian P. et al., 2013] считают, что принятию практики реманufактуринга, возвратной логистики и моделированию циркулярной экономики должен предшествовать анализ технических, рыночных, экономических, нормативных, экологических и управленческих аспектов. Однако на сегодняшний день не существует комплексного исследования, которое бы включало в себя анализ вышеперечисленных аспектов развития модели циркулярной экономики, поскольку каждое из имеющихся исследований специализируется на решении ограниченного числа вопросов. Поэтому в диссертационном исследовании проводится анализ институциональных условий и роли государства в развитии циркулярной экономики, исследуются барьеры и драйверы трансформации линейной модели экономики в замкнутую форму, оценивается уровень развития циркулярной экономики, проводится отраслевой анализ возможностей развития реманufактуринга, разрабатывается прототип замкнутой цепи поставок в автомобильной промышленности и система поддержки принятия решений при выборе способа утилизации продукта, а также проводится имитационное моделирование инвестиционного проекта реманufактуринга автомобильных запасных частей и деталей.

1.2.Циркулярная экономика как ответ на глобальные вызовы и институциональные условия для ее развития

Глобальные проблемы современности – это совокупность социоприродных проблем, от решения которых зависит социальный прогресс человечества и сохранение цивилизации. Эти проблемы характеризуются динамизмом, возникают, как объективный фактор развития общества и для своего решения требуют объединённых усилий всего человечества [Яковцев Ю.В., 2001]. Развитие циркулярной экономики сможет помочь в решении таких глобальных проблем, как экологическая, продовольственная, сырьевая и энергетическая, а также проблема использования мирового океана. Так, принципы циркулярной экономики охватывают весь жизненный цикл продукта от производства и потребления до утилизации отходов и продукции бывшей в употреблении, при этом за счет повторного использования продукции достигаются положительные экологические и социально-экономические эффекты (Рис. 11).

Экономические выгоды выражаются в сокращении потребления сырья и энергии и как результат – в снижении волатильности цен на ресурсы. Благодаря развитию циркулярной экономики формируются новые сектора промышленности связанные с утилизацией продукции, что приводит к росту числа рабочих мест [Beuren F., Gomes F., 2013]. Внедрение практики вторичного использования, восстановления и других элементов циркулярного производства повышает инновативность и создает дополнительные конкурентные преимущества компаний, а также приводит к возникновению новых источников получения прибыли, повышает лояльность клиентов и усиливает взаимосвязи с контрагентами по всей цепочке создания стоимости [Firnkorn J., Müller M., 2016; Shafiee A., Stec T., 2014]. Для потребителя преимущества развития циркулярной экономики выражаются в использовании и потреблении экологически чистых продуктов, а также в снижение их стоимости. Помимо этого положительны эффекты и для окружающей среды благодаря снижению выбросов парниковых газов, сокращению площадей свалок и полигонов захоронения отходов, сокращению выбросов в океаны, а также снижению потребления ограниченных ресурсов. Также принципы циркулярной экономики распространяются на сельское хозяйство, например, получение удобрений и биотоплива путем компостирования отходов снижает стоимость продукции сельского хозяйства, а рекультивация земель повышает урожайность, что помогает бороться с глобальной продовольственной проблемой.

Рис. 11 Эффекты циркулярной экономики [Составлено автором]

Если рассматривать эффекты циркулярной экономики в цифрах, то, например, по оценкам *TNO*, в целом годовой эффект от циркулярной экономики в Нидерландах составляет 7,3 млрд. евро, и 54 000 дополнительных рабочих мест. В Великобритании согласно отчету *WRAP*, развитие циркулярной экономики будет способствовать созданию 500 000 рабочих мест в стране, а экономические выгоды при этом составят 12 млрд. евро. Исследования Римского клуба при поддержке Фонда *MAVA* показали, что в одной только Швеции благодаря развитию циркулярной экономики возможно снижение выбросов CO_2 на 70%.

Однако не все выигрывают от формирования циркулярных производств, существуют и «проигравшие». Т.к. чем больше товаров будет повторно использовано или восстановлено, тем меньше будет спрос на новые товары, что приведет к потере доходов производителей новой продукции, а также поставщиков сырья, предприятий логистики и т.п. Совокупность положительных и отрицательных эффектов, характерных для модели циркулярной экономики, представлена в табл.3.

Таблица 3.

Внешние эффекты от внедрения модели циркулярной экономики [Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А., 2017]

Положительные внешние эффекты	Отрицательные внешние эффекты
Снижение нагрузки от отходов на окружающую среду, сокращение полигонов	Дополнительное потребление ресурсов и энергии при рециклинге отходов и продукции
Сокращение добычи исчермаемых полезных ископаемых	Снижение доходов ресурсодобывающих стран
Создание дополнительных рабочих мест в	Сокращение рабочих мест в развивающихся

вместах формирования циркулярной экономики (в ЕС и др.развитых странах)	ресурсодобывающих странах и отдельных секторах экономики

Помимо предсавленных в таблице отрцательных эффектов существуют прецеденты незаконного реманufактуринга, при котором данные о повторном использовании умышленно скрываются производителями, так происходит перекос выгод в пользу производителя, т.к. продукция реализуется по цене новых аналогов. Например, компания Tesla устанавливала батареи с браком и использовала сломанные детали повторно, что в свою очередь уменьшало расходы на производство.

Не смотря на наличие отрицательных последствия совокупный положительный эффект общества от становления циркулярной экономики существенно выше. Поэтому правительства многих стран создают специальные стратегии и применяют меры на национальном, региональном и местном уровнях для формирования производств с замкнутым циклом.

Так, для решения глобальных экологических проблем, во многих странах, прежде всего развитых, например, в Нидерландах, Японии, Австрии, Германии и Великобритании разрабатываютсся пректы, программы и инициативы развития прицинов циркулярной экономики в целом и реманufактуринга в частности [Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S., 2016]. Анализ передового международного опыта развития принципов циркулярной экономики свидетельствует о том, что в создании институциональных условий участвуют государство и неправительственные организации, научное и бизнес сообщества, а также граждане (Рис. 12).

Рис. 12 Условия развития циркулярной экономики [Составлено автором]

Рассмотрим передовой опыт формирования условий для развития циркулярной экономики в соответствии со структурой, представленной на рисунке, подробнее.

Так, в ЕС был запущен Проект Европейской сети реманufактуринга (*ERN*) в 2015 году и направлен на осуществление взаимодействия правительства, производителей и научного сообщества для развития реманufактуринга в регионе, при помощи исследований рынка, сбора и анализа лучших практик и моделей бизнеса. Также в ЕС приняты ряд инициатив государством и частными лицами, среди которых выделяются:

- Пакет по циркулярной экономике, опубликованный в 2014 г., который включает в себя общую коммуникацию (*COM 2014)398*), предложение о внесении поправок в аспекты шести директив ЕС по отходам (*COM(2014)397*), а так же предусматривает меры по устойчивости зданий *(COM(2014)445)*, экологической занятости *(COM(2014)446)* и другие экологические действия *(COM (2014) 440)*;
- Реализация дорожной карты для ресурсосбережения в ЕС *(COM(2011)571)*, Седьмая программа действий ЕС по окружающей среде – 7^{th} *EAP (Decision No 1386/2013/EU)* и рекомендации для платформы по ресурссоэффективности Европы *(EREP)*;
- Работа на период после 2015 года программы развития и разработки глобальных целей в области устойчивого развития;
- Реализация стратегии «Европа 2020», в том числе соответствующих дорожных карт и флагманских инициатив по повышению эффективности использования ресурсов, (*Innovation Union, Industrial Policy, Skills and Jobs*);
- Участие в Союзе *G7 (G7 Alliance)* по эффективности использования ресурсов.

Взаимодействие между представленными выше инициативами снижают барьеры на пути трансформации линейной экономики в циркулярную форму. Так, одним из приоритетных направлений деятельности в рамках G7 является развитие реманufактуринга и экологического дизайна продукции, являющихся ключевыми компонентами циркулярной экономики. Одной из основных целей Седьмой программы действий по окружающей среде ЕС является повышение эффективности использования ресурсов, формирование зеленой экономики, что также в полной мере отвечает задачам формирования циркулярной экономики. Кроме того, Пакет по циркулярной экономике принятый в 2014 году служит согласованию различных нормативно-законодательных актов, а также снижению противоречий между принятыми программами и инициативами. В этот Пакет включен План действий**,** который охватывает весь производственно-хозяйственный цикл, начиная от производства и потребления продукции и завершая утилизацией отходов и рынком вторичного сырья, а также включает изменение нормативно-правового регулирования порядка обращения с отходами с высокими целевыми

показателями. Среди этих показателей можно выделить – утилизацию 65% бытовых отходов и 75% упаковочных материалов к 2030 г., сокращение площадей свалок на 10% и т.д. Все это свидетельствует о том, что План действий направлен на вовлечении широкого круга заинтересованных сторон в различных секторах, а также не только стран-членов ЕС, но и других государств.

В формировании циркулярной экономики и развити ее принципов на практике активную роль играют участники ряда неправительственных инициатив и организаций, к которым относятся фонд Эллен Макартур, организация the *Dutch Circle*, исследовательская программа Европейского Союза *Horizon 2020* и др.

Правительство Сингапура также финансирует развитие реманufактуринга, так в 2012 был организован Центр ARTC для разработки лучших технологий и возможностей восстановления. Несколько ведущих транснациональных корпораций, таких как *Rolls-Royce, Siemens Industry, ABB, TruMarine и JPT Electronics* подписали меморандум о сотрудничестве с *ARTC* для совместной работы над решением технологических задач реманufактуринга в аэрокосмической, нефтяной и газовой, морской, энергетической и автомобильной промышленности. Малазийское правительство так же финансировало исследование рынков для развития реманufактуринга и промышленности в своей стране. Как утверждает Георг Д. с соавторами [George D. Et al., 2015] правительство Китая развивает концепцию циркулярной экономики в качестве жизненно важной стратегии для достижения целей устойчивого развития.

Все это указывает на растущее внимание к развитию циркулярной экономики со стороны правительств и неправительственных организаций во многих странах, что обусловлено высокими положительными экологическими, социальными и экономическими эффектами.

Активность со стороны научного сообщества выражается, во-первых, в увеличении числа исследований и публикаций, посвященных проблемам циркулярной экономики и ее элементам (см. Гл.1, п.1.1), а во-вторых, во взаимодействии с государством и бизнесом по вопросам формирования институциональных условий для развития циркулярной экономики и производств с замкнутым циклом. Например, Технологический университет Наньяна взаимодействует с исследовательским центром *ARTC*, для быстрого создания технологий промышленного применения реманufактурига. Помимо этого университеты создают программы обучения специалистов производств с замкнутым циклом, например, в Шотландии создан университет реманufактуринга (*SIR*), который является одним из глобальных центров передового опыта реманufактуринга и направлен на увеличение инноваций в области восстановления продукции.

Граждане также участвуют в формировании циркулярной экономики, например, развиваются новые модели потребления, благодаря которым снижается давление на

окружающую среду. Например, модель потребления «продукт как услуга», при которой товар приобретается не в собственность, а арендуется с пактом услуг по техническому обслуживанию и ремонту, что с одной стороны ориентирует производителя на создание более долговечной продукции, подлежащей восстановлению. А с другой стороны данная модель потребления гарантирует возврат продукции в конце использования для ее ремануфактуринга, ремонта или других способов утилизации, что обеспечивает создание замкнутых циклов.

Помимо этого среди граждан растет спрос на органически чистые продукты, так, розничные продажи эко-продуктов питания и напитков превысили в 2015 году $81 млрд – это почти в четыре раза больше, чем было в 2000 году ($18 млрд) [Статистический отчет FiBL и IFOAM; 2016]. Органически чистые продукты, как правило, являются более дорогими, жители разных стран делают выбор в их пользу по различным причинам, главные из которых – забота о здоровье, о животных, снижение давления на окружающую среду, т.к. производство эко-продуктов создает меньше выбросов, а их упаковка полностью биоразлагаема или пригодна к переработке и повторному использованию.

Возникают многочисленные экологические клубы и гражданские инициативы, более частыми становятся митинги, демонстрации и пикеты в поддержку защиты окружающей среды, например, против захоронения отходов и организации свалок, что ориентирует государство на ужесточение требований к предприятиям в области утилизации и расширенной ответственности производителя, которые являются важными элементами циркулярной экономики.

Стоит отметить, что в России активность среди правительства и неправительственных организаций, а также представителей бизнеса в формировании циркулярной экономики недостаточна, что подтверждается низкими значениями повторного использования и утилизации продукции и отходов, а так же невысокими требованиями экологического законодательства для формирования производств с замкнутым циклом. При этом анализ циркулярной экономики, проекты внедрения ее отдельных элементов и разработка стратегии ее развития в целом является актуальными вопросами для России в связи с существенными экологическими проблемами, среди которых можно выделить следующие:

- по данным официального учета, в РФ накоплено около 35 млрд т отходов, объем которых ежегодно увеличивается на 5 млрд т.; в дополнение к этому, 8-9 млн т приходится на нецентрализованный вывоз твердых коммунальных отходов (ТКО) с захоронением на неконтролируемых свалках; объем опасных отходов на душу населения в 4 раза превышает уровень, характерный для стран, входящих в ЕС [Федеральная служба государственной статистики]**;**

- более 90% всех образующихся ТКО направляется на захоронение; вывоз на мусороперерабатывающие заводы составляет чуть более 8% (2014 г.) от общего объема ТКО [ЕМИС, 2016]; организованные полигоны и несанкционированные свалки суммарно занимают площадь в 47,7 тыс. га, что эквивалентно четверти площадей российских заповедников [Порценко А., 2016];
- ключевым фактором существенной нагрузки на окружающую среду служит недопустимо высокий уровень материалоемкости экономики и ее сырьевая специализация; на долю добычи, производства, переработки, транспортировки природного сырья приходится 87% выбросов парниковых газов, 76% вредных выбросов в атмосферу, 77% сбросов загрязненных вод и 97% от общего объема образующихся промышленных отходов [Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году"];
- экономические потери и ущерб, обусловленные загрязнением окружающей среды и ухудшением качества природных ресурсов, в стране достигает 4-6% ВВП, а с учетом негативных последствий для здоровья людей – 10-15% ВВП [Заседание Госсовета об экологическом развитии России в интересах будущих поколений].

Глобальные экологические проблемы, проявляющиеся в РФ и требующие незамедлительного решения, могут быть преодолены при помощи развития циркулярной экономики. Однако лишь в 2015 году правительство РФ обратило внимание на формирование современной схемы обращения с отходами, как неотъемлемому шагу на пути к циркулярной экономике.

Современная схема обращения с отходами была предложена ЕС, и она представляет собой иерархию разнообразных этапов и форм обращения с продукцией бывшей в употреблении и отходами с учетом приоритетов в области охраны окружающей среды, ресурсо- и энергосбережения (рис. 13).

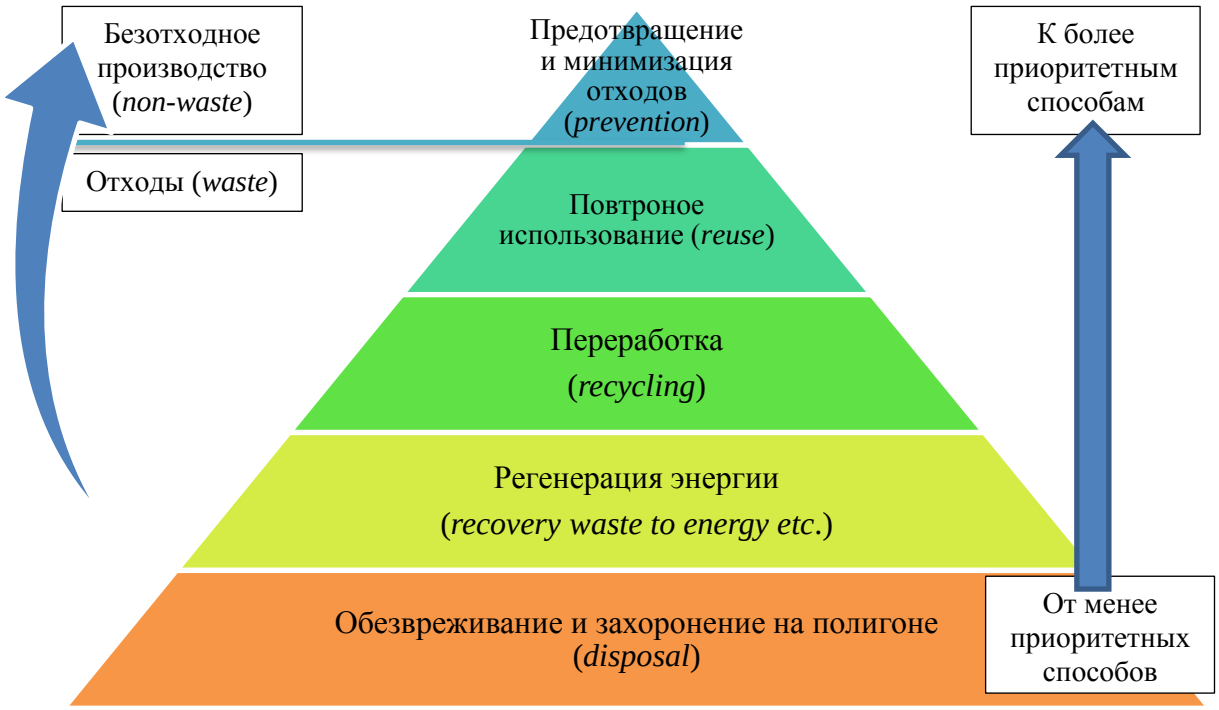


Рис.13 Иерархия целей и задач в рамках системы обращения с отходами с учетом нормативно-правового регулирования в ЕС [Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А., 2016]

По сути, действующая схема обращения с отходами и отслужившей продукцией направленна на поддержание и развитие циркулярной экономики, т.к. включает в себя основные ее элементы, с помощью которых формируется замкнутый жизненный цикл продукта, за исключением захоронения на полигонах. Стоит отметить, что законодательство в ЕС формировалось долгие годы, первая Рамочная Директива по отходам 75/442/ЕЕС была принята 15 июля 1975 г., а общие установки Европейского Союза по вопросам экологии и ресурсопотребления (к которым относится и обращение с отходами) изложены в учредительном договоре ЕС еще в 1957 г. При этом обязательными к исполнению все нормативы становятся лишь несколько лет спустя для возможности экономической и технической подготовки предприятий.

Совершенствование системы управления отходами было признанно главной проблемой в области охраны окружающей среды в конце первого – начале второго тысячелетия, поэтому в ЕС первые меры были направлены на безопасное размещение отходов на имеющихся полигонах и в 1999 г. принята Директива 99/31/ЕС «О захоронении отходов на полигонах». Но уже в 2008 г. в Директиве 2008/98 / ЕС «Об отходах» основным принципом стало предотвращение образования отходов. Следующей целью стало создание условий и стимулов для повторного использования и восстановления продукции. На это был ориентирован ряд законодательных нормативно-правовых актов, к которым относятся Директива 2000/53/ЕС об отслуживших транспортных средствах и Директива 2012/19/ЕС об электронном оборудовании.

В современных условиях решению данной задачи способствует принятие новой версии международного стандарта экологического менеджмента ISO 14001:2015, в котором сделан акцент на концепции жизненного цикла продукции с учетом возможности ее использования или восстановления по завершению эксплуатации.

В связи с тем, что не все виды продукции подлежат восстановлению и повторному использованию, непригодные для этих целей продукты нужно переработать для получения сырья. И еще в 1994 г. была принята Директива 94/62 / ЕС, которая предписывала переработку к 2008 г. 50% металла, 60% стекла, бумаги / картона, 22,5% пластмассы и 15%. В итоге, сегодня некоторые виды продукции, например, автомобильные аккумуляторы, должны быть переработаны на 100%.

Та часть бывшей в употреблении продукции и отходов, которая не пригодна для переработки, согласно формируемой в ЕС схеме обращения с отходами, должна быть использована для получения энергии и удобрений путем сжигания или направлена на компостирование. Поэтому в 2000 г. была принята Директива Европейского Парламента и Совета Европы 2000/76/ЕС «О сжигании отходов», где были установлены предельно допустимые нормы выбросов для мусоросжигающих заводов. И только в случае исчерпания возможностей, связанных с применением всех перечисленных методов, отходы в ЕС должны быть очищены и обезврежены, а после захоронены на полигоне (рис. 13), что однако не относится к процессам циркулярной экономики и должно быть отменено при распространении ее принципов.

Стоит отметить, что современная схема обращения с отходами не отображает многообразие форм управления отслужившей продукцией, которое учитывает циркулярная экономика. К таким формам обращения с отслужившей продукцией относятся техническое обслуживание ремонт, восстановление продукции и ее отдельных компонентов и др. На рисунке 14 эти формы представлены с учетом приоритетности в их использовании в зависимости от влияния на выбросы CO_2, экономию ресурсов и энергии, а также экономических эффектов, выражающихся в снижении стоимости продукции (Приложение 3).

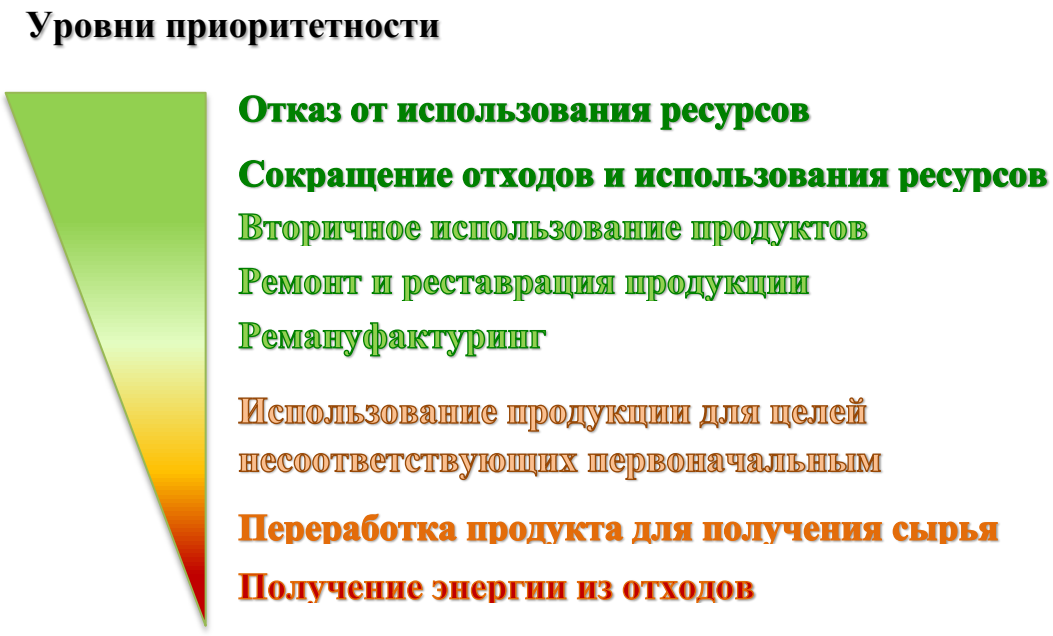


Рис.14. Иерархия обращения с отходами и отслужившей продукцией в циркулярной экономике [Рисунок модифицированный автором на основе Fogarassy C., 2017]

Несмотря на то, что циркулярная экономика выходит за пределы современной схемы обращения с отходами, однако она является первым шагом на пути трансформации линейной экономики, именно с развития и модернизации управления отслужившей продукцией и отходами берет начало формирование циркулярной экономики в практической области.

В России лишь в 2014 году были сделаны начальные шаги в области формирования устойчивой схемы обращения с отходами как основного звена циркулярной экономики с принятием Федеральный закон от 29.12.2014 № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации…» (далее – ФЗ № 458-ФЗ). Новый ФЗ предусматривает перечень мероприятий в области обращения с отходами: стимулирование строительства объектов, предназначенных для обработки, утилизации, обезвреживания, захоронения отходов, софинансирование строительства объектов по сбору, транспортированию, обработке и утилизации отходов от использования товаров; стимулирование утилизации отходов; выявление мест несанкционированного размещения отходов. Однако закон не предусматривает положения о формировании системы раздельного сбора отходов, что серьезно осложняет утилизацию отходов и ведет к ее удорожанию.

Среди звеньев системы по обращению с отходами в контексте модели циркулярной экономики в России выделяется утилизация отходов, под которой согласно ФЗ № 458-ФЗ (, ст. 1, п. д)) понимается «утилизация отходов – использование отходов для производства товаров

(продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация)». Таким образом, термин «утилизация» включает в себя все современные формы обращения с отходами и отслужившей продукцией противоположные захоронению на полигонах и организацию свалок. Однако такой подход исключает приоритетность форм обращения с отходами, при этом нововведения не затрагивают первостепенной цели – предотвращение образования отходов. Таким образом, формируемая в России система управления отходами будет иметь два уровня: захоронение и утилизация (Рис.15), в то время как в ЕС таких уровней на данный момент 5 (Рис. 13).

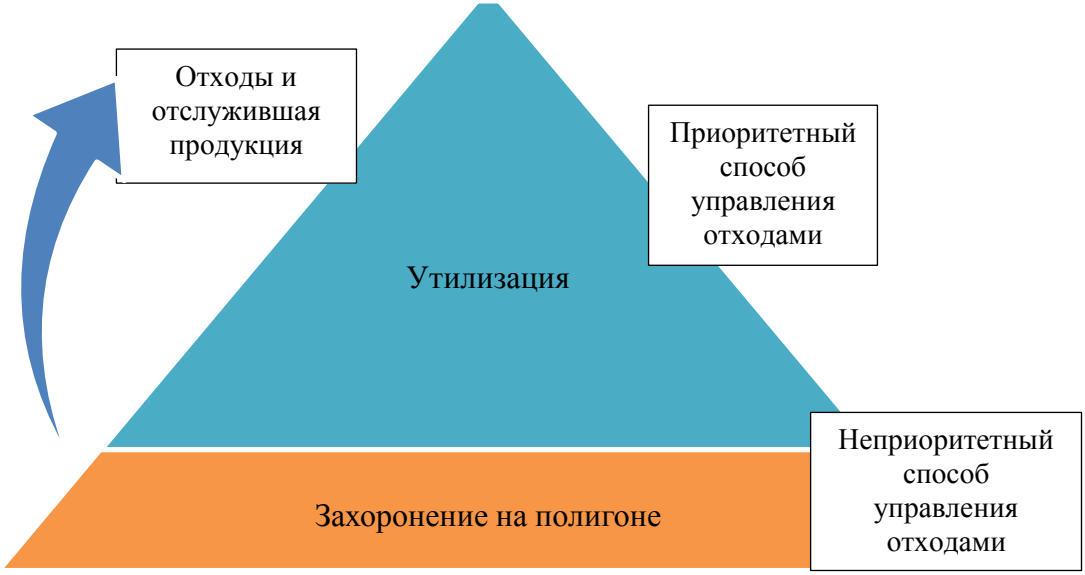


Рис.15 Формируемая в РФ система управления отходами [Составлено автором]

Постановлением также были установлены нормативы утилизации для 36 групп продукции, изначально для бумаги, резиновых, пластмассовых изделий на уровне 80%, машин и оборудования, электрического оборудования – 50%. Но, после многочисленных претензий производителей и импортеров нормативы были снижены: в 2015 г. нормативы остались нулевыми по всем видам товаров. Согласно распоряжению Правительства РФ № 2491-р (от 04.12.2015) «Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров» были установлены минимальные нормативы утилизации с постепенным их повышением. Так, на 2016 г. для бумаги и картона 10% и 20% – на 2017 г.; для шин и покрышек 15% и 20% соответственно; металлической тары 20% и 30%; для стекла, бутылок из пластмасс и отходов типографий 5% и 10%. Электроника будет перерабатываться только с 2017 года на 5%.

Негативным моментом является отсутствие переходного период для подготовки производителей к самостоятельной утилизации своей продукции в конце ее использования и по

другим причинам. В сравнении с ЕС, где директива по обращению с отходами была принята в 1994 г., а ее применение началось только в 2001 г., и переходный период длился семь лет. Таким образом, без достаточного количества времени российские производители не смогут технически подготовиться к выполнению установленных нормативов по утилизации отходов, что повлечет за собой уплату экологического сбора.

Согласно постановлению Правительства РФ № 1073 (от 08.10.2015) «О порядке взимания экологического сбора» предусмотрено установление ставок экологического сбора по каждой группе товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, уплачиваемого производителями, импортерами товаров, которые не обеспечивают самостоятельной утилизации отходов от использования товаров. Для бумаги, резиновых, пластмассовых изделий, древесины, металлов, масла сбор составляет 1,5% от себестоимости 1 тонны/1 единицы товара; машин и оборудования, электрического оборудования – 4,5%. Стоить отметить, что такой способ формирования сбора будет носить скорее негативный характер, т.к. за товары, которые стоят дороже и, как правило, обладают более высоким качеством и безопасностью для окружающей среды, придется платить более высокий сбор, чем за дешевые и менее качественные товары. Это в свою очередь может привести к снижению качества товара, в том числе его экологической составляющей, что в корне противоречит основной цели закона – снижения давления на окружающую среду. К тому же этот пункт противоречит статье 24 ФЗ № 458, которая гласит, что ставка экологического сбора формируется на основе средних сумм затрат на сбор, транспортирование, обработку и утилизацию единичного изделия или единицы массы изделия, утратившего свои потребительские свойства.

Положительным является то, что в пункте 11 ст.24 ФЗ № 458 отмечается предназначение средств, поступивших в федеральный бюджет в счет уплаты экологического сбора для: строительства, реконструкции комплексов, осуществляющих обращение с отходами; разработки и внедрения промышленного оборудования российского производства в целях утилизации и обезвреживания отходов. Однако российское законодательство четко не привязывает конкретный вид дохода к определенному расходу, поэтому необязательно, что средства, поступившие в бюджет, будут расходоваться именно на создание мусороперерабатывающих комплексов и утилизацию отходов, о чем свидетельствует отсутствие соответствующей строки расхода в бюджете РФ. Помимо этого одной из наиболее обсуждаемых проблем является отсутствие необходимых объектов экологической инфраструктуры для обслуживания вводимой схемы, включая современные полигоны для приема и переработки ТКО, особенно, что касается сельской местности с разбросом источников образования отходов на сотни километров. Отсутствует и подробный план создания мощностей для утилизации отходов.

Таким образом, новое законодательство нуждается в доработке для создания экологически эффективной системы обращения с отходами, т.к. экологические преимущества, снижение выбросов CO_2 и экономия ресурсов обеспечивают достаточно оснований для становления в России производства с замкнутым циклом. Уже сегодня в принятых нормативно-правовых актах прослеживается стремление решить накопленные проблемы, в том числе сократить отходы, отправляемые на свалки, в сжатые сроки и с применением всех базовых методов (Приложение 4). В итоге, реализация принятых решений должна способствовать снижению нагрузки на окружающую среду путём сокращений объёмов захоронения отходов, вовлечению товаров, подлежащих утилизации, в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья и энергии.

Как можно заключить, Российской Федерации еще предстоит совершить переход к широкому применению современных методов обращения с отходами на пути трансформации линейной экономики в циркулярную модель. Этому могут способствовать меры по утверждению расширенной ответственности производителей, которая была принята европейскими странами в 1980-х годах с поэтапным и систематическим развитием соответствующих норм в пользу охраны окружающей среды, ресурсо- и энергосбережения, что вносит вклад в формирование циркулярной экономики. Представление о масштабе стоящих перед Россией в этой связи задач при сопоставлении с уровнем решения проблемы в ЕС дает информация, содержащаяся в таблице 4.

Таблица 4.

Сравнительный анализ норм ответственности производителей в РФ и ЕС в рамках схем обращения с отходами [Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А., 2015]

	ЕС	РФ
Законодательство	Директива Упаковка (94/62 / ЕС) Директива Отслужившие транспортные средства (2000/53 / ЕС) Директива Батареи (2006/66 / ЕС) Директива Электронное оборудование (2012/19 / ЕС)	ФЗ N 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления…»; Распоряжение от 04.12.2015 N2491-р «Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров»; Постановление от 08.10.2015 N 1073 «О порядке взимания экологического сбора»

Нормы утилизации по отдельным товарным группам	• 60% утилизации упаковки к 2008 году, 55% переработка упаковочных отходов к 2008 г. • Сбор 100% транспортных средств, восстановление 95% и 85% переработки, в том числе повторного использования к 2015 году. • 100% утилизация собранных батарей к 2009 году, уровень сбора 45% к 2016 г. • 65% утилизация свинцово-кислотных аккумуляторов, 75% утилизация никелевых батарей и 50% утилизации для других батарей к 2011 г. • С 2016 года целевой сбор электронного оборудования должен составлять 45%, с 2019 года – 65%; переработка/ подготовка к цели повторного использования 55-80% с 2015 г.	С 2017 г. нормативы утилизации должны быть установлены по 36 группам товаров, в том числе: • Консервные банки до 50 л – 30%; • Нефтепродукты, пластмассовые бутылки от 2 л, электрические аккумуляторы, стекло листовое безопасное, стекло полое – 20%; • Бумажные пакеты, тарелки, упаковка, Пластмассовые мешки/бутылки не >2 л, газеты/ журналы/ периодические издания – 10%; • Машины и оборудование, компьютерная и бытовая техника, пластмассовые изделия, деревянные окна/ двери/ тара – 5%; • текстиль, лампы, Пластмассовые двери – 0%.
Экологический сбор	Ставка за утилизацию отходов зависит от конкретной страны и вида отходов и составляет от 44 евро/тонн до 1500 евро/тонн.	Ставка экологического сбора варьируется от 2 378 руб./т до 26 469 руб./т.
Штраф за нарушение ответственности производителя	Ответственность зависит от конкретного нарушения, его влияния на окружающую среду, размера компании и др.: • Во Франции за отсутствие маркировки и несоответствие продукции нормам РОП величина штрафа от 450 до1500 евро. • Для компании *Volkswagen* штраф за нарушение правил, установленных EPA, и занижение показателей вредных выбросов, может превысить 18 млрд. долл.	За несвоевременное представление деклараций административный штраф от 3 000 до 50 000 руб. За умышленное искажение деклараций административный штраф от 10 000 до 100 000 руб.

В таблице отражено, что вводимые в РФ нормативы утилизации продукции и отходов, а также экологические сборы, существенно отстают от европейских стандартов. Помимо этого, наказание за несоблюдение норм ответственности в ЕС существеннее, чем в РФ, и во многих случаях именно это стимулирует европейских производителей придерживаться требований законодательства, включая применение инновационных подходов для соблюдения ужесточающийся норм ответственности, к которым относится безопасная утилизация отслужившей продукции по завершению ее использования. В России для многих производителей уклонение от ответственности за экологически безопасное завершение

жизненного цикла продукции может стоить дешевле, чем выполнение требований в области утилизации, которые связанны с дополнительными расходами и инвестициями, что существенно снижает возможности быстрого и эффективного развития циркулярных моделей производства и потребления.

Несмотря на обновление в последние годы законодательства в области обращения с отходами, институциональная поддержка поэтапного перехода к принципам циркулярной экономики нуждается в дальнейшей существенной модернизации. При этом в РФ есть возможности для трансформации доминирующей сегодня линейной модели экономики в экологически и экономически эффективную циркулярную модель. Так, потенциал для развития компостирования с извлечением энергии и удобрений, а также переработки в РФ имеют пищевые и коммунальные отходы, реманufактуринг может развиваться в автомобильной промышленности, в секторе крупной бытовой техники, в авиационной промышленности и в военно-промышленном комплексе на базе существующих производств. Однако в стране не сформированы экономические механизмы, ориентирующие предприятия на применение принципов циркулярной экономики. Так, стоимость захоронения отходов на полигонах сегодня является более привлекательной в сравнении с инвестированием в развитие производств с замкнутым циклом.

Для улучшения ситуации необходима поддержка государством экологически-ориентированного бизнеса, формирование инфраструктурных объектов, обслуживающих передовые формы обращения с отходами, существенное повышение экологических сборов за уклонение от использования лучшей практики по управлению отходами. В свою очередь развитие циркулярной экономики в РФ принесет положительный экологический эффект от сокращения свалок и полигонов, экономический эффект от повышения энерго- и ресурсной эффективности, а также вследствие получения прибыли компаниями в новых отраслях и видах деятельности, социальный эффект – от создания дополнительных рабочих мест.

1.3.Оценка уровня развития циркулярной экономики и формирование циркулярных бизнес-моделей

Ранее в пункте 1.2. был дан тезис о недостаточном уровне развития циркулярной экономики в РФ. Для конкретизации этого вывода и оценки уровня развития циркулярной экономики в литературе в последние годы стали использоваться специальные индексы, которые позволяют заинтересованным сторонам определить, насколько последовательно идет процесс формирования циркулярной экономики. В их числе следующие индексы: *The Material Circularity Indicator (MCI) [Ellen MacArthur Foundation, 2015]; The Regional Circular Economy Index System [Jia Zhang, 2011]; The Circular Economy Performance Index [Ruiter, 2015]; A Circular Economy Index for the Consumer Goods Sector [Verbeek L., 2016]* (Таблица 5).

Таблица 5.

Индексы оценки циркулярной экономики [Составлено автором]

Название	Описание	Ограничения и допущения
The Material Circularity Indicator, MCI, 2015 г.	Индикатор измеряет степень, в которой линейный поток отходов и материалов сведен к минимуму, а циркулярный (восстановительный) поток к максимуму, и оценивается по следующей формуле $MCI = 1 - LFI \times F(X)$, LFI – индекс линейного потока, F(X) – коэффициент использования продукта, построенный как функция F от полезности X. Полезность показывает насколько дольше и интенсивнее этот продукт используется по сравнению с обычным продуктом того же типа. Полезность является производной от срока службы и функциональных единиц продукта (по сравнению со среднеотраслевыми показателями аналогов). При этом, $LFI = \frac{(V+W)}{2M}$ где, V – объем нового сырья, использованного в продукте; W – объем отходов (невосстановимых), связанных с продуктом; M – общий объем продукта.	Предполагается, что восстановленный материал в конце использования можно перерабатывать до уровня такого же качества, как оригинальный материал; что не существует каких-либо существенных потерь в подготовке собранных продуктов для повторного использования; что масса продукта не меняется от производства до конца использования.
The regional circular economy index system, 2011 г. [Jia C., Zhang J., 2011]	Индекс используется для оценки развития циркулярной экономики в различных провинциях Китая, он базируется на материально-элементном анализе и моделируется при помощи нечетких значений, индекс включает в себя три показателя: сокращение (выбросов CO_2, ТКО, сточных вод, потребления энергии/ тонн, денежные ед.); переработку (промышленных вод, ТКО/ %); повторное использование (ТКО/ %).	В предложенной модели ограниченный круг показателей, который не полностью характеризует методы обращения с отходами и процессы, происходящие в циркулярной экономике, преобладание области управление ТКО.
The Circular Economy Performance	Индекс строится на оценке 25 ключевых показателей эффективности (KPI), которые разбиты на три категории важности, в	Индекс применяется на уровне отдельных компаний, путем опроса,

Index, 2015 г. [Ruiter C., 2015]	зависимости от влияния на окружающую среду и эффективность бизнеса. KPI сопряжены с применением циркулярных бизнес моделей компаниями, путем опроса оценивается значимость циркулярной экономики внутри компании, во взаимодействии с поставщиками, развитие замкнутых цепей поставок.	что сопряженно с субъективностью в оценке. При выборе KPI и компаний для интервью не используются какие-либо критерии для отбора.
A Circular Economy Index for the consumer goods sector, 2016 г. [Verbeek L.]	В основе индекса лежит *The Circular Economy Performance Index*, однако KPI используются исключительно для оценки развития циркулярных бизнес-моделей в потребительском секторе, поэтому отбор показателей эффективности напрямую зависит от их значения для потребительского сектора.	Аналогично индексу *The Circular Economy Performance Index*, опрос компаний подразумевает субъективность полученных результатов.

Однако стоит отметить, что приведенные индексы характеризуются неполнотой в оценке совокупности элементов и процессов, протекающих в циркулярной экономике, а также некоторые из них носят субъективный характер. Так, индексы *The regional circular economy index system* и *The Material Circularity Indicator* направлены на оценку принципов циркулярной экономики в области обращения с ТКО. При оценке циркулярной экономики с помощью *The Circular Economy Performance Index* используются специальные *KP*I, но при выборе *KPI* и компаний для интервью не используются четкие критерии отбора.

Поэтому для снижения неопределенности и оценки текущего уровня развития циркулярной экономики в отдельной компании или отрасли введем Индекс Развития циркулярной экономики (*Circular Economy Development Index, CEDI*), который будет соотносится с теоретической моделью циркулярной экономики фонда Эллен Макартур (Рис.3). Для этого индекс будет отражать основные элементы замыкающие цепи поставок в теоритической модели, а именно техническое обслуживание, повторное использование, восстановление и переработку в количественых показателях объема продукции и отходов, что соотносится с *The regional circular economy index system* и *The Material Circularity Indicator*, но охват методов обращения с отходами и отслужившей продукцией шире и выходит за рамки управления только ТКО, благодаря этому расширяются возможности оценки до уровня отдельной компании и отрасли. При этом каждый из методов обращения с отходами и отслужившей продукцией оказывает разное влияние на итоговые социальные, экономические и экологические эффекты при развитии циркулярной экономики, поэтому каждому методу присовоен коэффициент веса в зависимости от экономии ресурсов, снижения выбросов CO_2 и рентабельности. Различие по категориям важности в зависимости от влияния на окружающую среду и эффективность бизнеса уже отражалось в *The Circular Economy Performance Index* при

ранжировании *KPI*, в *CEDI* оценка значимости методов управления отходами и отслужившей продукцией осуществляется для обозначения приоритетности в их использовании. Объясняется это тем, что итоговые экологические и экономические эффекты будут различны в зависимости от избрания того или иного способа трансформации линейной цепи поставок в замкнутую (техническое обслуживание и ремонт, восстановление или переработка отслужившей продукции и отходов). Таким образом, индекс развития циркулярной экономики для отраслей промышленности (*CEDI)* предлагается рассчитывать по следующей формуле (1):

$$CEDI = \frac{(L \times i_1 + R \times i_2 + M \times i_3 + C \times i_4) \times 100\%}{W \times S} \quad (1)$$

Где,

L – объем продукции, прошедшей техническое обслуживание (тонн или ден. Ед.);

R – объем повторно используемой продукции (тонн или ден.ед.);

M – объем восстановленной продукции (тонн или ден. Ед.);

C – объем переработанной продукции и отходов (тонн или ден. Ед.);

$i_{1,2,3,4}$ – коэффициент веса применяемого метода управления отходами и отслужившей продукцией для промышленных отраслей;

W – общий объем отходов промышленных отраслей и продукции, вышедшей из эксплуатации (тонн или ден. ед.);

S – количество применяемых методов (техническое обслуживание, восстановление, переработка, повторное использование) к обращению с продукцией и отходами в промышленных отраслях.

Веса для используемых при построении индекса индикаторов определяются, исходя из степени приоритетности того или иного метода управления отходами (табл. 6), соответствующего принципам циркулярной экономики, а также с учетом их экологических и экономических преимуществ.

Таблица 6.

Весовые коэффициенты для методов управления отходами и отслужившей продукцией в случае промышленных отраслей [Составлено автором]

Элемент циркулярной экономики	Экономия ресурсов, %	Снижение выбросов CO_2, %	Рентабельность, %	Итого	Вес ($i_{1,2,3,4}$)
Техническое обслуживание продукции (i_1)	P_1	P_2	P_3	ΣP_n	$i_1 = \frac{\Sigma P_n}{\bar{i}}$

Повторное использование продукции (i_2)	K_1	K_2	K_3	ΣK_n	$i_2 = \frac{\Sigma K_n}{\bar{i}}$
Восстановление продукции (i_3)	T_1	T_2	T_3	ΣT_n	$i_3 = \frac{\Sigma T_n}{\bar{i}}$
Переработка отслужившей продукции и отходов (i_4)	H_1	H_2	H_3	ΣH_n	$i_4 = \frac{\Sigma H_n}{\bar{i}}$
Среднее значение ($\bar{i}$):				$\bar{i} = \frac{\Sigma P_n + \Sigma K_n + \Sigma T_n + \Sigma H_n}{4}$	

Уровень приоритета учитывает сумму всех трех составляющих, т.к. они имеют одинаковую значимость, и если, например, вместо экономии ресурсов и снижения выбросов CO_2 будет наблюдаться их рост, то такая циркулярная экономика потеряет свой основной смысл - снижение давления на окружающую среду, а при отсутствии рентабельности, бизнес не будет внедрять представленные подходы в свою деятельность. *CEDI* изменяется от 0% до 100% и чем ближе индекс приближается к 100%, тем выше уровень развития циркулярной экономики. С помощью предложенного метода и возможности вариации весов можно оценить уровень развития циркулярной экономики, как в отдельной компании, так и в отдельной отрасли, либо в стране или регионе.

Оценим с помощью индекса *CEDI* уровень развития производств с замкнутым циклом в области ТКО и сопоставим его с показателями, характерными для развитых стран на примере Германии. Как уже частично отмечалось ранее, в РФ в 2015 г. было накоплено 60 млн. тонн ТКО, отправлено на свалки, полигоны 56,4 млн. тонн, переработано 3,6 млн. тонн [IFC, 2016]. С учетом указанных параметров, в России уровень развития циркулярной модели экономики в области управления ТКО, оцененный с помощью введенного нами индекса, составляет: $CEDI = \frac{(3{,}6\times1{,}36)\times100\%}{60\times1} = 8\%$. Расчет весовых коэффициентов для применяемого метода обращения с ТКО представлен в табл. 7.

В 2015 г., в Германии было накоплено 50,064 млн. тонн ТКО, отправлено на полигоны 0,5 млн. тонн, переработано 23,53 млн. тонн, компостировано 8,51 млн. тонн, остальные 35% сжигались [Municipal waste statistics, Eurostat, 2016]. Таким образом, в этой стране уровень развития циркулярной модели в области управления ТКО составляет: $CEDI = \frac{(23{,}53\times1{,}36+8{,}51\times0{,}64)\times100\%}{50{,}064\times2} = 37\%$.

Таблица 7.

Расчет весового коэффициента применяемого в РФ метода обращения с ТКО [Составлено автором на основе: Smith V. et al., 2015; APRA, 2015; Hog D., 2015]

Элемент циркулярной экономики в области обращения с ТКО	Экономия ресурсов, %	Снижение выбросов CO_2, %	Рентабельность, %	Итого	Вес ($i_{1,2,3,4}$)
Переработка ТКО (i_1)	90%	86%	80%	256%	256/188,5 = 1,36
Компостирование и анаэробное сбраживание (i_2)	36%	30%	55%	121%	121/188,5= 0,64
			Среднее значение:	188,5 %	

При этом стоит отметить, что такой разрыв в уровнях развития циркулярной экономики в РФ и в Германии, а также в ЕС в целом, можно наблюдать не только в части управления ТКО, но и по другим видам отходов и продукции бывшей в употреблении. Недостаточный уровень развития циркулярной экономики в РФ обусловлен наличием ряда барьеров, среди которых могут быть выделены технологические, экономические, нормативно-правовые (Рис. 16).

Рис.16 Барьеры реализации принципов циркулярной экономики в РФ [Составлено автором]

Технологические барьеры относятся к процессам и технологиям, необходимым для создания замкнутых цепей поставок, при помощи которых должны быть созданы технические и биологические циклы материалов, продукции и отходов. В РФ не хватает инновационных технологий переработки и процессов, связанных с экологическим дизайном продукта, которые

мешают компаниям внедрять циркулярные бизнес модели. В целом согласно глобальному инновационному индексу Россия в 2016 г. занимает 69 место, что свидетельствует о низком уровне инновационной активности в целом. Помимо этого, недостаточные знания о переработке материалов усложняют переход к использованию новых технологий в связи с неопределенностью в новом качестве. У руководства компаний отсутствует системное мышление, что мешает видеть всю выгоду от внедрения циркулярных моделей в перспективе и позволяет оптимизировать лишь применяемые линейные модели. Так же в РФ отсутствует полноценная инфраструктура сбора и сортировки для выбора технически подходящих для циркуляции продуктов, материалов и отходов, таким образом замкнуть цепь становится слишком сложно.

Правовые барьеры в области юридических требований, связанных с управлением продуктами и отходами в конце их жизненного цикла, а также специальной маркировкой и сертификацией создают сложность для преобразования линейных цепей поставок в замкнутые, требуя дополнительных затрат. Дальнейшие проблемы возникают из-за ведения бухгалтерского учета, методы которого не являются достаточно гибкими при учете различных значений, созданных в процессе повторного использования или утилизации продукции и отходов, что препятствует компаниям в полной мере внедрять циркулярные бизнес модели. Другим наиболее важным барьером является отсутствие развитого экологического законодательства. В России лишь в 2014 году были сделаны начальные шаги в области формирования построения современной системы обращения с отходами, на что ориентирован ФЗ № 458-ФЗ от 29.12.2014. Новый ФЗ предусматривает перечень мероприятий в области обращения с отходами: стимулирование строительства объектов, предназначенных для обработки, утилизации, обезвреживания, захоронения отходов, софинансирование строительства объектов по сбору, транспортированию, обработке и утилизации отходов от использования товаров; стимулирование утилизации отходов; выявление мест несанкционированного размещения отходов. Однако закон не предусматривает положения о формировании системы раздельного сбора отходов, что серьезно осложняет утилизацию отходов и ведет к ее удорожанию, а так же препятствует формированию циркулярной экономики в целом. При этом отсутствует государственная поддержка в содействии предприятиям создавать замкнутые цепи поставок. Национальные учреждения не играют активной роли, в том числе за счет экономических стимулов и с помощью системы налогообложения. Такой подход снижает мотивацию для преодоления и прочих барьеров и замедляет переход от линейной к циркулярной экономике. Не случайно индикатор качества государственного управления в 2015 году составил лишь 48%, что порождает правовые и законодательные барьеры в области создания замкнутых цепей поставок.

Экономические барьеры и низкая инвестиционная привлекательность производств с замкнутым циклом существенно мешает развитию циркулярной экономики в России, так как не способствует привлечению прямых иностранных инвестиций зарубежных компаний, которые уже активно применяют циркулярные бизнес модели и могли бы осуществить трансфер технологий, реорганизацию существующих линейных процессов и обучение сотрудников. В рейтинге инвестиционной привлекательности РФ занимает 87ое место, поэтому многие российские компании должны самостоятельно осуществлять инвестиции в развитие циркулярной экономики. С финансовой точки зрения переход к циркулярной экономике часто приводит к высоким инвестиционным затратам и длительному времени окупаемости, и в краткосрочном периоде это может привести к росту цен на продукцию.

Все эти барьеры свидетельствуют о том, что циркулярная экономика представляет собой труднореализуемую концепцию, что является причиной ее низкого уровня развития в России. Однако технологический прогресс и трансфер технологий, новых методов проектирования продуктов и материалов и другие меры способны стимулировать развитие принципов циркулярного производства. Правовые инструменты, такие как ужесточение и развитие экологического законодательства с одной стороны, и государственная поддержка в области субсидирования компаний, являются одним из самых мощных драйверов для трансформации линейной экономики в циркулярную. Сотрудничество и интеграция российских компаний в глобальные сети экологически ответственного бизнеса помогут организовать замкнутые цепи поставок в России, получить более точную информацию о поставщиках, привести к снижению потенциальных экономических рисков, разделить затраты между всеми участниками вновь организуемой замкнутой цепи. Снижение потребления ресурсов и соответственно спроса на них даст понимание того, что текущая модель экономики не сможет больше поддерживать экономический рост, улучшать благосостояние в долгосрочной перспективе и компании начнут диверсифицировать свою деятельность и использовать циркулярные бизнес модели.

В мировой литературе принято выделять 5 видов циркулярных бизнес-моделей, применимых сегодня мировыми производителями (Табл. 8). При этом под бизнес-моделями понимается концептуальное описание предпринимательской деятельности [Osterwalder A., Pigneur Y., 2012]. Гассман О. выделяет 55 шаблонов бизнес-моделей, некоторые из которых относятся к циркулярным бизнес-моделям, например Платформы обмена и совместного использования, а также «Продукт как услуга», другие же бизнес-модели циркулярной экономики являются инновационными и исследуются в специализированной литературе [Gerholdt J., 2015; Linder M., Williander M., 2015; Lacy P., Rosenberg D., Drewell Q., 2014]. Для 100% внедрения циркулярной экономики необходимо применения всех перечисленных в

Таблице 8 моделей компаниями всего мира, поэтому сегодня не существует и 100% линейных экономик, и 100% циркулярных экономик.

Таблица 8

Бизнес-модели циркулярной экономики [Составлено автором]

Разновидности бизнес-моделей	Описание и назначение	Примеры компаний
Циркулярные поставщики (*Circular supplies)*	Поставщик обеспечивает поставку полностью перерабатываемых или биоразлагаемых ресурсов, которые лежат в основе круговой системы производства и потребления	*Ford, Fairphone, 3D Hubs, Desso, Toyota, Cisco*
Восстановление ресурсов (*Resources recovery*)	Способствует устранению потерь ресурсов ввиду образования отходов и повышает рентабельность производ-ства продукции от возвратных потоков	*Coca-cola, Maersk, Michelin, Philips, Walt Disney World Resort*
Платформы для обмена и совместного использования *(Sharing platforms*)	Служит продвижению платформ для взаимодействия между пользователями продукта, отдельными лицами или организациями.	*Patagonia, Bla Bla car, Nearly New Car, BMW, Drivy, Daimler, Lyft*
Продление жизненного цикла продукции (*Product life extension*)	Обеспечивает сохранение или улучшение бывшего в употреблении продукта за счет его ремонта, модернизации, реконструкции или восстановления	*Bosch, Caterpillar, Volvo, Renault, Apple, BMA Ergonomics, Michelin*
Продукт как услуга (*Product as a service*)	Служит альтернативой покупки продукта, предоставляя его в пользование, например, через договор аренды, лизинга и т.п., что повышает стимулы для создания долговечной продукции, продления ее жизненного цикла.	*Rolls-Roys, Mud Jeans, De Kledingbibliotheek*

Представленные в таблице циркулярные бизнес-модели соотносятся с теоретической моделью циркулярной экономики (рис. 3). Так, циркулярные поставщики необходимы для разработки, производства и распространения перерабатываемых материалов, которые предотвращают захоронение и сжигание отходов и бывшей в употреблении продукции. Технологии восстановления ресурсов помогают переработать продукцию и отходы в новое сырье и использовать его в новом производственном цикле. Развитие платформ для обмена позволяют развивать повторное использование продукции, а бизнес-модели связанные с продлением жизненного цикла продукции, представляют собой промышленное восстановление, реманufактуринг и ремонт бывшей в употреблении продукции, их отдельных узлов и деталей. Использование бизнес-модели «продукт как услуга» позволяет компаниям предоставлять продукцию своим клиентам во временное пользование с пакетом услуг, одним из которых является техническое обслуживание. При этом компании могут использовать их по отдельности

или в комбинации для сокращения энергопотребления, повышения эффективности использования ресурсов, приращения потребительской ценности и прибыли.

Уже сегодня лучшая практика и бизнес модели циркулярной экономики могут использоваться российскими компаниями (Рис.17). Рассмотрим 5 имеющихся бизнес моделей циркулярной экономики и возможности их применения в российской промышленности.

1. *Циркулярные поставщики.* В российском агропромышленном комплексе, отрасли производства продуктов питания и упаковки возможно использование перерабатываемых или биоразлагаемых ресурсов и отходов, которые лежат в основе циркулярной системы производства и потребления, поэтому компании должны искать и заключать договоры с поставщиками эко-сырья и материалов, которым возможно было вернуть продукцию или отходы на переработку. Особенно актуален для российских потребителей возврат производителю отслужившей или устаревшей техники и электроники, картриджей для печатающей техники, однако это требует специальных договоров с зарубежными производителями.
2. *Переработка ресурсов.* Использование компостирования и анаэробного сбраживания в российском АПК для получения удобрений и энергии, а также переработка ТКО и продукции непригодной для восстановления и повторного использования необходимы для избегания омертвления ресурсов, расширения свалок и полигонов, поэтому в РФ необходимо развитие инфраструктуры сбора и сортировки отходов, а также создание мощностей для переработки.
3. *Платформы для обмена*. В России платформы обмена могут быть созданы для продуктов питания, одежды и обуви, книг это поможет продлить жизненный цикл продукции и ее использование и поможет уменьшить количество необходимых продуктов и материалов для производства с одной стороны, и количество отходов – с другой.
4. *Продление жизненного цикла продукта.* Отрасль реманufактуринга может сформироваться в российской автомобильной промышленности, в производстве крупной бытовой технике, в авиационно-космической промышленности и в военно-промышленном комплексе, в связи с тем, что продукция этих секторов производится на территории РФ и соответственно имеются потенциальные мощности для ее восстановления на базе производства новой продукции. И с учетом внутреннего инвестирования в новые технологии, а также прямых иностранных инвестиций и импорта технологий, взаимодействия производственных площадок и научных центров в РФ может быть сформирована высокотехнологичная отрасль реманufактуринга,

которую уже сегодня применяют тысячи компаний по всему миру в качестве одного из основных элементов циркулярной экономики.

5. *Продукт как услуга.* Данная бизнес модель в России может использоваться в сегменте лизинга крупнотоннажных и малотоннажных машин, сельскохозяйственной техники, т.к. вместо покупки дорогостоящего продукта потребителю выгоднее приобрести пакет услуг, а у производителя появляется возможность насытить рынок своей продукцией с одной стороны, и получить прибыль за счет продажного обслуживания, обслуживания во время использования продукции и в конце использования, тем самым производитель несет ответственность за утилизацию продукции в конце ее жизненного цикла, так формируется замкнутая цепочка поставок.

Рис.17. Возможности применения циркулярных бизнес-моделей в РФ [Составлено автором]

Стоит отметить, что трансформация линейной модели экономики в циркулярную в РФ должна осуществляться поэтапно с разработкой краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных мер, т.к. на сегодняшний день в стране не сформированы технологии, инфраструктура и институциональная среда для быстрого и качественного перехода к циркулярной экономике.

Развитие принципов циркулярной экономики, связанных с трансформацией моделей производства и потребления требует от компаний инвестиции в разработку эффективного процесса производства с замкнутым циклом, в том числе эффективной возвратной логистики, сортировки, демонтажа и разборки продукта, что привносит в компанию технологические и организационные инновации, а также создание стимулов для возврата продукции от потребителей.

Вместе с тем, развитие циркулярной экономики зависит не только от технологических и организационных инноваций, вводимых компаниями, но и от законодательных инициатив в области формирования адекватной этим инновационным процессам институциональной среды. Расширение масштабов циркулярной экономики на глобальном уровне требует сочетания бизнес-моделей, технологических достижений и инноваций, а также совместных усилий заинтересованных сторон, представителей бизнеса и государств.

Выводы по Главе 1

Исходя из анализа литературы, можно сделать вывод о том, что концепция циркулярной экономики формировалась в рамках парадигмы устойчивого развития, идей зеленой экономики и инклюзивного роста с одной стороны, а также в рамках четвертой промышленной революции и цифровой экономики – с другой.

Концепция циркулярной экономики, получившая особую актуальность в последние десятилетие, стала объектом пристального внимания со стороны научного сообщества, представителей власти, неправительственных организаций и бизнеса в развитых странах. Однако в России теоретические и практические аспекты циркулярной экономики, возвратной логистики, производств с замкнутым циклом остаются неизученными. Вместе с тем наиболее изучаемы среди российских исследователей – проблемы управления отходами. Также и внимание правительства РФ начиная с 2014 года приковано к проблемам формирования современной схемы обращения с отходами, так, введены нормативы утилизации продукции бывшей в употреблении, а также экологические сборы в случае отказа от ее утилизации, что подтверждает расширение ответственности производителя за выпущенную продукцию, а также ориентирует на замыкание цепи поставок и трансформации линейной экономики в циркулярную форму. При этом обновленное законодательство не предусматривает распределение различных методов обращения с отходами по приоритетности, что является пробелом в нормативно-правовом регулировании управления отходами, а также не ориентирует производителя на применение наилучших доступных технологий, которые оказывают наименьшее негативное воздействие на окружающую среду при утилизации продукции бывшей в употреблении и отходов.

Сравнительный анализ экологического законодательства ЕС и РФ показывает мягкость административных наказаний и штрафов на территории России, а также невысокий уровень экологических сборов, что в свою очередь не стимулирует производителей на переход к более дорогим принципам циркулярного производства с одной стороны. И не защищает от нарушения предписанных правительством ограничений в области ответственности за произведенную продукцию в конце ее использования с – другой стороны. Все это свидетельствует о необходимости ужесточения экологического законодательства в России для дальнейшей трансформации линейной модели экономики в циркулярную. Т.к. развитие последней в РФ может решить не только накопившиеся экологические проблемы, связанные с неэффективным расходование ресурсов и управлением отходами, но и получить положительные социально-экономические эффекты. Как показывает передовой международный опыт, формирование циркулярной экономики влияет на снижение потребления ресурсов, в некоторых отраслях на

уровне до 98%, на сокращение выбросов CO_2 и других вредных веществ в атмосферу в ряде производств до 70 %, а также приводит к формированию инновационных производств и росту рабочих мест.

Помимо пробелов в экологическом законодательстве формированию циркулярной экономики в России препятствуют экономические и технологические барьеры, выражающиеся в отсутствии инновационных технологий переработки и процессов, связанных с экологическим дизайном продукта, а так же низкой инвестиционной активностью российского бизнеса в создание замкнутых цепей поставок, и низкой эффективностью институциональной среды. В то время как в ЕС в формировании институциональной среды для развития циркулярной экономики активно участвует правительство и неправительственные организации, представители бизнеса и ученые, в России остается низкой даже научно-исследовательская активность в области развития принципов циркулярной экономики, а высокий уровень захоронения отходов свидетельствует о преобладании линейных моделей производства и потребления. Этот вывод также подтверждают расчеты уровня развития циркулярной экономики при помощи разработанного индекса, корреспондирующего с теоретической моделью фонда Элен МакАртур. Так, в России уровень развития циркулярной экономики в области управления твердыми коммунальными отходами составил 8%, а в Германии 37%.

Для развития циркулярной экономики и применения ее на практике компании внедряют инновационные бизнес-модели, среди которых можно выделить включение в свою цепь поставок циркулярных поставщиков, которые предоставляют полностью перерабатываемые продукты и материалы, а также участвуют в их переработке в конце жизненного цикла продукта. Благодаря развитию циркулярных поставщиков становится возможным формирование бизнес-модели восстановления ресурсов, где бывшие в употреблении продукты рассматриваются не как отходы, а как потенциальные ресурсы, которые можно получить при помощи переработки. Также преобразуются и модели потребления, например, сформирована бизнес-модель продукта как услуги, в которой продукт, используясь потребителем, остается в собственности производителя, что нацеливает последнего на создание качественной и долговечной продукции и расширяет его ответственность за продукт в конце его использования. Активно развиваются и платформы обмена и совместного использования, где продукт используется как по прямому, так и по иному назначению, что продляет его жизненный цикл.

Стоит отметить, что в России есть возможности развития циркулярных бизнес-моделей на базе существующих производств. Так потенциал для развития переработки, компостирования с извлечением энергии и удобрений в РФ имеют пищевые и коммунальные отходы, а реманufактуринг может развиваться в автомобильной промышленности, в секторе крупной

бытовой техники, в авиационной промышленности и в военно промышленном комплексе. Однако стоимость захоронения на сегодняшний день для производителя является более привлекательной, чем инвестиции в наилучшие доступные технологии, поэтому российские компании используют экологически нецелесообразный вид управления отходами. Для улучшения ситуации экологическое законодательство России требует серьезных изменений в области стимулирования инвестиционной активности, введения существенных экологических сборов за уклонение от использования лучшей практики по управлению отходами, ужесточения ответственности за нарушение законодательства и нанесение вреда окружающей среде. Развитие циркулярной экономики в РФ принесет положительный экологический эффект от сокращения свалок и полигонов, экономический эффект от снижения использования энергии и ресурсов, а также от возможности получения прибыли компаниями в новых отраслях и видах деятельности, социальный эффект от создания дополнительных рабочих мест. Таким образом, развитие концепции циркулярной экономики в РФ является весьма важной задачей, как для государства, так и для научного сообщества, отдельных предприятий и общества в целом.

Глава 2. Управление жизненным циклом продукции при формировании циркулярной экономики

Внедрению и развитию практик циркулярной экономики помогает применение подхода, связанного с оценкой жизненного цикла продукта. Согласно стандартам экологического менеджмента *ISO 14000* под жизненным циклом продукта (*life cycle*) понимаются последовательные и взаимосвязанные стадии системы производства продуктов (или услуг) от приобретения сырья или выработки из природных ресурсов до окончательной утилизации. Стадии жизненного цикла включают в себя приобретение сырья, проектирование, производство, транспортировку/поставку, применение, переработку после утраты годности и окончательную утилизацию [ISO 14001:2015]. Оценка жизненного цикла продукта является научным инструментом для измерения воздействия новых и усовершенствованных продуктов и бизнес-моделей как на показатели компании, так и на окружающую среду. Результаты оценки жизненного цикла помогают компаниям устанавливать приоритеты и определять ключевые показатели эффективности деятельности, что также помогает установить базовые требования для продукта или услуги, с которыми могут быть сопоставлены любые улучшения или отклонения.

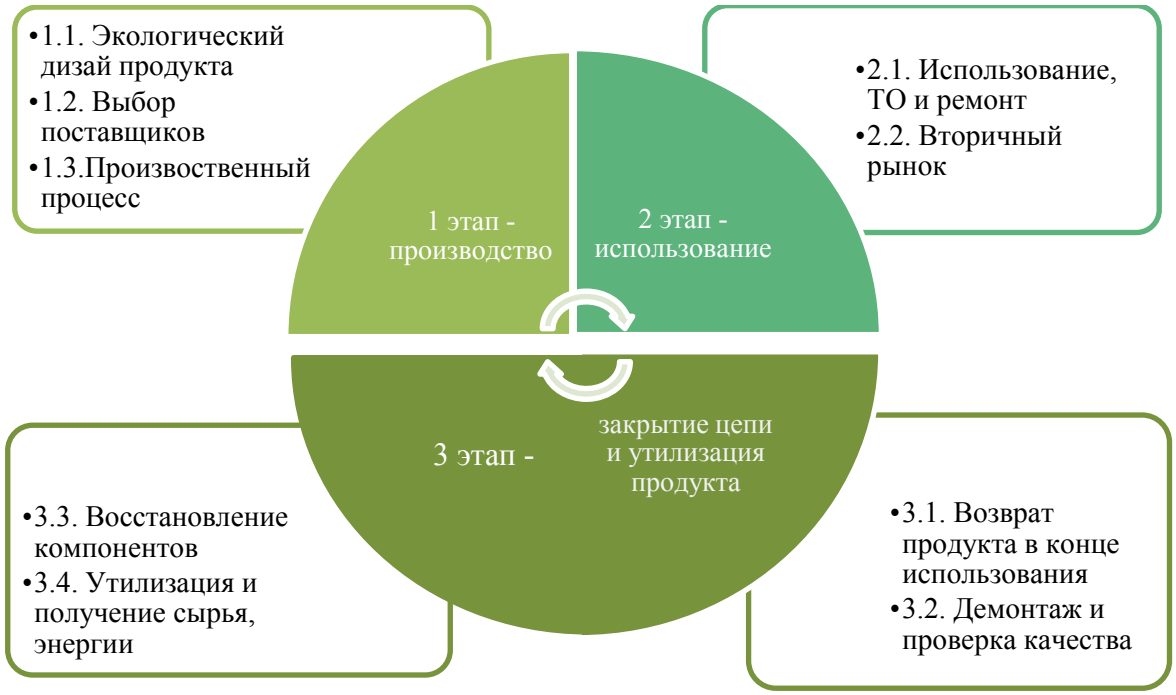


Рис. 18 Упрощенный замкнутый жизненный цикл продукта [Составлено автором на основе ISO 14001:2015]

Любой продукт проходит три этапа жизненного цикла: производство, использование, окончание использования, но в зависимости от приоритетов компании, каждый этап может оказывать различное воздействие на показатели самой компании, взаимоотношения с потребителями и поставщиками, а также на общество в целом и окружающую среду. На рис. 18 представлен, с учетом принятия принципов циркулярной экономики, жизненный цикл продукта, в конце которого продукт вместо захоронения используется повторно или утилизируется. Во второй главе каждый этап рассматривается отдельно на примере автомобильной промышленности. Так, в первом пункте второй главы изучается первый этап – циркулярное производство, где проанализированы принципы экологического дизайна и разработан индекс оценки экологического дизайна продукта, критерии выбора циркулярных поставщиков и способ их оценки. А также разработаны основополагающие элементы циркулярного производства на основе концепций бережливого производства (*Lean Manufacturing*), «зеленого» производства (*Green Manufacturing*), всеобщего управления качеством (*Total Quality Management*) и корпоративной социальной ответственности (*Corporate social responsibility*).

Во втором пункте второй главы исследуется второй этап жизненного цикла продукта – потребление и использование продукции, а именно формирование циркулярных моделей потребления. На этапе использования применяются две стандартные модели: потребление и использование нового продукта, т.е. первичное использование, для продления срока службы которого применяется техническое обслуживание и ремонт; вторичное использование бывшего в употреблении продукта. При этом инновационные бизнес-модели в рамках циркулярной экономики предлагают новые формы использования продукта: продукт как услуга и платформы совместного использования. В этом разделе исследованы возможности и угрозы каждой модели потребления циркулярной экономики.

В третьем пункте исследован третий этап жизненного цикла, а именно замыкание цепи в конце использования продукта путем утилизации. В конце использования продукта существуют различные модели управления им, которые значительно трансформируются под влиянием государства, ужесточения экологического законодательства, расширения ответственности производителя и внедрения циркулярных бизнес-моделей. Если прежде превалировало захоронение продукции, как самая выгодная форма управления бывшей в употреблении продукции, то сегодня используются различные способы утилизации продукции и отходов от восстановления и переработки до компостирования и сжигания с извлечением энергии. Так, в автомобильной промышленности развитых стран активно используются технологии реманufактуринга для восстановления отдельных элементов и частей до состояния «как новое». При этом в конце использования продукт проходит такие этапы, как непосредственный

возврат производителю или другой ответственной за утилизацию стороне с учетом стратегии взаимоотношений производителя с потребителем по возврату продукции, демонтаж и проверку качества, принятие решения о способе утилизации и сам процесс утилизации, эти этапы изучаются в третьем пункте второй главы. А также разработана модель принятия решений относительно выбора способа утилизации продукции в конце ее использования с учетом экологических и экономических факторов.

2.1. Переход от линейного к замкнутому жизненному циклу продукта: систематизация подходов

Первым этапом производства с замкнутым циклом является экологический дизайн продукции, который предполагает решение социальных, этических и экологических проблем с учетом экономических факторов в течение жизненного цикла продукта [Curtis H, Walker J., 2001], что обеспечивает удовлетворение потребностей бизнеса, потребителей и общества при условии защиты окружающей среды. Как отмечают Карлсон Р. И Лутропп С. экодизайн сочетает в себе экономические приоритеты бизнеса и значимость экологических аспектов ведения этого бизнеса (Рис. 19).

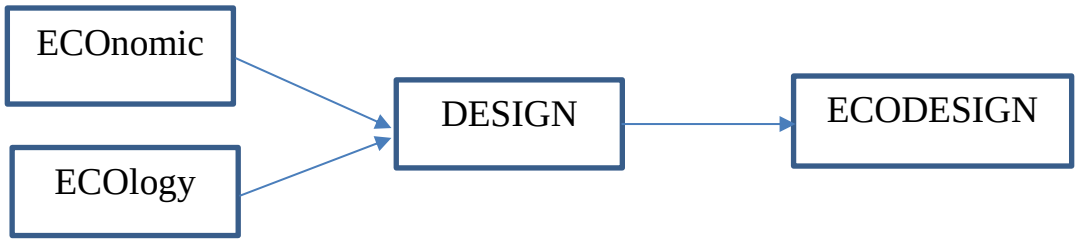


Рис.19 Экологический дизайн . [Karlsson R., Luttropp C., 2006]

Применение экологического дизайна на практике приводит производителя к трансформации бизнес-процессов при проектировании продукта на трех уровнях:

1. Оптимизации производственного процесса с целью снижения воздействия на окружающую среду;
2. Изменение конфигурации товара, используемых в нем материалов и частей;
3. “Радикальное” вмешательство, например, ликвидация производства отдельных товаров или услуг.

Факторы, которые мотивируют принять практику экодизайна не ограничиваются только экологическими выгодами. Компании, реализующие практику экологического дизайна, могут снизить расходы за счет сокращения потребления сырья и энергии, получить конкурентные преимущества, улучшить свой корпоративный имидж, повысить качество своей продукции, а иногда даже уменьшить юридические требования, которым они подвергаются [Vercalsteren A., 2001]. Поэтому, не смотря на необходимость изменений бизнес-процессов, которых требует внедрение экологического дизайна, компании стремятся к реализации целей и принципов экодизайна на практике.

Принимая решение о принятии практики экодизайна компании оценивают внутренние факторы, включающие мотивацию особенно со стороны топ-менеджмента; инновационные

способности компании и возможность модификации продукта; наличие инициатив экодизайна и имеющихся технологий в других компаниях отрасли, и возможность ознакомления с опытом других организаций. Помимо внутренних факторов, на принятие практики экодизайна оказывают влияние и внешние факторы, к которым относятся нормативные требования, создающие важный стимул развития экодизайна; наличие эко-поставщиков и возможности сотрудничества с ними. Кроме того, изделие должно подлежать экодизайну, т.е., оно должно иметь потенциал для редизайна на основе экологических факторов.

Экологический дизайн используется для повышения энергоэффективности продукции и производственного процесса, минимизации расходов материала, снижения отходов и вредных выбросов в процессе производства и использования продукции, для вторичного использования продукции в конце жизненного цикла.

1. Дизайн с целью повышения энерго- и ресурсоэффектинвости в автомобильной промышленности. Сегодня, средний вес автомобиля составляет 1-1,4 тонны, на чугун и сталь приходится большая часть этого веса. Средний вес легкового автомобиля снизился примерно с 1527 кг в 1980 году до 1400 кг в 1991 году, в этот период производители пытались использовать меньше стали при производстве транспортных средств. Текущее снижение веса автомобиля основной целью имеет не только повышение эффективности использования автомобильного топлива, но и улучшение его ходовых качеств при одновременном снижении выбросов. Исследования доказывают, что снижение веса автомобиля на 10% позволяет увеличить на 5% количество километров на литр топлива [Отчет European Aluminium Association, 2016], что в свою очередь сокращает выхлопы в процессе использования автомобиля. Поэтому уменьшение количества материала, используемого на протяжении жизненного цикла продукта, является эффективным методом снижения его воздействия на окружающую среду. В случае потребления топлива, эта стратегия может быть применена за счет уменьшения физических размеров автомобиля, когда это возможно, либо снижение веса можно достичь за счет использования альтернативных материалов, таких как алюминий, углеродные волокна, армированные полимеры. Так, разработка эффективных конструкция транспортных средств концентрируется в трех основных областях: использование в изделии легких материалов (меньшей плотностью, чем чугун и сталь), таких как алюминий и пластмассы; использование в изделии модифицированных сплавов с высокой прочностью, но меньшей толщиной и весом; оптимизация и увеличение производительности запасных частей без увеличения их веса.

2. Дизайн для восстановления и переработки транспортных средств. Повторное использование материалов – в российском законодательстве классифицируется как один из видов утилизации продукции, хотя технически отличается от переработки. Восстановление является более приоритетным способом повторного использования продукции в сравнении с

переработкой (см.гл.1. Приложение 3). В случае непригодности узлов и деталей к восстановлению, их необходимо переработать.

Практика показывает, что сегодня автомобиль не может быть на 100% рециркулирован. Это связано с его сложностью и материальным разнообразием. Сталь и пластик, из которых состоит кузов автомобиля, не могут быть полностью переделаны в продукты такого же качества как оригинал. Они могут быть переработаны в материалы более низкого класса или смешаны с другими материалом для формирования новых веществ. Например, сталь – это элемент, который может быть восстановленными в квази-закрытой цепи поставок, т.е. более 90% переработанной стали из автомобильной промышленности находит применение в строительстве зданий и мостов, в то время как алюминий может циркулировать и использоваться повторно в полностью замкнутой системе, т.е. только в изготовлении автомобиля.

С экономической точки зрения восстановление и переработка необходимы в качестве дополнительного источника материалов на рынке и для сокращения отходов. Так, использование вторичных материал не только уменьшает потребление первичного сырья, энергии и воды, а также играет роль в сокращении отходов, и вредных выбросов в атмосферу.

С учетом повторного использования и переработки, продукты должны быть спроектированы таким образом, чтобы облегчить демонтаж и восстановительные процессы, поэтому экодизайн нацелен на:

- Конструирование продукта для разборки в конце его жизненного цикла с минимальными затратами и усилиями.
- Использование материалов для повторного использования, такие материалы должны быть более однородны. Так, различные пластмассы и непластичные материалы, используемые в продукте, должны быть сведены к минимуму.
- Модульность конструкции и стандартизированный дизайн, сертификацию и маркировку отдельных частей и деталей.

При экологическом дизайне сложно-технического изделия с целью формирования циркулярной экономики и замкнутых цепей поставок компоненты этой продукции должны рассматриваться не только с точки зрения энерго- и ресурсо-эффективности, но и под углом возможности восстановления и переработки. В приложении 5 представлены элементы автомобиля, подлежащие реманufакутрингу и переработке. Таким образом, продукция может быть сконструирована с учетом возможностей вторичного использования и переработки, а также требований энрегоэффективности, однако для этого дизайн продукта должен придерживаться ряда принципов, которые представлены в таблице 9.

Таблица 9

Принципы экологического дизайна продукта [Составлено автором]

Принцип	Описание
Ресурсо-эффективность	Снижение материалоемкости продукта. Использование нетоксичных материалов, которые производят меньше загрязнения и вредных выбросов в процессе производства, использования, а также при восстановлении, переработке и сжигании. Использование вторичного и уже переработанного сырья или материалов, которые требуют меньше энергии для производства их самих. Продление срока полезного использования продукта
Энерго-эффективность	Использование возобновляемых источников энергии, таких как энергия солнца, ветра, и ГЭС на всех стадиях жизненного цикла продукта. Применение оборудования, которое является энергосберегающим, а также функций экономии энергии, таких как естественное освещение, автоматическое выключение освещения и т.п. Дизайн продуктов, которые включают механизмы для снижения потребления энергии, таких как более эффективные двигатели. Оптимизация процесса транспортировки сырья и доставки готовой продукции.
Многофункци-ональность продукта	Возможность параллельного использования продукта одновременно для нескольких целей. Последовательная функциональность продукта, где продукт сначала служит основной цели, а затем предполагается вторичное использование самого продукта, а также его отдельных частей и компонентов.
Простота сборки и демонтажа для восстановления и переработки	Дизайн продукта с целью его упрощения и модульности Возможность замены компонентов в случае неисправности без необходимости утилизации всего продукта Простота доступа к компонентам при производстве Сертификация и стандартизация компонентов продукта Уход от использования неоднородных материалов, которые затрудняют разделение компонентов для восстановления и переработки. Использование материалов, которые позволяют повторно использовать компоненты. Использование клея и др. способов сцепления отдельных частей с учетом упрощения демонтажа продукта в будущем.
Приоритетность использования лучшей практики управления отходами из доступных	Безотходность производства, например, использование металлических обрезков для изготовления более мелких деталей и т.п. Повторное использование продукции и упаковки помогает продлить жизненный цикл до полного износа и устаревания. Восстановление продукции и ее отдельных компонентов в конце жизненного цикла продукта, либо при поломке изделия является более приоритетным способом в сравнении с переработкой. Переработка продукции и отходов используется в случае невозможности восстановления и повторного использования. В то время как сжигание является наименее предпочтительным способом управления отходами, это наилучший вариант, в сравнении с захоронением на полигонах и организацией свалок, при этом все компоненты не должны содержать токсичные примеси, сопряженные с негативными выбросами в процессе сжигания.

Для оценки экологического дизайна продукта некоторые компании используют специально разработанные индексы, например, автопроизводитель *Ford* разработал методологию оценки устойчивости продукции компании, а именно индекс *PSI,* состоящий из восьми показателей (таблица 10):

- влияние, оказываемое на глобальное потепление за жизненный цикл (в основном выбросы CO_2);
- влияние, оказываемое на качество воздуха за жизненный цикл (другие выбросы в атмосферу);
- использование экологически рациональных материалов (переработанных или возобновляемых);
- качество воздуха в салоне транспортного средства (включая сертификацию на аллергены *TÜV*);
- внешний уровень шума (шум от проезжающего автомобиля);
- потенциал мобильности (количество мест и емкость багажного отделения по отношению к размерам автомобиля);
- Безопасность (для водителя, пассажиров и пешеходов);
- общая стоимость владения за жизненный цикл (полные затраты владельца за первые три года эксплуатации).

В результате независимого исследования индекс *PSI* компании *Ford* был назван «шагом, предпринятым для полной оценки рациональности продукции» и признан соответствующим международному стандарту по оценке жизненного цикла продукции *ISO 14040*. Новые модели *Ford S-MAX* и *Galaxy* стали первыми автомобилями, при разработке которых применялся индекс PSI. По сравнению с предыдущей моделью *Galaxy* они обладают большей эффективностью в каждой из трех областей, в которых оценивается рациональность: природоохранной, социальной и экономической.

Таблица 10

Показателия индекса *PSI* компании *Ford* [Индекс PSI, 2006]

	Индикатор	Метрика/ Метод оценки	Стимулы включения
Окружающая среда и здоровье	Влияние, оказываемое на глобальное потепление за жизненный цикл	Выбросы парниковых газов в течение жизненного цикла в соответствии ISO 14040	Главный вопрос в автомобильной промышленности – снижение интенсивности выбросов углерода.
	Влияние, оказываемое на качество воздуха за	Выбросы, связанные с летним смогом в течние	Потенциал компромиссов между

	жизненный цикл	жизненного цикла в соответствии с ISO 14040	CO_2 и др. выбросами.
	Использование экологически рациональных материалов	Использование переработанных и натуральных материалов во всех полимерах	Дефицит ресурсов
	Качество воздуха в салоне транспортного средства	Гипоаллергенный интерьер салона автомобиля	Управление рисками выделения токсичных веществ
	Внешний уровень шума	Измерение уровня шума в дицебеллах	Главная социальная забота
Общество	Безопасность	Защита пассажиров и пешеходов	Прямое воздействие
	Потенциал мобильности	количество мест и емкость багажного отделения по отношению к размерам автомобиля	Переполнение города
Экономика	Общая стоимость владения за жизненный цикл	Сумма стоимости автомобиля и 3 лет обслуживания за вычетом остаточной стоимости	Клиенто-ориентированность, Конкуренто-способность

Тем не менее, индекс, используемый компанией *Ford*, имеет существенный недостаток – чрезмерная упрощенность оценки, которая заключается в узком числе используемых показателей устойчивости. При этом, стоимость жизненного цикла оценивается исходя из стоимости автомобиля и трех лет сервисного обслуживания, а не общего жизненного цикла автомобиля. Для снятия вышеуказанных недостатков введем собственный индекс оценки экологического дизайна продукта с акцентом на формирование циркулярной экономики, который состоит показателей, оказывающих влияние на экологические, экономические и социальные эффекты для всего общества (Таблица 11).

Таблица 11

Показателия индекса оценки экологического дизайна продукта (автомобиля) [Составлено автором]

Группа	Показатель	Описание	Измерение
Экономические показатели	Первоначальная стоимость (P)	Цена продукта	Денежные единицы
	Расходы на эксплуатацию (P_e)	Стоимость ТО в течении 5 лет, налогообложение	Денежные единицы
	Экологический сбор при отказе от утилизации продукта (T)	Экологический сбор рассчитывается посредством умножения его ставки на массу готового товара или на количество единиц подлежащего утилизации	Денежные единицы

		готового товара.	
	Стоимость реманufактуринга (R_m)	Затраты на восстановление продукта за вычетом доходов от реализации восстановленных компонентов	Денежные единицы
	Стоимость переработки (R_c)	Затраты на переработку продукта за вычетом доходов от реализации переработанных компонентов	Денежные единицы
Экологические показатели	Доля полностью перерабатываемых компонентов (D_{Rc})	Компоненты продукта, которые могут быть переработаны разными способами во избежание захоронения	%
	Доля потенциально восстановимых компонентов (D_{Rm})	Компоненты продукта, которые могут быть восстановлены и использованы повторно	%
	Уровень потребления топлива (C_t)	Средний расход топлива в течении 5 лет	Литр
	Ущерб от выхлопов CO2 (C_c)	Экологический ущерб, наносимый выхлопами в течении 5 лет	Денежные единицы
Социальные показатели	Рабочие места для переработки продукта (J_{Rc})	Количество рабочих мест, которые требуются при переработке продукта и его компонентов	Количественные единицы
	Рабочие места для восстановления продукта (J_{Rm})	Количество рабочих мест, которые требуются для реманufактуринга компонентов	Количественные единицы
	Безопасность (S)	Уровень безопасности водителя и пассажиров	%

Для приведения всех показателей к единой процентной системе измерения все показатели, которые исчисляются в денежных и количественных единицах будем сравнивать с самым лучшим показателем аналога в отрасли путем деления лучших показателей на показатели исследуемого объекта.

$$P = \frac{P_b}{P} \times 100\%;\ P_e = \frac{P_{eb}}{P_e} \times 100\%;\ R_m = \frac{R_m}{R} \times 100\%;\ R_c = \frac{R_c}{R} \times 100\%;\ J_{Rc} = \frac{J}{J_{Rc}} \times 100\%;$$

$$J_{Rm} = \frac{J}{J_{Rm}} \times 100\%;\ C_t = \frac{C}{C_t} \times 100\%;\ C_c = \frac{C_{co2}}{C_c} \times 100\%;\ T = \frac{T_b}{T} \times 100\%$$

P_b – минимальная стоимость аналогичного продукта, ден.ед.

P_{eb} – минимальные расходы на эксплуатацию аналогичного продукта, ден.ед.

R - максимальное количество рабочих мест задействованных при утилизации исследуемого продукта, колич.ед.

J – минимальная стоимость утилизации продукта, ден. Ед.

C – минимальный расход топлива аналогичного аналога в течении 5 лет, литр

C_{co2} – минимальный экологический ущерб, наносимый выхлопами аналога в течении 5 лет, ден.ед.

T_b – минимальный экологический сбор при отказе от утилизации аналогичного продукта, ден.ед.

Таким образом, индекс оценки экологического дизайна продукта (*Product Eco-design Index, PEI*) будет выглядеть следующим образом (2):

$$PEI = \frac{P+P_e+T+R_m+R_c+D_{Rm}+C_t+C_c+J_{Rc}+J_{Rm}+S}{n} \quad (2)$$

Где, *n* – количество показателей оценки, ед.

Так, *PEI* может изменяться от 0 до 100%, чем ближе индекс приближается к 100%, тем выше эффективность продукта во время его использования и в конце его жизненного цикла с экономической, экологической и социальной точек зрения.

Успех экологического дизайна зависит от внешнего сотрудничества с партнерами в цепочке поставок (Lenvis и Gretsakis, 2001), например, экологически чистые материалы и компоненты являются важнейшими факторами успеха в производстве экологически чистых продуктов и тесное сотрудничество с поставщиками позволяет повышать требования к экологическим показателям поставляемых материалов. Следовательно, чем выше степень вовлеченности поставщика в реализацию экологического дизайна продукта, тем лучше экологические показатели проектируемого продукта, это касается как прямых поставок сырья, материалов и компонентов, так и реализации возможностей организации возвратной цепи поставок для восстановления и переработки в конце жизненного цикла продукта. Поэтому между поставщиками и фирмой-производителем важным является создание целой сети поставок, в которой материальные и информационные потоки обмениваются таким образом, что задействованы все участвующие фирмы на протяжении жизненного цикла продукта. Поэтому, кооперативные стратегии взаимодействия с поставщиком по реализации экологически чистых практик должны быть определены как основные задачи развития циркулярных цепей поставок, т.к. высокая степень вовлеченности поставщиков позволит внедрять более эффективных экологически чистые практики. Таким образом, необходимо встроить поставщика в свою циркулярную цепь поставок, для чего необходимо разработать систему экологических показателей для оценки и выбора поставщиков.

Процесс оценки поставщиков является важным элементом в формировании замкнутых цепей поставок и привлекает внимание, как в научной литературе, так и производственной практике. Решение о выборе поставщика является одним из важнейших вопросов для формирования конкурентных преимуществ [Wu T., Shunk D., Blackhurst J., Appalla R., 2007], т.к.

помогает разработать эффективную систему снабжения компании необходимыми материалами и компонентами в прямом потоке, а также организовать замкнутую цепь благодаря обратному потоку бывших в употреблении компонентов и материалов для переработки или восстановления. Оценка поставщиков помогает выявить не только экологические аспекты их деятельности, но снизить риски поставок, сократить время цикла заказа и запасов, тем самым увеличить конкурентные преимущества [Gordon S., 2006].

Существуют исследования, помогающие оценить эко-поставщиков, например, Буюкозкан С. [Buyukozkan C., 2012] в своем исследовании выделяет пять критериев оценки экологических показателей поставщиков, к которым относятся экологические технологии и контроль загрязнения, наличие системы экологического менеджмента, производство экологически чистой продукции, развитие экологического сотрудничества и экологических компетентностей. Однако, такая оценка не учитывает всевозможные издержки связанные, с формированием заказов у того или иного поставщика. Добош И. выделяет два набора критериев оценки поставщика (критерии управления и эко-критерии) Рис. 20.

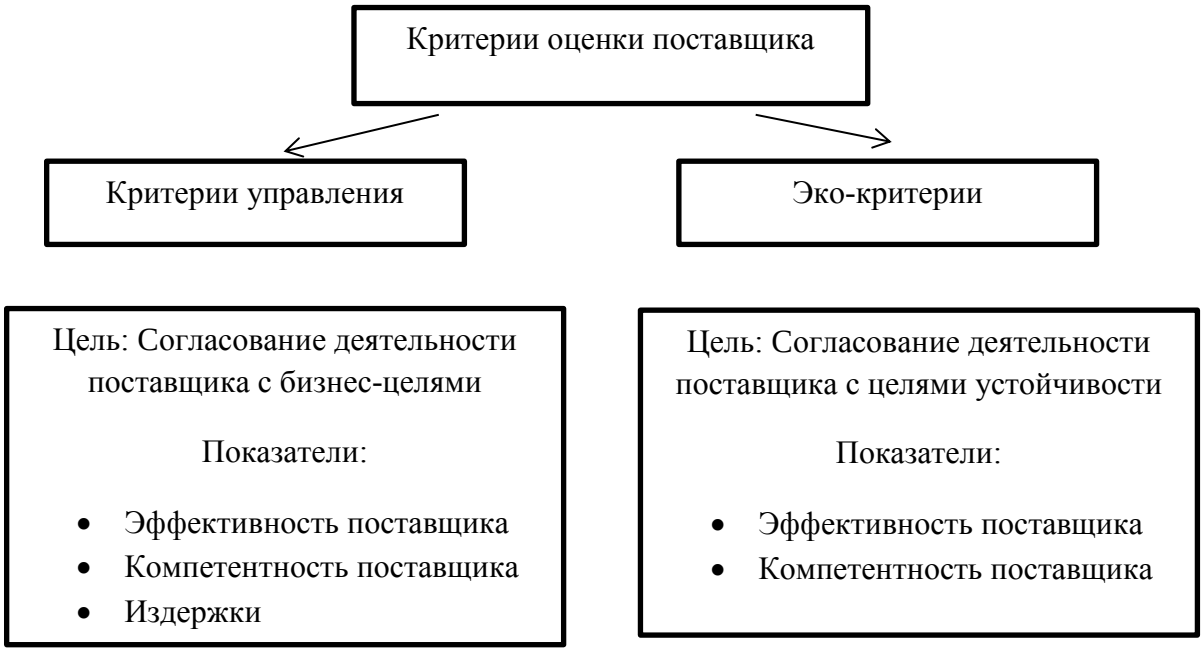


Рис. 20. Критерии оценки поставщиков [Dobos I., Vorosmarty G.,2018]

Другие ученые, например, Куо Р. [Kuo et al., 2010] для оценки поставщиков наряду с экологическими показателями включают и факторы стоимости и качества продукции. Тем не менее, не все критерии соответствуют модели циркулярной экономики и соответственно оценивают именно циркулярных поставщиков. Поэтому для оценки поставщиков, соответствующих модели циркулярной экономики, введем собственную методологию их

оценки, которая будет включать социальные, экономические и экологические показатели (Рис. 21, табл.12).

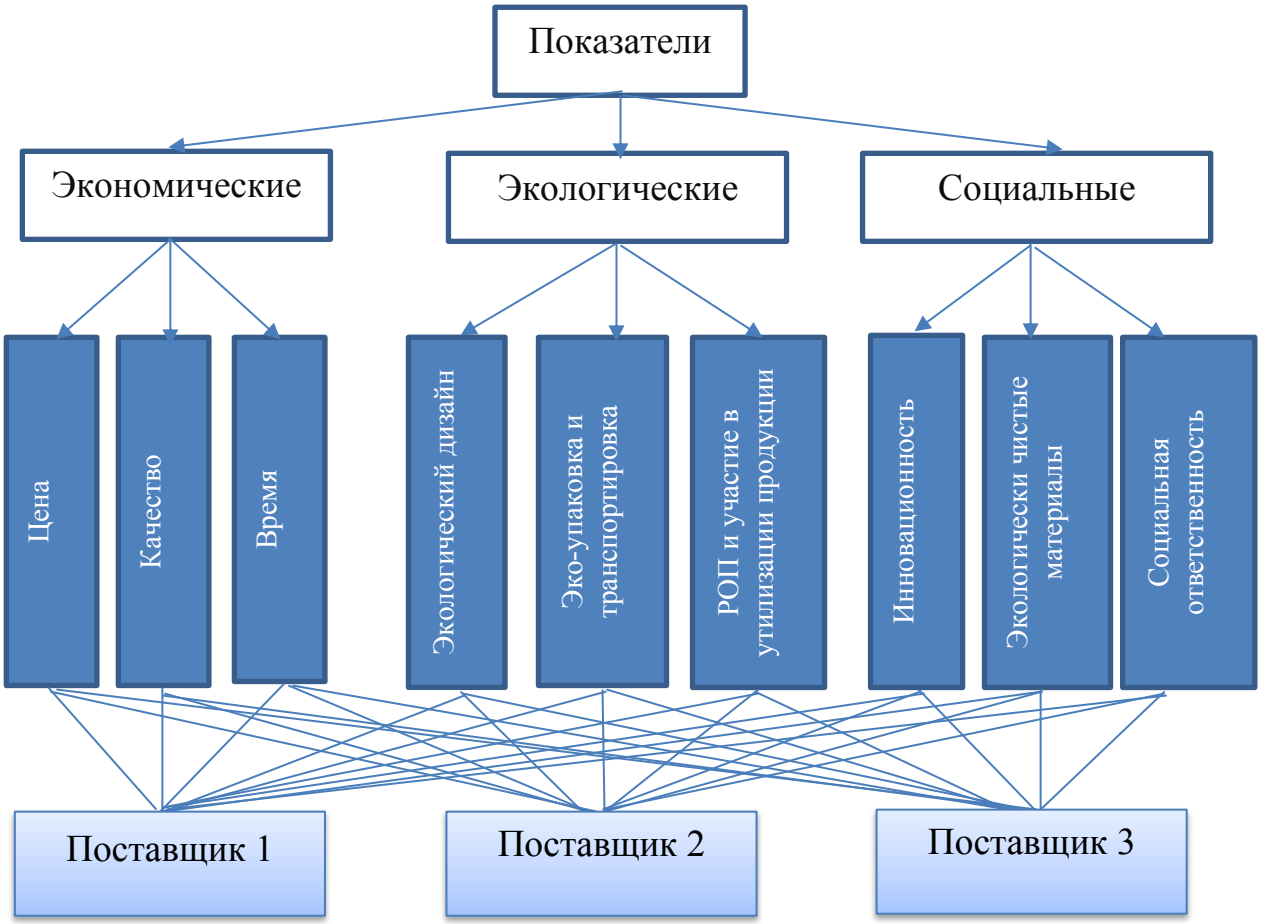


Рис. 21 Иерархическая структура показателей оценки циркулярных поставщиков [Составлено автором]

Таблица 12

Описание критериев выбора циркулярных поставщиков

Показатели	Критерии оценки	Описание
Экономические	Цена	Стоимость материалов и компонентов, закупаемых у поставщика, условия расчетов, возможность отсрочки платежа и т.п.
	Качество	Высокие потребительские свойства товара, нацеленные на долговечность и надежность использования.
	Время	Скорость и надежность поставки, возможность внеплановых поставок.
Экологические	Экологический дизайн	Возможность сотрудничества с поставщиками по экодизайну для проектирования компонентов и материалов для повторного использования, переработки и реманufактуринга.
	Эко-упаковка и транспортировка	Сотрудничество с поставщиком по зеленой логистике и транспортировке; Повторное использование упаковки или ее утилизация

	РОП и участие в утилизации продукции	Сертификация материалов и компонентов согласно ISO 1400, а также для восстановления, переработки или повторного использования ISO 1400; Участие поставщика в утилизации продукта в конце его жизненного цикла.
Социальные	Инновативность	Инновационные материалы и компоненты, отличающиеся высокой производительностью, эффективностью и простотой.
	Безопасность для жизни и здоровья	Отсутствие вредных для здоровья человека веществ в поставляемых материалах и компонентах.
	Внешняя социальная ответственность	Участие в программах по защите окружающей среды, гарантии и ответственность перед клиентами и потребителями по качеству выпускаемой продукции и т.п.

В основе оценки лежит балльно-рейтинговый метод, при котором оценка каждого поставщика производится по балльной шкале. Весомость каждого критерия определяется экспертным путем. Рейтинг поставщика рассчитывается как общая сумма произведений оценки поставщика по каждому критерию на весомость этого фактора. Сравнивая полученные значения рейтинга определяется наиболее лучший циркулярный поставщик.

Следующим шагом первого этапа жизненного цикла продукта является производственный процесс. Циркулярное производство сочетает в себе принципы бережливого производства (*Lean Manufacturing*), «зеленого» производства (*Green Manufacturing*), управления качеством (*Total Quality Management)* и корпоративной социальной ответственности (*Corporate social responsibility*) [Jawahir I., Badurdeen F., Rouch E., 2013].

Бережливое производство – это инструмент, который благодаря непрерывному улучшению стремится к устранению отходов в процессе производства, росту прибыли путем сокращения затрат, увеличения выпуска и сокращения отходов, а также времени доставки продукции клиенту [Matthias H., 2007]. Так, концепция бережливого производства, основанная на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь (перепроизводства, ожидания, транспортировки, лишних этапов обработки и запасов, дефектной продукции), предполагает вовлечение в процесс оптимизации бизнеса каждого сотрудника и максимальную ориентацию на потребителя.

Термин «зеленое» производство можно рассматривать с двух сторон: производство «зеленых» продуктов, в частности, используемых в системах возобновляемых источников энергии и оборудования для всех видов экологически чистых технологий; и «озеленение» производства – сокращение загрязнения и отходов путем сведения к минимуму использования природных ресурсов, рециркуляции и повторному использованию отходов. В соответствии с более широким пониманием целей зеленой и циркулярной экономики, в основу ее кладется методология *6R* (*reduce, recover, redesign, reuse, remanufacture, recycle*). Согласно методологии

6R, сокращение потока ресурсов достигается уже на первой стадии жизненного цикла продукта путем снижения при его проектировании и производстве расхода сырьевых и энергетических ресурсов, а также образующихся производственных отходов (*DRMU*). Замедление потоков ресурсов в цепи поставок осуществляется в конце жизненного цикла продукта (*PU*) посредством повторного использования, восстановления продукта в целом или его компонентов для уменьшения потребления ресурсов для изготовления продукции и ее отдельных частей в новых производственных циклах. «Закрытие» ресурсов в цепи поставок происходит за счет переработки не подлежащих повторному использованию и восстановлению продуктов и их отдельных частей в новые материалы, которые трактуются в линейном потоке как отходы. В итоге в рамках подхода *6R* создается замкнутая цепь поставок в качестве неотъемлемого элемента циркулярной экономики с используемым в течение длительного времени материальным потоком. Это одновременно способствует оптимизации использования энергетических и сырьевых ресурсов, минимизации отходов и выбросов загрязняющих веществ на протяжении всего жизненного цикла продукта.

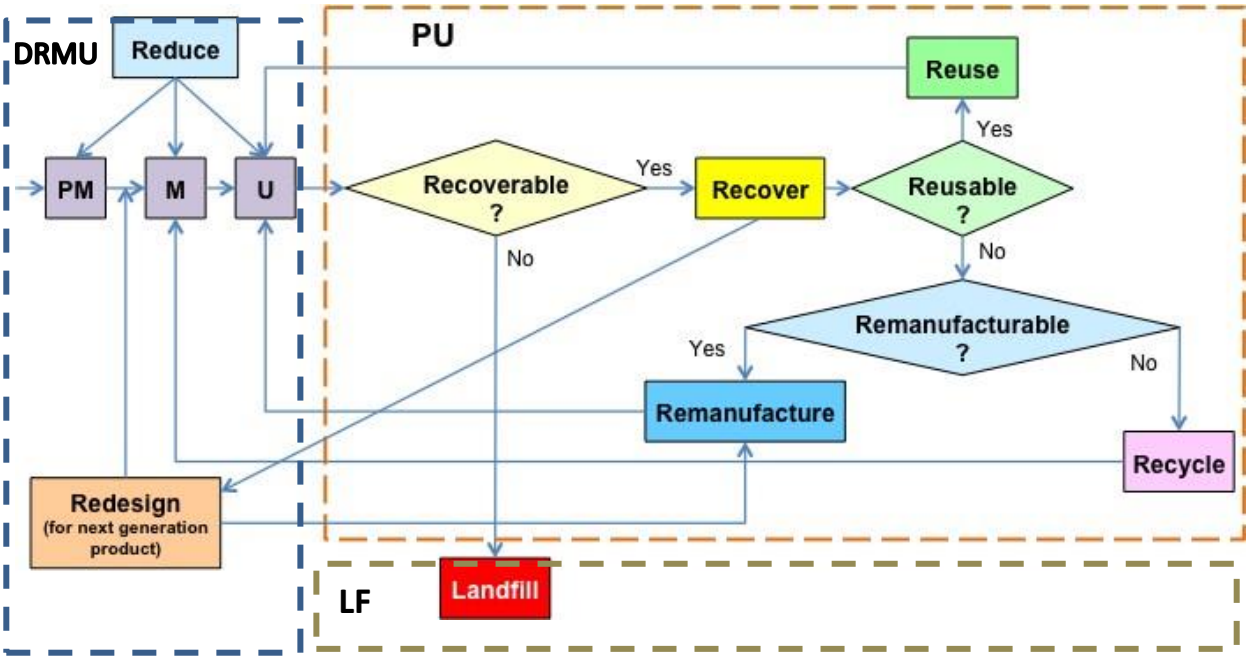


Рис. 22. Последовательность применения *6R* в течение всего жизненного цикла продукта [Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А., 2017]

Всеобщее управление качеством (*Total Quality Management, TQM*) – общеорганизационный метод непрерывного повышения качества всех организационных процессов.

Главная идея *TQM* состоит в том, что компания должна работать не только над качеством продукции, но и над качеством организации работы в компании, включая работу персонала.

Постоянное параллельное усовершенствование 3-х составляющих позволяет достичь более быстрого и эффективного развития бизнеса:

- качества продукции
- качества организации процессов
- уровня квалификации персонала

Качество определяется следующими категориями:

- степень реализации требований клиентов
- значения финансовых показателей компании
- уровень удовлетворенности служащих компании своей работой

TQM включает 2 механизма:

- *Quality Assurance (QA)* – обеспечение качества – поддерживает необходимый уровень качества и заключается в предоставлении компанией определенных гарантий, дающих клиенту уверенность в качестве данного товара или услуги.
- *Quality Improvements (QI)* – повышение качества – предполагает, что уровень качества необходимо не только поддерживать, но и повышать, соответственно поднимая и уровень гарантий.

Два механизма: контроль качества и повышение качества – позволяют постоянно совершенствовать, развивать бизнес, что позволяет создавать продукцию с высокими экологическими характеристиками и улучшать ее циркулярные свойства.

Корпоративная социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой компания учитывает интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на качество жизни отдельных социальных групп и общества в целом. Это добровольный вклад бизнеса в развитие общества в социальной, экономической и экологической сферах, связанный напрямую с основной деятельностью компании и выходящий за рамки определенного законом минимума.

Таким образом, объединив все подходы, которые сочетает в себе циркулярная экономика, можно сделать вывод о том, что производитель должен придерживаться принципов, которые непосредственно оказывают влияние на сотрудников, контрагентов и сам производственный процесс (Таблица 13).

Таблица 13

Основополагающие элементы циркулярного производства [Составлено автором]

Область действия	Основополагающие элементы	Описание
Производственный процесс	Экологический дизайн	Оптимизация производственного процесса с целью снижения воздействия на окружающую среду. Изменение конфигурации товара, используемых в нем материалов и частей для вторичного использования.
	Безотходные технологии	Сокращение отходов производства, снижение сточных вод и твердых бытовых отходов, путем улучшения процессов, таких как, подбор исходного сырья, выбор правильной смеси топлива, автоматизация и установление стратегий управления с помощью датчиков с циклами обратной связи в реальном времени, которые контролируют параметры процесса. Рециркуляция и преобразование загрязняющих веществ и отходов в продукты и энергию.
	Энерго-эффективные технологии	Снижение потребления энергии путем внедрения новых технологий. Обеспечение более чистых и возобновляемых источников энергии.
	Упаковка	Сокращение упаковочных материалов, сотрудничество с поставщиком в стандартизации упаковки, использование возвратных поддонов и повторное использование упаковки.
	Склад	Управление складским хозяйством, нацеленное на ресурсосбережение, сокращение запасов с учетом бережливого производства и поставки точно в срок (Just In Time).
	Система экологического менеджмента	Управление природоохранной деятельностью в организации. Применение стандартов ISO 14000. Сертификация и маркировка продукции и ее элементов.
	Экоаудит	Систематическая оценка деятельности организаций с целью выявления возможностей сокращения воздействия на окружающую среду, повышения производительности и снижения затрат.
	Транспортировка	Доставка непосредственно к потребителю, использование альтернативных топливных транспортных средств, перевозка продуктов крупными партиями для сокращения количества транспортировок.
	Маркетинг	Мероприятия, позиционирующие компанию как защитника окружающей среды, нацеленного на гармоничное развитие бизнеса и человека.
Сотрудники	Корпоративная культура	Стремление к лидерству в защите окружающей среды, ответственная экологическая политика, охрана труда и корпоративная социальная ответственность и отражение этих принципов в символике, мероприятиях и т.п.
	Безопасность	Защита здоровья и безопасности всех участников производственного процесса.
	Высокая производи-тельность труда	Сокращение лишних движений рабочих, отказ от лишних задач.

Контрагенты	Потребители	Выбор потребителем «зеленых» продуктов, сортировка отходов и возврат производителю продуктов, подлежащих вторичному использованию.
	Поставщики	Приобретение материалов или их частей только у партнеров, которые удовлетворяют стандартам охраны окружающей среды (ISO14000, OHSAS18000 или RoHS директивы) и контролируют опасные вещества при производстве поставляемой продукции.

Реализация принципов, представленных в таблице, на практике дает возможность развития производству и потреблению с замкнутым циклом, повышая одновременно экологическую и экономическую эффективность.

Таким образом, трансформация линейного жизненного цикла в замкнутый происходит с экологического дизайна продукта, который отличается от дизайна продукта, направленного на простое сокращение затрат или улучшение качества, во-первых, включением таких экологических факторов, как энерго- и ресурсоэффективность, а во-вторых, возможностью демонтажа, восстановления и переработки продукта. Следующим неотъемлемым шагом является выбор циркулярных поставщиков, к которым предъявляются требования связанные не только со стоимостью и качеством предоставляемых материалов и компонентов, но и с пригодностью к их полной переработке и восстановлению, а также участием поставщика в процессах утилизации. Сам производственный процесс с замкнутым циклом, базируясь на принципах концепций бережливого и зеленого производства, всеобщего управления качеством и расширенной корпоративной ответственности, оказывает влияние на сотрудников и взаимоотношения с контрагентами, этапы производства, менеджмент, маркетинг, логистику, аудит. В краткосрочном периоде переход к принципам циркулярного производства может привести к росту затрат и удорожанию продукции, но в долгосрочной перспективе повлечет за собой положительные экономические, социальные и экологические эффекты.

2.2 Формирование циркулярных моделей потребления

Модели потребления играют важную роль в переходе к циркулярной экономике. Без спроса со стороны клиента компании не смогут продавать решения циркулярных бизнес-моделей. Все модели потребления можно разделить на два блока: первичное и вторичное использование, в рамках которых формируются новые модели и модифицируются доминирующие линейные модели потребления (Рис. 23).

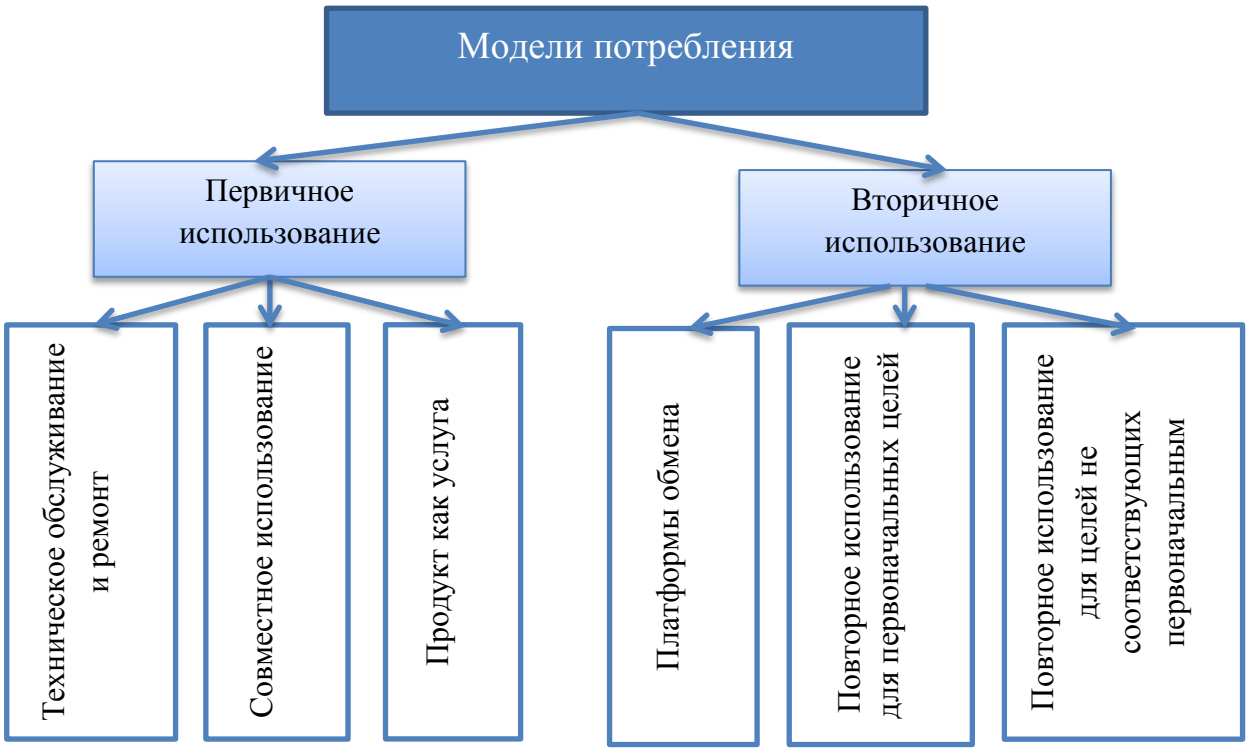


Рис. 23 Модели потребления циркулярной экономики [Составлено автором]

Две стандартные модели этапа потребления в циркулярной экономике: потребление и использование нового продукта, т.е. первичное использование, для продления срока службы которого, применяется техническое обслуживание и ремонт; и вторичное использование бывшего в употреблении продукта, дополняются новыми моделями: продукт как услуга, платформы совместного использования и обмена. При этом в циркулярной экономике потребитель стремится к длительному сроку первичного использования, и в отличие от стратегии запланированного устаревания продукта для поддержания спроса, производитель использует стратегию производства для длительного использования, замещая падение спроса на новые товары ростом спроса на техническое обслуживание и ремонт.

Стратегия производства продукта для длительного использования с учетом максимизации совокупного экологического, экономического и социального эффекта для общества имеет своей целью сокращение частоты замещения и повышение эффективности в потреблении ресурсов.

Однако с одной стороны, длительный срок службы продукта приводит к снижению воздействия на окружающую среду, т.к. не требует производства новых товаров и использования для этого дополнительных ресурсов. Но с другой стороны, если для использования продукта необходимы такие ресурсы, как энергия, вода или топливо, необходимо оптимизировать его срок службы с учетом разработки новых технологий ресурсо- и энергоэффективности в процессе эксплуатации.

Например, автоматическая шариковая ручка на стадии использования потребляется мало энергии, поэтому продление срока службы продукта является экологически безопасным, так как оно позволяет избежать потребления дополнительных ресурсов в процессе производства с одной стороны, и генерацию отходов с другой. И наоборот, если автомобиль рассчитан на 50 лет полезного использования, а тенденции энергоэффективности показывают, что потребление энергии для стандартного автомобиля будет на 50% ниже за 10 лет, а также уровень выхлопов снижен на 20%, то продление срока службы такого автомобиля теряет смысл. Поэтому необходимо оценить и оптимизировать общее воздействие на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла продукта, а также сконструировать продукт для возможностей реманufактуринга и повторного использования его отдельных узлов и деталей, что принесет ряд выгод на стадии использования продукта:

- Снижение общей стоимости владения для клиента;
- Сокращение общего воздействия на окружающую среду за счет снижения потребления ресурсов и выбросов;
- Возможность предложения дополнительных услуг, таких как обслуживание, модернизация и дополнительные модули.

Продукт должен обладать следующими характеристиками: надежность, доступность, ремонтопригодность, высокое качество, безопасность, энерго- и ресурсоэффективность. Для производителя продление срока службы продукта несет как новые возможности, так и угрозы (Таблица 14).

Таблица 14

Возможности и угрозы продления срока полезного использования продукта

Области действия	Угрозы	Возможности
Более длительный срок службы и объем продаж новой продукции	Сокращение объема продаж новых продуктов	Повышение ценности продукта для потребителя, возможность предложить дополнительные услуги, обслуживание, модернизацию, продажу дополнительных модулей
Определение срока службы на стадии	Потребитель может прекратить использование продукта из-за	Модульный дизайн продукта позволит обновлять необходимые

использования потребителем при условии работоспособности продукта	моды или морального устаревания	элементы с учетом инноваций и стимулировать клиента к более длительной работе с продуктом
Инвестиции необходимые для продления срока службы продукта	Высокие первоначальные инвестиции для проектирования, разработки, тестирования, производства и послепродажного обслуживания продукта	Длительные сроки эксплуатации продукта могут стать конкурентным преимущество и привлечь новых клиентов

При дизайне, нацеленном на длительный срок службы, снижение продаж новых продуктов компенсируется за счет предоставления услуг технического обслуживания и ремонта. Техническое обслуживание и ремонт – это важнейшая деятельность, выполняемая на этапе использования жизненного цикла продукта, чтобы продлить его функционирование на нужном уровне производительности. Предложения по техническому обслуживанию могут включать: ремонт, диагностику, техническую поддержку, предоставление аналогичного продукта во время ремонта изделия, очистку, замену неработающих частей. Исследования Баумгартнера [Baumgartner, 1999] подтверждают, что в течение жизненного цикла продукта послепродажное обслуживание и запасные части могут генерировать тройной объем первоначальной стоимости нового изделия, поэтому еще в 1992 году Армстрайд и Клэрк [Armistead, Clarke; 1992] признали, что техническое обслуживание служит источником конкурентных преимуществ и новых возможностей для бизнеса. Как в случае с продлением срока службы продукта, техническое обслуживание и ремонт кроют в себе ряд возможностей и угроз для компании (таблица 15).

Таблица 15

Возможности и угрозы предоставления услуг технического обслуживания и ремонта

Области действия	Угрозы	Возможности
Удовлетворенность клиентов	Ожидания клиентов относительно технического обслуживания могут быть не оправданы из-за невозможности отремонтировать продукт	Высокое качество предоставления услуг и альтернативные стратегии замены неработоспособных продуктов повысят лояльность клиентов
Конкуренция	Конкуренция неофициальных услуг-заменителей может уменьшить объем клиентов	Хорошая репутация обеспечит лояльность клиентов путем предоставления качественных услуг. Современные технологии могут придать уникальные характеристики продукту, обслуживание которых сможет проводить только официальный сервис

Качество ремонта	Плохое качество ремонта может привести к поломке продукта и привести к снижению лояльности клиентов	Повышение качества ремонта путем разработки специальных руководств изготовителем, обучения персонала и т.п.
Скорость ремонта	Медленное выполнение технического обслуживания может привести к снижению количества обращений за ремонтными услугами	Разработка целесообразной стратегии предоставления ремонтных услуг, технологий диагностики проблем, дизайна продукции смогут сократить, время технического обслуживания.
Организация процесса технического обслуживания	Дополнительные инвестиции для внедрения и улучшения операция по техническому обслуживанию	Предоставление услуг технического обслуживания повысит лояльность клиентов. Возможность передать обслуживание на аутсорсинг.
Отходы технического обслуживания и ремонта	Могут быть созданы потоки отходов, которые потребуют дополнительные затраты для утилизации	Отходы могут быть повторно использованы и принести дополнительные финансовые выгоды

Помимо стандартной покупки продуктов в собственность и способов продления срока полезного использования продукции в циркулярной экономике развиваются новые бизнес-модели, например, платформы совместного использования, которые создаются для использования продуктов и активов разными людьми или организациями, имеющих низкую долю владения. Примеры платформ совместного использования имеются в большом количестве отраслей, в том числе в использовании автомобилей (*Lyft, RelayRides, BlaBlaCar*). Развитие совместного использования ведет к значительному сокращению производства, потребления и образования отходов.

Согласно исследованию Мириам Э., Фабиен Д., Манон А. экономика совместного потребления стала активно развиваться в результате глубоких технологических, экономических и социальных изменений:

- Технологические изменения: широкое распространение технологий четвертой промышленной революции и развитие глобальной сети Интернет трансформировали отношения потребителей к формам владения продукцией, способам ее покупки и использования.
- Экономические изменения: цифровизация экономики, совершение транзакций виртуально, широкое распространение электронной коммерции с одной стороны, и экономические кризисы, снижение уровня занятости, а также покупательной способности – с другой стороны, изменили отношение к форме собственности продукцией и способам ее эксплуатации.

- Социальные: потребление как центральный проект в жизни человека и расширение возможностей удовлетворения потребностей с наименьшими затратами привели к значительному росту совместного потребления.

На сегодняшний день определено три системы циркуляции ресурсов и продуктов в рамках совместного использования: рынки обслуживания продукции, перераспределения и совместный образ жизни [Botsman, Rogers, 2010].

1. Системы обслуживания продуктов относятся к коммерческим системам взаимного доступа, и позволяют потребителям осуществлять монетизацию обмена через базу для временного доступа к товарам. Товары, находящиеся в частной собственности, могут делиться или сдаваться в аренду через специальные торговые площадки.

2. Рынки перераспределения – это система совместного потребления, основанная на использовании товаров бывших в употреблении и передаче их от тех, кому продукты уже больше не нужны. На некоторых торговых площадках товары могут быть бесплатными. В других случаях товары продаются, например, на eBay, Craigslist и др.

3. Совместный образ жизни – система, основанная на потреблении и использовании продуктов людьми с одинаковыми потребностями, которые объединяются вместе для обмена материальными и нематериальными активами. Например, потребители совместно принимают решение о покупке продукта с учетом не только его цены, но и стоимости эксплуатации. Например, для помощи покупателям в расчете общей стоимости владения, Министерство окружающей среды и продовольствия Дании разработало ряд практических инструментов и инструктивных материалов, которые могут быть использованы при закупке различных продуктов, что приведет к созданию более ресурсоэффективных продуктов и экономии денежных средств в долгосрочной перспективе.

Исследования показывают, что экономика совместного использования обладает потенциалом в области положительных экологических и экономических эффектов. Поэтому компании должны управлять этой новой моделью потребления, чтобы адаптировать текущие и будущие бизнес-модели для обеспечения новых источников доходов. Выделяются следующие способы управления совместным потреблением компаниями [Matzler et al., 2015]: продажа продуктов как услуг, прием продукции от потребителя в конце их использования, предоставление услуг по ремонту и техническому обслуживанию, создание новых рынков для совместного потребления.

С платформами совместного использования тесно взаимосвязана и обладает потенциалом для развития имеет бизнес-модель продукта как услуги. В данной бизнес-модели клиенты используют продукты через аренду или оплату за использование, а не через стандартную покупку в собственность. Эта модель привлекательна для компаний, которые имеют высокие

эксплуатационные затраты и возможность управлять обслуживанием продукта, а также возвращать остаточную стоимость в конце жизненного цикла продукции используя повторно в производстве отдельные элементы и детали продукта. Однако для развития такой бизнес-модели в жизненный цикл продукта уже должны быть выстроены замкнутые цепочки поставок и технологии, позволяющие восстанавливать продукцию в конце ее использования. В продуктах как услугах поставщики товаров охватывают идею самих себя как поставщиков услуг. В некоторых случаях это приводит не только к эффективному хеджированию от волатильности затрат, но и к более тесным взаимоотношениям с клиентами и росту продаж. Так, клиент может арендовать автомобиль на 3 года и обменять его на более энергоэффективную модель. С учетом того, что компания занимается сбором и реманufактурингом старых авто, такая бизнес-модель приводит к созданию замкнутых цепей поставок, а также создает более глубокие взаимоотношения с клиентами. В целом, данная бизнес-модель позволяют компании сохранить собственность на продукт (и, следовательно, также ресурс), и сохранить продукт в цикле для повторного использования, повторного изготовления и продления срока его службы.

Однако совместное использование и взаимосвязанная с ним бизнес-модель «продукт как услуга» обладают как положительными, так и отрицательными последствиями, которые представлены в таблице 16.

Таблица 16

Возможности и угрозы моделей совместного использования и «продукт как услуга»

Области действия	Угрозы	Возможности
Удовлетворенность клиентов	Отсутствие договорных обязательств может снизить удовлетворенность клиентов при совместном использовании	Предоставление людям доступа к товарам, которые не имеют возможности для их покупки или не заинтересованы в долгосрочном использовании. Сокращение потребительских расходов за счет аренды и заимствования
Конкуренция	Конкуренция неофициальных услуг-заменителей может уменьшить объем клиентов у традиционных компаний, что приведет к их банкротству	Резкое увеличение продаж компаний по совместному использованию и продуктов как услуга, прекращение существующих расходов на ведение бизнеса – страхования сотрудников, налогов, что ведет к снижению цены предоставляемых услуг
Качество предоставляемых услуг	Отсутствие стандартов при совместном использовании может снизить качество предоставляемых услуг	Повышение качества обслуживания через рейтинговые системы, предоставляемые компаниями, участвующими в экономике совместного использования

Сотрудники в совместном использовании	Компания не несет ответственности за социальное обеспечение контрактных сотрудников, которые не имеют права создавать профсоюзы и могут быть уволены без предупреждения. Сокращение рабочих мест в ряде отраслей.	Повышение гибкости рабочего времени и заработной платы для независимых подрядчиков экономики совместного использования. Снижение затрат для компаний на рабочую силу.
Организация процесса потребления	Развитие совместного использования не гарантирует создание замкнутых цепей поставок и трансформации линейных моделей потребления в циркулярные	Развитие платформ совместного потребление, электронной коммерции и Интернет-торговли и предпринимательства

Несмотря на то, что не все совместные экономические продукты и услуги обязательно связаны с принципами циркулярной экономики, экономика совместного использования изменила поведение потребителей и, как ожидается, будет иметь еще большее влияние в будущем.

При переходе к циркулярной экономике важную роль играет вторичное использование продукции при прекращении ее эксплуатации одним потребителем и сохранении потребительских свойств для целей соответствующих первоначальным или иным. Повторное использование продлевает срок службы продукта с помощью продолжения использования подержанного продукта другим клиентом, таким образом, общее количество продуктов для первоначальной цели уменьшается, что ведет к уменьшению потребления ресурсов для изготовления продукции.

Повторное использование следует отличать от рециркуляции, при которой товар перерабатывается в сырье для создания новых продуктов. Поскольку эта дополнительная обработка требует больше затрат энергии, сырья и труда для создания аналогичного продукта повторное использование является предпочтительней для окружающей среды, чем рециркуляция, хотя переработка действительно играет значительную роль, поскольку она может использовать продукты, которые сломаны, изношены или иным образом непригодны для повторного использования. При этом не во всех случаях повторное использование приоритетнее переработке, например, транспортные средства с длительным сроком эксплуатации менее энергоэффективны и наносят больший вред окружающей среде из-за выхлопов, чем современные аналоги. Поэтому особое значение имеет анализ жизненного цикла продукта на этапе проектирования для выбора повторного использования или операций переработки.

Повторно используемые продукты могут быть полными продуктами или их отдельными компонентами, которые демонтируются, а затем продаются. Автодилеры, например, предлагают поступившие к ним автомобили на специализированных веб-сайтах, таких как *Ebay*. Платформы обмена в социальных сетях быстро преобразуют бизнес-модели и создают возможности для совместного потребления, например, поиск попутчиков для поездок в одном направлении и т.п.

Благодаря развитию технологий четвертой промышленной революции и цифровой экономики активное развития получают платформы обмена, которые облегчают транзакцию и перераспределение нежелательных, но пригодных для использования материалов и оборудования от одного субъекта к другому. Так, существуют центры повторного использования, которые берут в собственность на возмездной и безвозмездной основе продукты бывшие в употреблении для дальнейшего перераспределения или продажи. Обычно такие центры имеют свои склады, грузовой транспорт и службу доставки. Альтернативой центрам обмена являются платформы виртуального обмена. Виртуальные обмены не имеют физического пространства, складов, грузового автотранспорта и проч., но вместо этого позволяют пользователям публиковать объявления о продуктах бывших в употреблении (бесплатно или по низкой цене) на специализированных веб-сайтах. Сотрудники виртуальных платформ обмена оказывают помощь в перераспределении продукции от одного пользователя к другому, никогда не приобретая эти продукты в собственность.

В дополнение к перепродаже предлагаются дополнительные услуги: тестирование и сертификация, повторная гарантия, очистка и ремонт. Повторное использование приносит ряд выгод:

- Сокращение использования дополнительных материалов для новых продуктов;
- Рост прибыли за счет снижения затрат на материалы и энергию;
- Снижения негативного воздействия на окружающую среду за счет сокращения отходов;
- Уменьшение зависимости от новых компонентов.

Перепродажа продукта может быть относительно простой для прямого повторного использования. Поскольку продукт физически находится у владельца и последний хочет получить от него деньги, он стимулирует передачу продукта следующему владельцу, будь то другому клиенту, дистрибьютору или третьему поставщику. Типы взаимоотношений при перепродаже:

- Клиент-клиент;
- Клиент-дистрибьютор/производитель;
- Клиент-третья сторона.

Таблица 17

Возможности и угрозы вторичного рынка

Области действия	Угрозы	Возможности
Конкурентное ценообразование	Цена должна быть достаточно низки для стимулирования продаж, что может сократить прибыль	Низкие цены приводят к росту продаж и росту обслуживания и ремонта в будущем, а также к продаже новых продуктов
Объем продаж	Низкий спрос может привести к большим запасам и расходам, связанным с их хранением	Хорошая реклама, репутация и конкурентоспособные цены повышают спрос
Объем возврата	Малое количество возврата может вызвать дефицит в продукции для перепродажи и оказания сервисных услуг	Создание стратегий по стимулированию возврата обеспечат возвратные потоки продукции
Прозрачность цен	Отсутствие прозрачности цен может вызвать недоверие клиентов	Сохранение прозрачности цен через специальные инструменты, такие как стандартизация и калькуляторы цен.
Конкуренция	Потенциально высокая конкуренция на вторичном рынке между клиентами, дистрибьюторами и т.п.	Развитие стратегии продаж в том числе через Интернет-платформы

Таким образом, трансформация линейной экономики в циркулярную форму, оказывая воздействия на все аспекты хозяйственной деятельности, преобразует и традиционные модели потребления и создает новые. Модели потребления циркулярной экономики приносят пользу, как гражданам, так и государственному сектору и частным компаниям, предоставляя ресурсоэффективные решения. Тем не менее, их развитие сопряжено с угрозами, среди которых выделяются банкротство компаний и сокращение рабочих мест в ряде секторов экономики, усиление конкуренции и неопределенность в качестве предоставляемых товаров и услуг, однако при формировании надлежащей институциональной среды негативные последствия могут быть минимизированы, и перекрыты положительными экологическими и социально-экономическими эффектами.

2.3 Модель принятия решений относительно способа утилизации продукции в конце ее использования с учетом экологических и экономических факторов

При формировании замкнутого жизненного цикла в конце использования продукт проходит такие этапы, как непосредственный возврат производителю или другой ответственной за утилизацию стороне, демонтаж и проверку качества, принятие решения о способе утилизации и сам процесс утилизации (Рис. 24). Рассмотрим подробнее каждый этап.

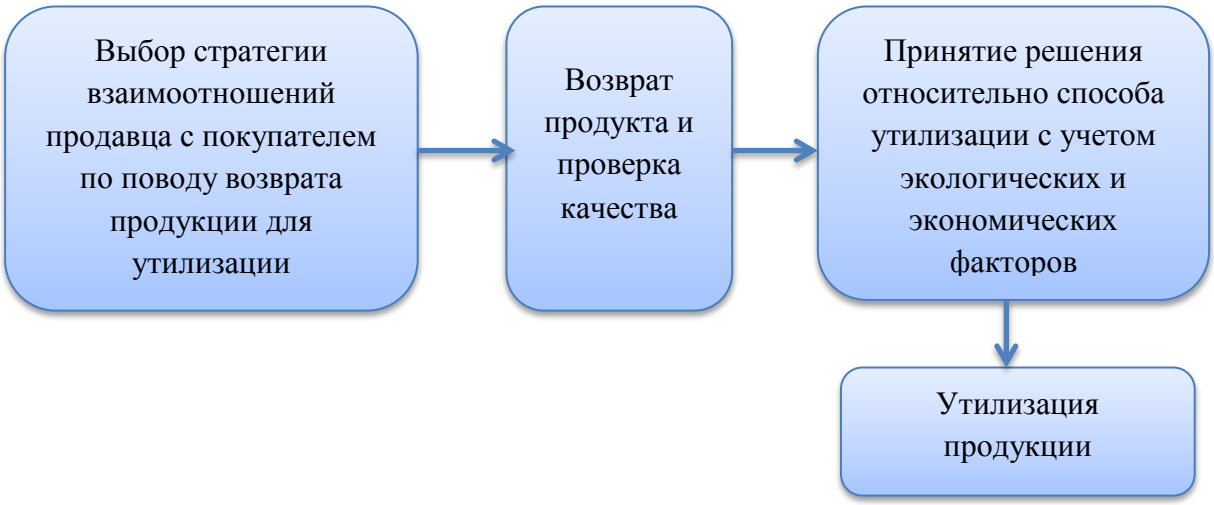


Рис. 24. Этапы конца использования продукта и принятие решения о способе утилизации [Составлено автором]

Для формирования замкнутых цепей поставок необходимо выстраивать взаимоотношения с клиентами с целью эффективного возврата бывшей в употреблении продукции для ее восстановления и переработки [Guide D., Wassenhove L., 2001]. Сегодня существует много различных типов взаимоотношений клиентов и компаниями-восстановителями ядер, под последними понимается компания, которая занимается ремануфактурингом продукции, а ядром принято называть часть продукта, поступившую на восстановление. При этом в качестве компании-восстановителя может выступать непосредственно сам производитель продукции и осуществлять процесс восстановления с помощью собственных ресурсов; также может привлекаться субподрядная компания с целью получения доступа к дополнительным производственным мощностям или для получения доступа к определенным технологиям и компетенциям; либо восстановление может осуществлять независимая компания-восстановитель, которая не связана с производителем, и выступает в качестве его прямого конкурента. Некоторые типы отношений подразумевают сильную связь между клиентом и восстановителем ядра, другие – более слабую (Рис. 25). Для выбора той или иной стратегии взаимоотношений с целью формирования циркулярной экономики в отраслях российской

промышленности, в частности в автомобилестроении, проанализируем и выберем наиболее подходящий тип взаимоотношений, с учетом преимуществ и недостатков и возможностью комбинации разных стратегий взаимоотношений.

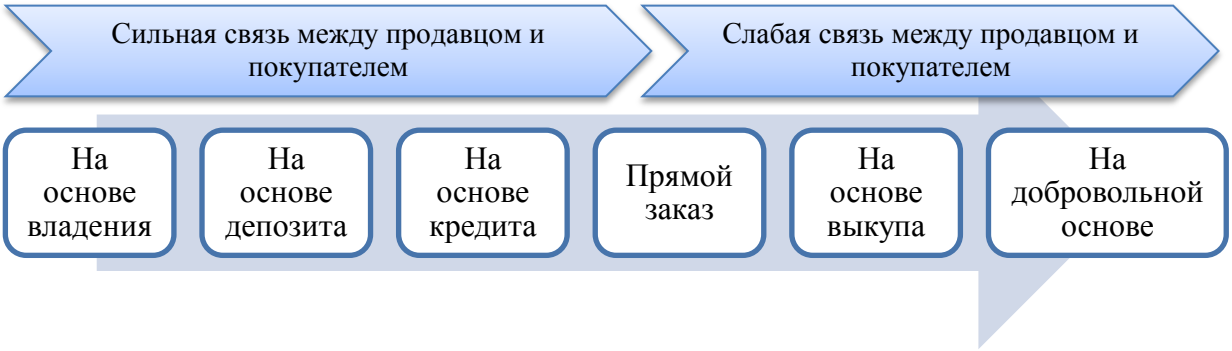


Рис. 25 Стратегии взаимоотношений продавца и покупателя по поводу возврата продукции в конце ее использования [Составлено автором]

Стратегия отношений «*на основе владения*» характеризуется сохранением собственности за производителем-продавцом, который предоставляет клиенту продукт во временное пользование и поддерживает его функционирование, после окончания использования продукт возвращается назад к производителю-продавцу, который проводит операции по восстановлению продукта. Такие отношения закрепляются на основе договоров лизинга, аренды и т.п., и образуют циркулярные бизнес-модели, именующиеся «*продукт как услуга*». Как правило, такой тип взаимоотношений между клиентом и продавцом характеризуется высоким уровням взаимодействия в связи с большим объемом послепродажного обслуживания, поэтому вопросы доверия, сотрудничества и долгосрочных обязательств выходят на первый план.

Такой тип отношений приносит клиентам ряд преимуществ, к которым относятся ответственность продавца за техническое обслуживание и ремонт товара во время фазы использования, отсутствие необходимости в покупке дорогостоящей продукции, гибкость при изменении потребности в определенных функциях и характеристиках продукта. В связи с тем, что физически продукт находится у заказчика в течение определенного периода, и чем дольше этот период будет длиться, тем большую прибыль получит продавец. Поэтому в случае изменения потребностей у клиента в определенных функциях продукт может быть модернизирован и перестроен с учетом того, что модификация продукции позволяет ее изменение, дополнение и т.п.

Тесные отношения между клиентом и продавцом облегчают контроль за состоянием продукта во время его эксплуатации, а также помогают эффективно скоординировать возврат

продукции, получить информации необходимую для будущего обслуживания, ремонта и восстановления. Помимо этих преимуществ, продавец может эффективно контролировать запасы продукции, что отражается в экономии затрат на хранение, устаревание товаров и стоимости оборотных активов, связанных в запасах с одной стороны, и удовлетворении спроса клиентов - с другой. Оптимизация размера запаса является весьма сложной задачей, т.к. необходимо учитывать большое количество переменных, а тесная взаимосвязь между клиентами и продавцом снижают неопределенность и риски, например, невозврата продукции или задержки возврата, а также сокращает неопределённость спроса на продукцию. Оптимальный размер запасов оказывает значительное влияние на потенциал восстановления, а также обеспечивает хеджирование неожиданных пиков спроса.

Установив тесные отношения с клиентом, продавец-производитель получает информацию и подробные сведение на протяжении всего жизненного цикла товара о его состоянии, помимо улучшения планирования запасов и продаж, стратегия отношений «*на основе владения*» позволяет следить за потребностями своих клиентов и своевременно реагировать на их требования, эффективно возвращать и восстанавливать продукцию. При этом операции восстановления и переработки продукции становятся неотъемлемой частью бизнеса, что в свою очередь дает основу для развития циркулярной экономики. Сегодня тип отношений «*на основе владения*» больше всего развит в сегменте дорогостоящей техники, грузового транспорта, погрузчиков и т.п., это связано с выгодой получения необходимых функций продукта на определенном промежутке времени. При этом большой потенциал имеют инновационные быстроизменяющиеся сегменты, например, рынок мобильных телефонов, стремление к постоянному обновлению которых со стороны покупателей и возможность демонтажа и повторного использования элементов производителями с другой создают возможность для развития циркулярной бизнес-модели «*продукт как услуга*».

Стратегия отношений «*Прямой заказ*» предполагает возврат продукта для восстановления и получение клиентом такого же работоспособного товара обратно при условии, что продукция подлежит восстановлению. Как правило, у клиента есть проблема в определении технической возможность восстановления продукта, а также неопределенность цены восстановления, которая зависит от качества возвращаемого ядра, количества нового материала и труда для восстановления, что является сложно определимым до начала операций по восстановлению, применение фиксированных цен восстановления сопряжены с рисками для производителя. В этом типе отношений, как правило, производителю не нужно иметь запасы ядер, т.к. их предоставляют непосредственно клиенты, что сокращает издержки на обслуживание запасов, также эта система сокращает и запасы готовой продукции, т.к. конкретный продукт восстанавливают для конкретного клиента.

Однако, этот тип отношений кроет в себе ряд недостатков, к примеру, если восстановление ядра является единственной альтернативой при отсутствии запасных частей, то в этом случае продукт не будет пригоден к работе в течении восстановления без его замены, что является нежелательным особенно если издержки, связанные с простоем, выше потенциальных доходов от восстановления. Такой тип отношений может использоваться только для клиентов, на чьи потребности не оказывает существенное влияние время восстановления продукта, в противном случае необходимо выбирать другие стратегии взаимоотношений.

Стратегия отношений на основе «*Депозита*» является характерной для автомобильной промышленности и подразумевает покупку восстановленного продукта с возвратом бывшего в употреблении аналога. Стратегически важным является получение клиентом восстановленного продукта и в то же время возврат бывшего в употреблении и подлежащего восстановлению ядра. Компания-восстановитель осуществляет поставку розничному продавцу, который оплачивает цену восстановленного изделия и залог за него. При продаже продукции клиенту розничный продавец забирает бывшее в употреблении ядро и отправляет компании-восстановителю, после чего последний возвращает залог. Важным элементом такой стратегии отношений является предоставление гарантии на восстановленную продукции и ее замена в случае поломки для поддержания лояльности потенциально неудовлетворенных клиентов.

Размер залога не должен быть слишком низким, т.к. ядро может быть перепродано тому, кто предложит цену выше залога, либо попросту выброшено. Если залог высокий, с тем большей вероятности ядро будет возвращено восстановителю, однако розничный продавец свяжет большой оборотный капитал в этом залоге, что может оказаться для него слишком не выгодным и сделка не состоится, поэтому определение уровня залога играет важную роль.

Подход на основе «*Депозита*» создает беспроигрышную ситуацию для клиента и компании-восстановителя, т.к. клиент получает по низкой стоимости продукцию, возвращая малоценный для него бывший в употреблении продукт, в то время как восстановитель получает запас ядер. Однако, такая система дает сбои, когда розничные торговцы не требуют возврата ядер, или из-за значительно ущерба ядро не может быть восстановлено, в результате компания-восстановитель должна использовать другие стратегии сбора бывшей в употреблении и подлежащей восстановлению продукции, т.к. из-за отсутствия ядер возникает необходимость в производстве новой продукции и деталей.

Стратегия отношений на основе «*Кредита*» аналогична отношениям на основе «*Депозита*», однако носит более сложный характер. Вместо депозита, клиенты получают кредиты за возврат ядер, количество полученных кредитов зависит не от количества возвращаемых ядер, а от их качества. Кредит в свою очередь дает скидку на приобретение восстановленного продукта. Кредитная система позволяет клиентам вернуть любое количество

ядер, в отличие от депозитной системы, к тому же в депозитной системе не обращается внимание на качество ядра.

Кредиты выдаются в зависимости от двух факторов: качество ядра; востребованность ядра. Более качественные и востребованные ядра дают более высокие кредитные; наоборот низкий кредит выдаётся за ядра, потребность в которых низкая. Таким образом, компания-восстановитель может в какой-то степени контролировать баланс между спросом и предложением ядер и восстановленной продукцией. Кредитная система также может использоваться для оценки качества ядер в зависимости от суммы выданных кредитов, предоставленных за возврат ядер.

Этот тип отношений обеспечивает заказчику высокую степень гибкости по возврату ядер, но контроль и предсказуемость осложняется в сравнении с системой на основе депозитов. При этом клиенты могу возвращать большое количество невостребованных ядер с низким качеством для получения большого количества кредитов и покупки высококачественного дорого продукта, что приводит к потерям восстановителя. Поэтому для более ответственного поведения клиента необходимо развитие долгосрочных отношений и сотрудничества между клиентом и компанией-восстановителем, а также разработка системы предоставления кредитов для конкретных дорогостоящих ядер.

Стратегия отношения на основе «*Выкупа*» во многих случаях является последним решением, если нет других альтернатив, и здесь компания-восстановитель покупает ядра у брокеров/дилеров, которые специализируется на продаже ядер, металлолома или бывшей в употреблении продукции. Такие брокеры/дилеры специализируются на продаже ядер, которые они приобретают через свои каналы, и поддержка отношений с поставщиками является стратегически важным вопросом. Некоторые поставщики металлолома имеют свои сложные базы данных и системы онлайн-заказов, а также собственные системы для демонтажа продукции. Как правило, стратегия отношений на основе «Выкупа» используется как дополнение к другим стратегиям. Например, автопроизводители могут выкупать поврежденные каким-либо образом автомобили у страховых компаний, автовладельцев, розничных продавцов для демонтажа, восстановления и повторного использования деталей. Такие отношения выгодны для производителя-восстановителя, т.к. он может предъявлять свои требования к ядрам, а также для клиента, который получает деньги за малоценный для него или не пригодный для использования продукт.

Система отношений на «*добровольной основе*», когда поставщик, розничный торговец или клиент возвращает в конце жизненного цикла товар производителю-восстановителю. Такая система распространена в переработке различных материалов, например, газеты, а также используется в замкнутых цепях поставок с акцентом на восстановление. Такая система

отношений основывается на идее, что клиент добровольно возвращает продукцию в конце жизненного цикла. Однако отношения могут строиться и на изначально принудительной основе, например, из-за развития экологического законодательства, которое обязывает производителя нести ответственно за продукт в конце его жизненного цикла. Экологические преимущества, а не финансовые стимулы, выступают в качестве стимула для развития такого рода отношений, и если это возможно, то интеграция с клиентом должна быть очень высока, во-первых, для того, чтобы ценные ядра не попадали к конкурентам-восстановителям, во-вторых, для большого запаса ядер, которые, однако требуют осмотра и переработки в случае устаревания или непригодности к восстановлению.

Рассмотренные стратегии отношений не используются в чистом виде, а дополняют друг друга, но с преобладание того или иного типа отношений (Таблица 18) в зависимости от применяемой бизнес-модели и отрасли. В России их распространению должна способствовать реализация Федерального закона № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления»…», согласно которому расширена ответственность производителя за продукты в конце их жизненного цикла благодаря введению нормативов утилизации.

Таблица 18

Соотношение стратегий отношений по возврату продукта и циркулярных бизнес-моделей

[Составлено автором]

Стратегия отношений	Циркулярная бизнес-модель	Отрасль РФ
«На основе владения» характеризуется сохранением собственности за производителем, который предоставляет клиенту продукт во временное пользование, после продукт возвращается назад к производителю, который проводит операции по восстановлению продукта.	«Продукт как услуга» служит альтернативой покупки продукта, предоставляя его в пользование, например, через договор, что повышает стимулы для создания долговечной продукции.	Лизинг сельскохозяйственной техники, грузового автотранспорта
«Прямой заказ» предполагает возврат продукта для восстановления и получение клиентом такого же работоспособного товара при условии, что продукция подлежит восстановлению.	«Продление жизненного цикла продукции» обеспечивает сохранение бывшего в употреблении продукта за счет его ремонта, восстановления и т.п.	ВПК, авиационно-космическая промышленность
«На основе депозита» подразумевает покупку восстановленного продукта с одновременным возвратом бывшего в употреблении аналога.	«Восстановление ресурсов» способствует устранению потерь ресурсов ввиду образования отходов и	Бытовая техника и электроника
«На основе кредита», клиенты		Автомобильная

получают кредиты за возврат ядер, которые дают скидку на приобретение восстановленного продукта.	повышает рентабельность производства продукции от возвратных потоков.	промышленность
Система отношений на «добровольной основе», когда поставщик, розничный торговец или клиент возвращает в конце жизненного цикла товар производителю по собственной инициативе.	«Циркулярные поставщики» обеспечивают поставку полностью перерабатываемых ресурсов и участвуют в их переработке.	Твердые коммунальные отходы, АПК

Для всех типов отношений важным являются сотрудничество, доверие и долгосрочные обязательства для снижения рисков и затрат. Формирование стратегии отношений с поставщиками и клиентами способствует успеху в бизнесе, т.к. улучшает понимание потребностей клиентов и создает беспроигрышной ситуации для компании-восстановителя, которая получает запас ядер, и для клиента, который получает функционирующую восстановленную продукцию «как новую», но по цене ниже новой.

После того, как продукт поступил компании-восстановителю он проходит первичную процедуру проверки, цель которой обеспечить уверенность в возможности восстановления ядра и в способности продукта выполнять свои функции на протяжении нового периода эксплуатации. Без процедуры проверки, было бы трудно обеспечить качество выпускаемой продукции «как новой», что требуется для восстановленных продуктов. И в свою очередь это могло бы подорвать доверие потребителей в качестве восстановленных изделий. Поэтому проверка необходима для изъятия ядер, не подлежащих восстановлению и повторному использованию, а также переработке. Так, при возврате продукции с целью ее использования в новом производственном процессе продукт проходит следующие этапы проверки:

- Основной прием. Целью проверки продукции при основном приеме является удаление ядер, которые не подлежат вторичному использованию и переработке с технической точки зрения, либо вторичное использования этих ядер является экономически невыгодным. К примеру, если продукт и его компоненты имеют чрезмерные повреждения, такой продукт сразу необходимо удалить из процесса восстановления и по возможности переработать для получения новых материалов. Аналогичным образом необходимо поступить с ядром, на который нет спроса, либо затраты на его восстановление превысят стоимость нового изделия. В ряде случаев функцию первичного осмотра возможно передать поставщику ядра в зависимости от стратегии взаимоотношений.

- Осмотр частей и компонентов продукта происходит после того, как ядро разобрано с целью выявления и удаления не подлежащих вторичному использованию частей продукта, т.к. они уже могли использоваться повторно и при следующем новом использовании могут дать сбой. Как правило, эта процедура происходит с помощью визуального осмотра износа, в

автомобилестроении проводятся измерения с помощью специальных лазеров для проверки работоспособности компонентов. Ядра, не прошедшие осмотр необходимо отправить на переработку.

- Тестирование продукта или его отдельных элементов проводится с целью гарантии рабочего состояния компонента, оценки возможности восстановления и повторной эксплуатации на прежнем или более высоком уровне производительности, так ядро должно соответствовать отраслевым или международным стандартам качества.

После тестирования и проверки частей продукта, они отправляются на чистку, ремонт и восстановление, после происходит монтаж нового продукта с использованием новых и восстановленных частей. После сборки продукт отправляется на заключительный этап контроля – итоговое тестирование. Это финальная стадия, на которой оценивается надежность конечного продукта. Процесс проверки и стандарты, применяемые в ходе функционального тестирования различны для каждого продукта. Если в ходе тестирования происходит сбой, то продукт отправляется на демонтаж и выявление причин дефекта (Рис.26).

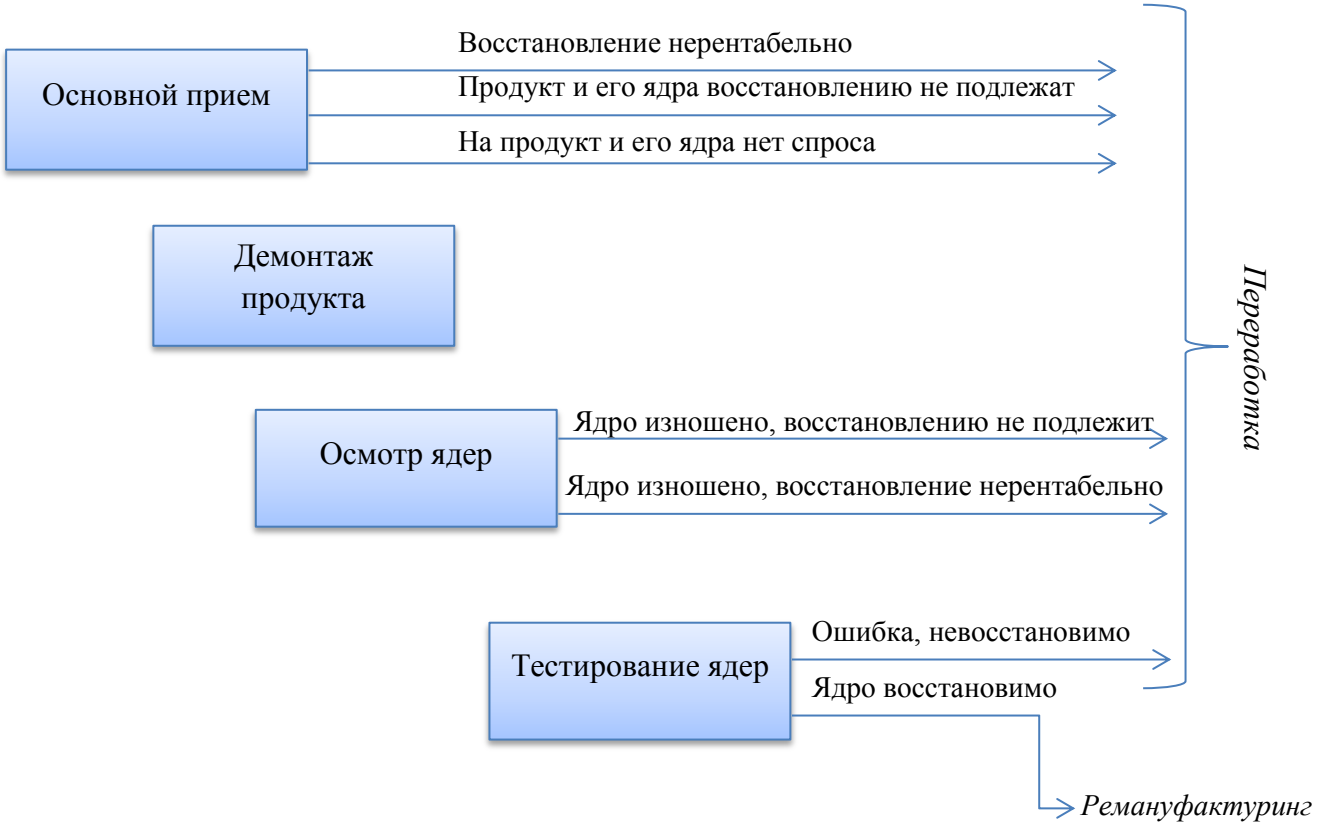


Рис.26 Процесс приема и тестирования ядра [Составлено автором]

Перед принятием решения о восстановлении продукта компании необходимо разработать стратегию его восстановления, цель которой состоит в определении является ли восстановление ядра экономически выгодным и экологически эффективным процессом. Производителю

продукции стратегия необходима в связи с ужесточением в области управления отходами и введение ставок экологических сборов и норм утилизации, которые в дальнейшем будут увеличиваться.

В автомобильной промышленности существует несколько типов управления возвратными потоками продукции:

1. Восстановление компонентов после полного демонтажа продукта до состояния «как новое» (ремануфактуринг).

2. Переработка компонентов после полного демонтажа продукта в новые материалы.

3. Переработка компонентов с частичной разборкой и последующей технологией измельчения.

4. Демонтаж продукта, извлечение опасных жидкостей и материалов, применение технологий прессовки и отправка на полигон.

Рассмотренные типы управления возвратными потоками могут быть комбинированными, с акцентом на один приоритетный тип, либо компанией может быть выбрана только одна стратегия управления продуктом в конце его жизненного цикла, например, отправка на полигон. С точки зрения формирования современной схемы обращения с отходами и циркулярной экономики наиболее приоритетным является ремануфактиринг, если восстановление невозможно, то продукт необходимо переработать в новые материалы, полигон – выпадает из циркулярной схемы обращения с продуктами в конце их жизненного цикла.

Ряд российских и зарубежных авторов применяли экономико-математических методы и модели для обращения с отходами автотранспортных средств в конце их жизненного цикла (Таблица 19)

Таблица 19

Экономико-математическое моделирование управления автотранспортными средствами в конце жизненного цикла [Составлено автором]

Автор	Модель	Описание
Трофименко Ю. В, Ахметов Л. А., Трофименко К. Ю.	Балансовые модели; Динамический системный анализ.	Формирование рациональной организационно-технологической структуры системы авторециклинга и концепции стратегического управления потоками автотранспортных отходов на территории региона (Московская область)
Karimi, Mahmoudzadeh, Mansour	Целочисленное линейное программирование	Проектирование возвратной цепи поставок для утилизации транспортных средств бывших в употреблении (размещение объектов сети)
Bribian, Ferreira, Uson, Vasquez	Сценарное моделирование	Количественная оценка экологической эффективности системы управления изношенными шинами, с точки зрения выбросов углекислого газа (оптимизация расположения заводов по переработке изношенных

		шин)
Simić, Dimitrijević	Линейное программирование	Оценка рентабельности предприятий по утилизации транспортных средств бывших в употреблении в ЕС; оценка достижимости нормативных коэффициентов утилизации и рециклинга в ЕС и т.д.
Chunxin, Xianzhong	Математический аппарат теории игр	Выбор оптимальной стратегии взаимодействия органов местной власти в процессе утилизации транспортных средств бывших в употреблении

Однако рассмотренные модели не учитывают затраты на управление автомобилем в конце его жизненного цикла и ставки экологических сборов в случае отказа от его утилизации. Под этим углом при помощи линейного программирования в статье «Strategic response to EEE returns: Product eco-design or new recovery processes?» Зайдвижк Р. и Крике Х. [Zuidwijk R., Krikke H., 2007] изучают стратегические решения компаний в зависимости от влияния директивы по утилизации электронных отходов, принятие решений об экологическом дизайне и процессе восстановления. Они доказывают, что ключевую роль в принятии решения о восстановлении или иных способах утилизации продукта играет себестоимость готового изделия, поэтому необходима разработка модели поддержки принятия решения о восстановлении, переработке или захоронении электронной продукции и отходов. Однако на ряду с включением стандартных затрат на дизайн и изготовление продукции, а также затрат на управление продуктом в конце его жизненного цикла, ученые не учитывают ущерб от негативного воздействия на окружающую среду, который возникает в случае выбора неприоритетного способа обращения с продукцией и отходами (захоронение на полигоне). Такой ущерб может включаться в модель, как экономические потери общества от захоронения продукта и выражаться в процентах от ВВП, но оценка этого показателя весьма затруднена, к тому же материально это не будет стимулировать производителя заниматься восстановлением и переработкой продукции, поэтому более логично включить в модель показатель, напрямую влияющий на стоимость продукции и отражающий воздействие на окружающую среду. Таким показателем является ставка экологического сбора, уплачиваемая производителем в случае отказа от утилизации продукции.

Стоит отметить, что под утилизацией понимаются все виды обращения с продукцией и отходами за исключением захоронения, поэтому производителю-восстановителю необходимо самостоятельно принимать решение относительно метода управления продукцией в конце ее жизненного цикла. Для чего производитель может руководствоваться рядом правил, поэтому введем модель принятия решений относительно способа утилизации в автомобильной промышленности.

Ограничения:

1. Модель не учитывает первоначальных инвестиций, необходимых для формирования инфраструктуры и мощностей сбора, сортировки, демонтажа, переработки и восстановления продукции.
2. Модель не учитывает стратегию возврата продукции и затраты, связанные с той или иной стратегией.
3. Вес материала, полученный в результате переработки продукта или компонентов, не изменяется и не отличается от веса продукта или компонентов.
4. Все продукты, вернувшиеся производителю в конце жизненного цикла, подлежат одному из видов утилизации или захоронению, возвратного потока от производителя к клиенту/поставщику по причине отсутствия возможности утилизации не существует.
5. Нормативы утилизации и ставки экологического сбора устанавливаются исходя из законодательства РФ (№ 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления»…»,) и могут изменяться.
6. Захоронением продукции может заниматься непосредственно сам производитель при наличии мощностей, либо передать эту функции сторонней организации, что отражается соответствующих затратах на захоронение продукта. Переработку продукции производитель осуществляет самостоятельно при наличии соответствующих мощностей, либо за плату передает продукции для переработки поставщику/производителю материалов/ресурсов, либо третьей организации, что отражается в соответствующих затратах на транспортировку, погрузочно-разгрузочные работы и процедуру переработки. Демонтажем и восстановлением продукта и его компонентов производитель занимается самостоятельно, если продукт или его компоненты не подлежат восстановлению, то они перерабатываются в новые материалы.
7. Модель не учитывает ограничение по мощностям производителя, которые необходимы для утилизации продукции, предполагается, что все возвратные потоки могут быть утилизированы или захоронены.

Правило решения 1. Если производитель делает выбор между утилизацией и захоронением продукта, то он должен оценивать затраты, связанные с демонтажем и восстановление/переработкой, а также добавленную стоимость восстановленных продуктов/переработанных материалов и сопоставлять сумму соответствующих параметров со ставкой экологического сбора. Если ставка экологического сбора ниже затрат на утилизацию, то производитель будет стремиться к захоронению продукции, что является сигналом для государства на повышение ставки.

$$C_{l,n} \times h_n \times \left(s_n - \frac{s_n}{T_n}\right) + V_n \times h_n \times \frac{s_n}{T_n} > s_n \times (P_n - C_m) \quad (3)$$

Где,

$C_{l,n}$ – стоимость захоронения продукта n (без демонтажа) (ден.ед/кг)

s_n – кол-во возвращенных продуктов n (шт.)

h_n – вес продукта n (кг.)

T_n – норматив, установленный законодательством по обязательному сбору и утилизации продукта n (кг.)

V_n – экологический сбор, который производитель обязан заплатить при отказе от утилизации и выборе захоронения продукта n (ден.ед.)

P_n – цена восстановленного продукта n (ден.ед/шт.)

C_{rn} – затраты на реманufактуринг (восстановление) продукта n (ден.ед/шт.)

Затраты на реманufактуринг продукта n (C_{rn}) состоят из суммы затрат на первичный прием и осмотр продукта, затрат на транспортировку, затрат на погрузочно-разгрузочные работы, затрат на полный демонтаж продукта, затрат на восстановление продукта и затрат на тестирование продукта.

При этом вместо процедуры реманufактуринга может использоваться переработка, в таком случае вместо цены восстановленного продукта P_n, необходимо включить в формулу цену переработанных материалов P_{nm}, а вместо затрат на реманufактуринг, затраты на переработку C_{dn}.

В свою очередь затраты на переработку C_{dn} включают в себя затраты на первичный прием и осмотр продукта, затраты на транспортировку, затраты погрузочно-разгрузочные работы, затраты на частичный демонтаж продукта и затраты на переработку.

Правило решения 2. Для того, чтобы сделать выбор между реманufактурингом и переработкой, необходимо проверить, является ли добавленная стоимость восстановленного продукта или компонента выше затрат на реманufактуринг. С учетом того, что для реманufактуринга и переработки затраты на первичный прием и осмотр продукта, затраты на транспортировку, и затраты на полный демонтаж продукта являются одинаковыми, то решение относительно реманufактуринга будет приниматься на основе следующего правила: если добавленная стоимость восстановленного компонента превышает стоимость тестирования и операций реманufактуринга с учетом альтернативных издержек и доходов переработки, то решение должно быть принято в пользу реманufактуринга.

Стоит отметить, что не все продукты и их компоненты подлежат реманufактурингу, т.к. могут повреждены, изношены и т.п. Поэтому целесообразно в правило принятия решений включить вероятность полного реманufактирнга (zr) продукта, реманufактуринга большей части компонентов продукта (zrd), переработки большей части компонентов продукта (zdr) и переработку продукта всего продукта (zd). Так сумма всех вероятностей будет равна единице:

zr + zrd + zdr + zd = 1. При этом вероятность (z) наступления того или иного события должна определяться на первичном приеме или частичном демонтаже продукта, она напрямую зависит он срока эксплуатации продукта и износа, в том числе морального, наличия механических повреждений, технического обслуживания (если это предусмотрено), ремонта продукта в результате брака и повреждений. Если до первичного осмотра и частичного демонтажа вероятность каждого из вариантов утилизации равна ¼ = 0.25, то после вероятность будет меняться в пользу того или иного варианта. Так, вероятность можно оценить по критериям представленным в таблице 20.

Таблица 20

Оценка вероятности применения разных видов утилизации [Составлено автором]

Показатель / вид утилизации	Реманufактуринг всего продукта	Реманufактуринг компонентов	Переработка с полным демонтажем	Переработка с частичным демонтажем
Срок эксплуатации: - первая четверть срока полезного использования - вторая четверть срока полезного использования - третья четверть срока полезного использования - четвертая четверть срока полезного использования	 0.25 0 0 0	 0 0.25 0 0	 0 0 0.25 0	 0 0 0 0.25
Механические повреждения: - отсутствуют - незначительные - существенные - очень значимые	0.25 0 0 0	0 0.25 0 0	0 0 0.25 0	0 0 0 0.25
Техническое обслуживание: - проводилось точно в срок - проводилось с некоторыми опозданиями - проводилось, но не всегда - не проводилось вообще	 0.25 0 0 0	 0 0.25 0 0	 0 0 0.25 0	 0 0 0 0.25
Ремонта продукта - сбоев и ремонта не	 0.25	 0	 0	 0

было - продукт ремонтировался нечасто	0	0.25	0	0
- у продукта были частые поломки и процедуры ремонта	0	0	0.25	0
- у продукта наблюдались хронические сбои, которые не подлежали ремонту	0	0	0	0.25
Сумма показателей	zr	zrd	zdr	zd

Если продукт имеет большое количество компонентов, то вероятность его полного восстановления будет уменьшаться и целесообразным будет полный демонтаж и восстановление на уровне компонентов. В соответствии с принципами циркулярной экономики продукты, которые подходят для реманufактуринга с экономической точки зрения, но их невозможно восстановить, необходимо переработать в новые материалы. Таким образом при ориентации производителя на реманufактуринг прибыль (П) будет ровняться (4):

$$П = zr \times \left(P_n - C_{r,n}\right) + zrd \times \left(P_k - C_{r,k}\right) + zdr \times \left(P_{n,k,m} - C_{d,k}\right) + zd \times \left(P_{n,m} - C_{d,n}\right) \quad (4)$$

Таким образом, решение в пользу реманufактуринга необходимо принимать руководствуясь следующим правилом (5), (6):

$$zr \times \left(P_n - C_{r,n}\right) > zd \times \left(P_{n,m} - C_{d,n}\right) \quad (5)$$

или

$$zrd \times \left(P_k - C_{r,k}\right) > zdr \times \left(P_{n,k,m} - C_{d,k}\right) \quad (6)$$

Где,

P_n – цена восстановленного продукта n (ден.ед/шт.)

P_k – цена восстановленного компонента k (ден.ед/шт.)

$P_{n,k,m}$ – цена материала m, полученного при полном демонтаже продукта n и переработке компонентов k (ден.ед/кг)

$P_{n,m}$ – цена материала m, полученного при частичном демонтаже и переработке продукта n (ден.ед/кг)

$C_{d,n}$ – стоимость переработки продукта n с частичным демонтажем (ден.ед/кг)

$C_{d,k}$ – стоимость переработки компоненты k при полном демонтаже продукта n (ден.ед/кг)

$C_{r.n}$ – стоимость реманufактуринга (восстановления) продукта n (ден.ед/шт.)

$C_{r,k}$ – стоимость реманufактуринга (восстановления) компонента k в продукте n (ден.ед/шт.)

При этом стоимость реманufактуринга (восстановления) продукта n ($C_{r.n}$) складывается из затрат на первичный прием и осмотр продукта, затрат на транспортировку, затрат на погрузочно-разгрузочные работы, затрат на полный демонтаж продукта, затрат на восстановление продукта и затраты на тестирование продукта после операций восстановления.

А стоимость реманufактуринга (восстановления) компонента k в продукте n ($C_{r,k}$) состоит из суммы затрат на первичный прием и осмотр продукта, затрат на транспортировку, затрат на погрузочно-разгрузочные работы, затрат на полный демонтаж продукта, затрат на восстановление компонента и затрат на тестирование компонента.

Правило решения 3. Продукты, которые подходят для реманufактуринга с экономической точки зрения, но их невозможно восстановить в силу технологии или поврежденности, необходимо переработать в новые материалы. При принятии решения о переработке продукта необходимо сделать выбор о полном или частичном демонтаже продукта на отдельные компоненты для получения более чистых фракций, удаления масел и вредных веществ. Так, продукт должен быть полностью разобран, если затраты на демонтаж и переработку покрываются возрастающей добавленной стоимостью материалов, полученных из чистых фракций, в сравнении с добавленной стоимостью материалов, полученных благодаря смешанной переработке. Поэтому принятие решения о переработке продукта с полным или частичным демонтажем необходимо принимать на основе следующего правила (7):

$$s_n \times \left(\frac{h_{n,m}}{h_n} \times P_{n,m} - C_{d,n}\right) > s_n \times K_{n,k} \times \left(\frac{h_{n,k,m}}{h_{n,k}} \times P_{n,k,m} - C_{d,k}\right) \quad (7)$$

Где,

s_n – количество возвращенных продуктов n (шт.)

$h_{n,m}$ – вес материала m, полученного при частичном демонтаже и переработке продукта n (кг.)

h_n – вес продукта n (кг.)

$h_{n,k,m}$ – вес материала m, полученного при полном демонтаже продукта n и переработке компонентов k (кг.)

$h_{n,k}$ – количество компонентов k в продукте n (шт.)

$P_{n,k,m}$ – цена материала m, полученного при полном демонтаже продукта n и переработке компонентов k (ден.ед/кг)

$P_{n,m}$ – цена материала m, полученного при частичном демонтаже и переработке продукта n (ден.ед/кг)

$C_{d,n}$ – стоимость переработки продукта n с частичным демонтажем (ден.ед/кг)

$C_{d,k}$ – стоимость переработки компоненты k при полном демонтаже продукта n (ден.ед/кг)

В общем виде процесс принятия решений представлен на рисунке 27.

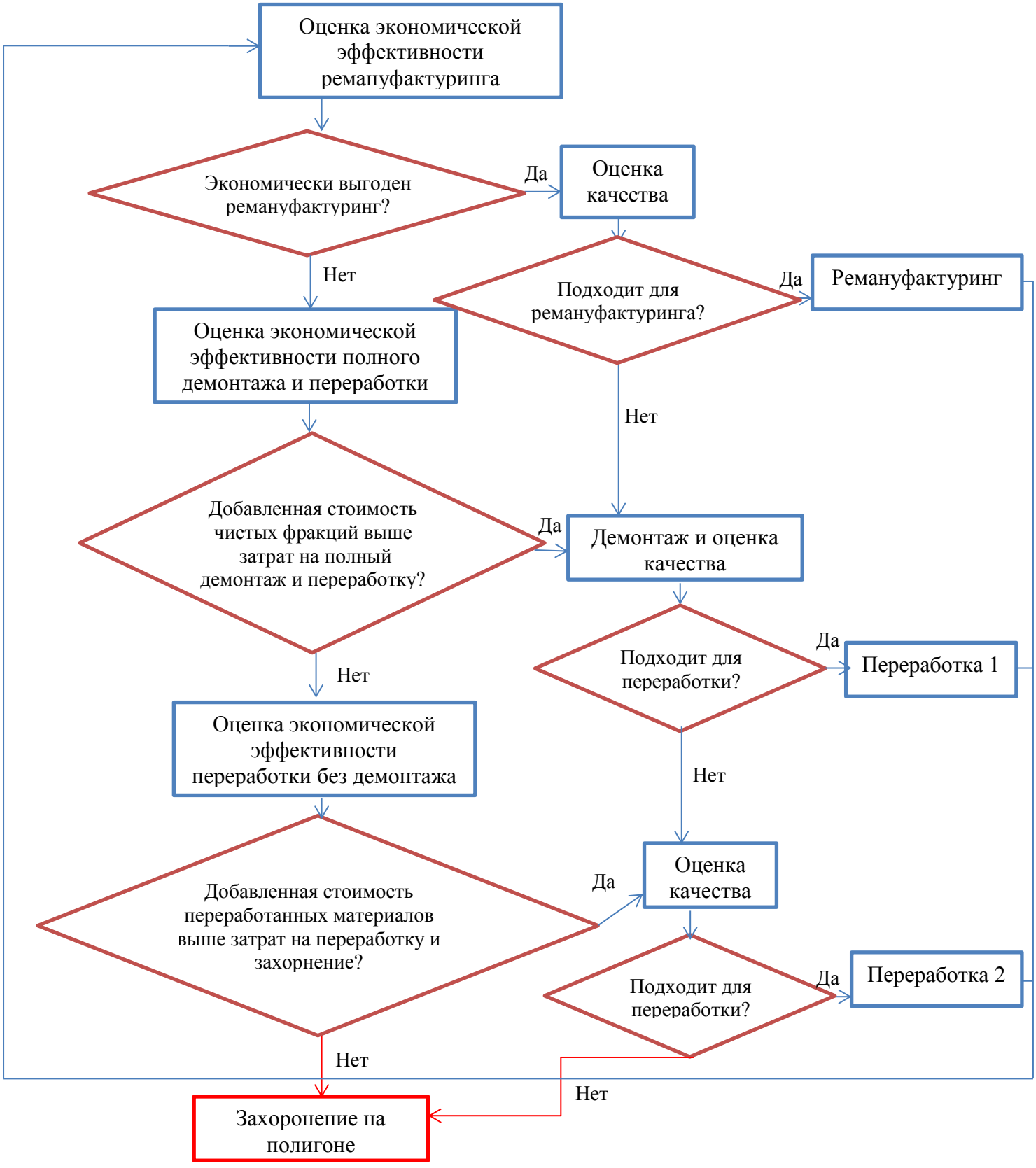


Рис.27 Процесс принятия решения по способу утилизации продукта в конце его использования

Таким образом, производитель имеет несколько сценариев относительно управления продукцией в конце ее жизненного цикла (Таблица 21). Но каждый сценарий в большей или меньшей степени приоритетен для государства или производителя в зависимости от получаемых выгод.

Таблица 21

Способы управления продукцией в конце ее жизненного цикла в зависимости от приоритетов государства и производителя

Стратегия	Приоритетность
Реманufактуринг и переработка	Для формирования циркулярной экономики и целей государства
Переработка	Для целей государства
Захоронение с уплатой экологического сбора	Для производителя не желающего инвестировать в лучшие технологии обращения с продукцией в конце ее жизненного цикла

Таким образом, опираясь только на экономические мотивы компании будут стремиться оптимизировать текущие линейные модели производства, однако государство способно изменить мотивы поведения фирм при ужесточении экологического законодательства. Так, уже сегодня в РФ введены нормативы утилизации по 36 наименованиям товаров на уровне от 0 до 30% только для тех групп товаров, по которым в стране уже создана и успешно функционирует инфраструктура утилизации отходов. Принятые в России к реализации нормативы утилизации существенно отстают от аналогичных показателей развитых стран, что частично объясняется более поздними сроками перехода к современной системе обращения с отходами.

Таким образом, со стороны государства требуется принятие более серьезных мер для расширения ответственности производителя. Так, увеличение нормативов утилизации и экологического сбора смогут стимулировать производителя к оценке своего потенциала в области реманufактуринга и его реализации на практике, что позволит формированию замкнутых цепей поставок и развитию принципов циркулярной экономики, для автомобильной промышленности такая цепь поставок во взаимосвязи с этапами жизненного цикла представлена в Приложении 6.

Выводы по Главе 2

В 2015 году были приняты изменения в международном стандарте, содержащем требования к системе экологического управления *ISO 14001*, для повышения эффективности использования ресурсов, снижения потерь и издержек. В новом стандарте внимание акцентируется на замкнутый жизненный цикл продукта, в котором в конце использования продукт не должен захоронятся на полигонах, а должен быть использован повторно, восстановлен, либо переработан, таким образом ресурсы не оседают в отходах, а циркулируют в замкнутой цепи. Поэтому уже в самом начале проектирования продукт и должен быть сконструированы с учетом требований экологического дизайна, такими как безотходность, простота демонтажа, ресурсо- и энергоэффективность. Так, некоторые компании, например, Ford, для оценки экологической эффективности вводят специальные индексы. Однако для циркулярной экономики значимым является экологическая эффективность не только в процессе использования, но и возможность повторного применения, восстановления или переработки продукции, поэтому был предложен собственный индекс оценки экологического дизайна продукта с учетом требований замкнутого жизненного цикла.

В свою очередь реализация экологического дизайна продута связана с особыми требованиями к поставщикам, если прежде основное внимание при выборе поставщика уделялось цене, качеству, срокам поставок комплектующих и сырья, то в новых условиях эти требования дополняются возможностью полной переработки материалов или восстановления комплектующих, участием в их утилизации после использования продукции поставщика, эко-упаковка и т.п. В рамках перехода к циркулярной экономике изменяется и сам процесс производства, который модернизируется с учетом элементов представленных на рисунке 28.

Рис. 28. Элементы производства в циркулярной экономике

Применение этих элементов на практике дает возможность развития производству с замкнутым циклом, повышая одновременно экологическую и экономическую эффективность.

В результате распространения технологий четвертой промышленной революции и циркулярной экономике изменяются стандартные и формируются новые модели потребления. Так покупка в собственность продукции замещается совместным использование или использованием продукта с приобретением пакета услуг, а благодаря платформам обмена расширяются возможности повторного использования бывшей в употреблении продукции. Каждая из моделей потребления имеет свои плюсы и минусы, возможности и угрозы, которые связаны с качеством продукции и предоставляемых услуг, с влиянием на структуру рабочих мест, конкуренцию между компаниями и т.п. И для регулирования происходящих изменений, отношений между потребителями и продавцами, работниками и работодателями, государством и предпринимателями в новых условиях необходимо формирование новых институтов.

При формировании циркулярного производства и замкнутой цепи поставок производитель должен выстроить стратегию взаимоотношений с покупателем относительно возврата продукции в конце ее использования для дальнейшего восстановления, ремонта, переработки и других форм утилизации. В зависимости от отрасли производства, типа продукции, а также применяемой бизнес-модели циркулярной экономики рационально развивать ту или иную стратегию взаимоотношений. Так, при использовании сельско-

хозяйственной техники целесообразно применять стратегию «на основе владения» корреспондирующую с бизнес-моделью «продукт как услуга», в которой право собственности на продукт остается у продавца, а покупатель использует продукт с пакетом услуг, например техническое обслуживание и ремонт.

С учетом рыночных изменений, а также повышающихся требований со стороны государства, связанных с ужесточением экологического законодательства, введения нормативов утилизации и экологических сборов, российские производители должны делать выбор между уплатой сборов или различными методами управления продукцией в конце ее использования. Так процесс и правила принятия решения по способу утилизации продукта в конце его жизненного цикла происходит исходя из затрат, связанных с демонтажем и восстановлением/переработкой, а также добавленной стоимостью восстановленных продуктов/переработанных материалов при сопоставлении сумм соответствующих параметров со ставкой экологического сбора. Если ставка экологического сбора ниже затрат на утилизацию, то производитель будет делать выбор в пользу захоронения продукции, что является нецелесообразным с точки зрения ресурсо- и энергосбережения, и даст сигнал государству на повышение экологических сборов для построения в стране экологически и экономически эффективной системы обращения с отходами и продукцией, вышедшей из употребления.

Глава 3. Обоснование проектных решений предприятий в условиях формирования циркулярной экономики (на примере российского автомобилестроения)

В третьей главе диссертационного исследования проводится сравнительный анализ программ утилизации и реманufактуринга на основе передового опыта, и обосновывается необходимость развития в РФ программ восстановления на примере автомобильной промышленности с учетом социальных, экономических и экологических эффектов, а также возможностей внедрения практики реманufактуринга на базе действующих производств.

Во втором пункте третьей главы проведена оценка инвестиционного проекта реманufактуринга автомобильных компонентов с помощью имитационного моделирования. Инвестиционный проект включает в себя разделы, представленные на Рис. 29.

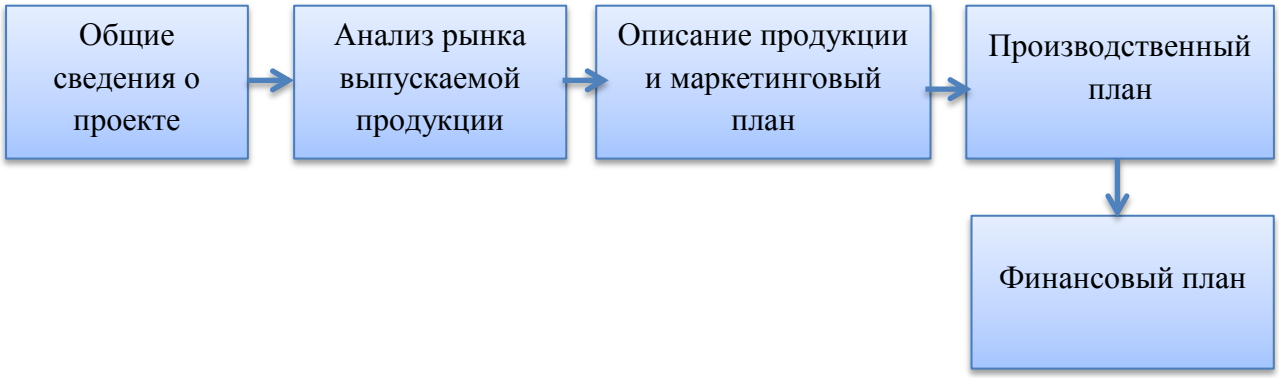


Рис. 29 Этапы инвестиционного проекта реманufактуринга автомобильных компонентов

В инвестиционном проекте проводится анализ финансовых затрат и выгод, экологических эффектов, а также максимальных и минимальных границ реализации проекта, таких как цена восстановленной продукции, объем возврата для реманufактуринга и т.п.

В третьем пункте даны рекомендации поэтапного развития циркулярной экономики и реманufактуринга в РФ, разработаны правовые, экономические и технологические меры на краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный периоды.

3.1. Сравнительный анализ программ реманufактуринга и утилизации в автомобильной промышленности РФ

Благодаря значительным преимуществам реманufактуринг применяют в своей деятельности тысячи компаний, а мировые обороты по таким отраслям, как авиационно-космическая, автомобильная промышленности, производство бытовой техники и электроники, медицинского оборудования, уже в 2011 г. составляли более 100 млрд. долл. (табл. 22). Тем не менее, несмотря на существенное значение реманufактуринга с точки зрения свойственного ему экономического потенциала, а также возможностей по снижению негативного воздействия производства на окружающую среду, потенциал промышленного восстановления во многих секторах и странах используется не полностью.

Таблица 22.

Обороты от реманufактуринга продукции, млн. долл., 2011 г. [Circular Economy Evidence Building Programme, 2015]

Сектор/ Страны	США	ЕС (28 стран)	Остальные страны мира	Итого
Авиационно-космический	13000	22000	7000	42000
HD оборудование	7800	5500	2700	16000
Автомобильные моторы и детали	6200	4500	2100	12800
Машины и оборудование	5800	780	1300	7880
IT продукты	2700	6900	1900	11500
Медицинское оборудование	1500	760	450	2710
Шины	1400	440	360	2200
Прочее	4600	6700	2300	13600
Всего	43000	47580	18110	108690

Большую часть отрасли реманufактуринга занимает восстановление автомобильных узлов и деталей, именно на автомобильную промышленности приходится 70% всего восстановления продукции, более 4000 компаний занимается реманufактурингом автомобилей по всему миру [APRA, 2015]. При этом инвестиции в отрасль реманufактуринга постоянно возрастают, только за период с 2009 по 2011 г. В США объем инвестиций вырос на 50% и составил 106 млн.долл. в год [USITC, 2012]. Это связано с существенным снижением цены благодаря реманufактирнгу, так, восстановленные узлы и детали стоят на 20-50% меньше новых [USITC, 2012]. Среди наиболее известных компаний реманufактуринг используют *Nissan, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Rolls-Royce, ZF , Volvo, Renaul*t и др.

Ярким примером успешной компании-восстановителя является *Wealdstone Engineering*, которая имеет 60 летний опыт работы в области реманufактирнга двигателей и сегодня занимает лидирующие позиции среди ведущих восстановителей Европы с объемом производства более 15 000 двигателей в год. *Wealdstone Engineering* тесно сотрудничает не только с крупными производителями автотранспортных средств, например, с *Ford Motor Compan*y, но и с правительством и крупными европейскими автобусными операторами.

Лидером отрасли реманufактринга автомобилей является США, которые имеют мощности не только в своей стране, но и активно осуществляют прямые иностранные инвестиции в развитие восстановления в других странах. Так, компании *Cummins, Detroit, Diesel,* и *Visteon* имеют производственные мощности в Мексике и восстанавливают запчасти в непосредственной близости к потребителю, что позволяет сократить издержки на транспортировку. Повышенный спрос на восстановленные узлы и детали автомобилей привел к формированию альянсов и партнерств в отрасли для увеличения синергетического эффекта, на протяжении последних 15 лет в отрасли наблюдаются интеграционные процессы. Например, в ноябре 2003 года был создан альянс между *CARDONE Industries* и *Delphi* с целью достижения глобального лидерства в восстановлении электронных систем автомобиля. Производитель компонентов *Delco Remy* в 2001 году приобрел компанию *MNAO*, которая занимается восстановлением автоматических коробок передач автомобилей *Mazda*, в результате чего *Delco Remy* обеспечивает продажи восстановленных запасных частей автомобилей *Mazda* и обслуживание клиентов в США. Помимо этого, *Delco Remy* имеет шесть заводов, базирующихся в Европе, четыре из которых специально нацелены на реманufактуринг автомобилей. С целью усиления конкурентных позиций на североамериканском рынке было создано совместное предприятие *ACTIS Manufacturing Ltd* между *DENSO* и *Toyota Tsusho,* корпорация предоставляет услуги реманufактуринга компрессоров кондиционирования воздуха для транспортных средств.

В данном сегменте создаются и ассоциации, например, в США активно работает Ассоциация по восстановлению автомобильных запасных частей (APRA), которая объединяет свыше 1000, размещенных в различных странах, а также около 20 тыс. ИТР. Общую координацию по всем отраслям промышленности осуществляет Институт реманufактуринга (TRI). Активно развиваются и региональные ассоциации, например, в Европе реманufактуринг курирует Общество Фраунхофера (Германия), для развития реманufактуринга в ЕС создан проект *European Remanufacturing Network*. В ЕС также базируется *Europian Association of Automotive Suppliers (CLEPA),* объединяющая компании региона для разработки широкого спектра технологий, обеспечивающих сокращение в автомобильной промышленности выбросов

углекислого газа как одного из приоритетных направлений для ослабления климатических изменений.

Активное развитие реманufактуринга автотранспортных средств связано с существенными выгодами, которые получают производители и общество в целом в результате восстановления автомобильных узлов и деталей. Так, по оценкам специалистов, экономия ресурсов может доходить до 98%, энергии - до 68-83%, сокращение выбросов углекислого газа достигает 73-87%. Одновременно с этим, по данным *Automotive Parts Remanufactures Association (APRA)*, снижение стоимости готового изделия может составить 30-40% [APRA, 2015] (Рисунок 30).

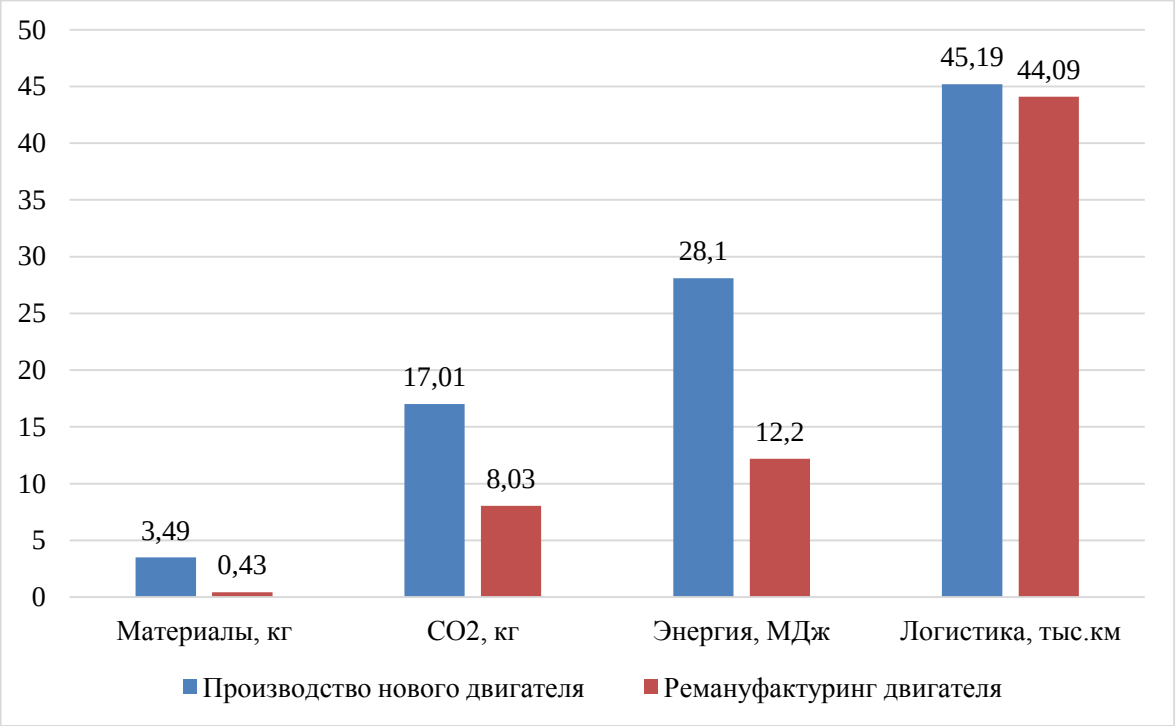


Рисунок 30. Сравнительный анализ производства нового двигателя и реманufактуринга двигателя в конце его жизненного цикла [APRA, 2015]

США располагают одним из самых развитых сегментов реманufактуринга и около 90% автозапчастей в этой стране являются восстановленными (двигатели, стартеры, коробки передач, тормоза и др.), в то время как в ЕС только 10 %. Что касается занятости, то в США численность персонала, занятого в секторе реманufактуринга, достигла 180 000 человек, а в странах ЕС более 32 000 [APRA, 2015].

В России действует лишь несколько компаний, которые практикуют промышленное восстановление некоторых деталей. В их числе: компания *МАСТ*, которая занимается восстановлением запчастей для тракторов; *Renault* запустил программу "Восстановленные

детали" для автомобилей; *Volvo* реализует программу «Exchange» для восстановления запчастей; компания *ZF* ориентирована на восстановление АКПП. При этом осознавая значимость реманufактуринга, его существенный потенциал для автомобильной промышленности, в РФ создана и активно развивается Российская ассоциация переработчиков авто компонентов (*RRA*). Основными целями этой организации являются формирование общественной системы оценки качества восстановленных запчастей и сопутствующих услуг для информирования потребителей, формирование у них устойчивого спроса на восстановленную в России продукцию, а также поддержку и повышение конкурентоспособности российских производителей на внутреннем и внешнем рынках; содействие предприятиям в продвижении восстановленных запчастей, услуг и технологий на российском рынке, во внедрении международных стандартов качества, в привлечении инвестиций.

Важность развития реманufактуринга в России, заключается в том, что основные показатели автопарка РФ свидетельствуют о необходимости его обновления. Так, по состоянию на 01.07.2016, парк легковых автомобилей в РФ, который насчитывал 41,1 млн. шт., имел средний возраст 12,2 лет, при этом на долю автомобилей старше 15 лет пришлось 30% всего автопарка России, а экологическому стандарту «Евро-4» и выше соответствовало лишь 38% всех автомобилей [Автостат, 2016]. При этом в ЕС в настоящее время происходит переход на применение топливного стандарта, соответствующего уровню «Евро-6».

С целью обновления автопарка, а также сокращения поступлений вредных веществ в атмосферный воздух от выхлопов устаревших автомобилей, в 2009 г. российским правительством было принято решение о запуске программы утилизации. Эта программа была рассчитана на два года 2010-2011 гг. Программа утилизации автотранспортных средств стимулировала не только активность населения по сдаче отслуживших автомобилей на утилизацию, но и продажи новых легковых автомобилей, прежде всего, с помощью скидок на покупку нового автомобиля за переданные на утилизацию транспортные средства. При реализации программы начался стремительный рост продаж новых автотранспортных средств, сопровождающийся ростом доходов их производителей с 924,2 млрд. руб. в 2009 г. до 2343,7 млрд. руб. в 2014 г. [Автостат, 2016].

Однако по завершению этого периода из-за изменения курса валют и сопровождающего это изменение роста цен на автотранспортные средства, объемы продаж новых автомобилей существенно снизились, и потребители стали отдавать свои предпочтения более дешевым, бывшим в употреблении, автомобилям. Эти процессы стали оказывать негативное влияние и на такой важный показатель, как средний возраст находящихся в эксплуатации у потребителей автомобилей, поскольку 49% предложений на вторичном рынке составляли автомобили старше

10 лет [Автостат, 2016]. Для преодоления этих негативных тенденций и восстановления на автомобильном рынке покупательского спроса в 2014 г. было принято решение о запуске нового этапа программы утилизации автомобилей с последующей ее пролонгацией до 2016 г. (Приложение 7)

Важными являются экологические эффекты от реализации программы утилизации, на что обращается специальное внимание за рубежом при запуске аналогичных программ. Всего за период действия программы утилизации в РФ было принято 560 тысяч автомобилей, из которых лишь 25% были утилизированы по правилам [PWC, 2016]. Основной причиной послужило отсутствие достаточного количества мощностей, призванных осуществлять «цивилизованную» утилизацию автотранспортных средств, которая, как следует из проведенного здесь анализа, обязательно предполагает наличие развитой инфраструктуры и широкое использование возможностей реманufактуринга. Так, в РФ действует всего 9 шредерных установок, совокупной мощностью порядка 2,65 млн. тонн в год [Ковшевный В.В., 2015]. При этом ежегодный ущерб окружающей среде, наносимый отходами автотранспортных средств в Российской Федерации составляет порядка 82-85 млрд. руб. в год [Эконацпроект, 2014]. Таким образом, основным результатом программы утилизации в РФ стал краткосрочный рост продаж для поддержки отечественной автомобильной промышленности. Что касается первоначально анонсированной в 2009 г. цели сокращения негативного воздействия на окружающую среду, то она отошла на задний план.

Как свидетельствует международный опыт, эффект от программ утилизации является краткосрочным, и правительства, как правило, прекращают применять такие меры поддержки через 2-3 года. В РФ потенциал программы также исчерпан, и в связи с отсутствием мощностей для полноценной утилизации автомобилей, ростом цен на новые автотранспортные средства, увеличением продаж на вторичном рынке, а также рынке запчастей, в автомобильной промышленности России требуется внедрение и развитие реманufактуринга, который превосходит по целому ряду показателей «простую» практику утилизации (Таблица 23).

Таблица 23

Сравнительный анализ реманufактуринга и утилизации автомобилей [Составлено автором на основе: Smith V. et al., 2015; APRA, 2016; The Alliance of Automobile Manufacturers, 2015]

Критерий	Реманufактуринг и получение готовой продукции	Утилизация автомобиля и получение сырья
Снижение использования ресурсов	До 98%	До 90%

Сокращение энергопотребления энергии	До 83%	До 75%
Снижение выбросов CO_2	До 87%	До 86%
Снижение стоимости готовой продукции	До 40%	До 22%
Получение экономических выгод	За счет экономии сырьевых и трудовых ресурсов, энергии и снижения экологических платежей (налогов)	За счет увеличения продаж (в РФ)
Рабочие места	212 000 (ЕС+США)	140 000 (на мировом уровне)

В связи со значительными преимуществами реманufактуринга, а также отсутствием мощностей для полноценной утилизации автотранспортных средств, в РФ необходимо развитие программы восстановления автомобилей и их компонентов на базе уже имеющихся производств. Утилизация же в свою очередь должна служить дополнением для построения эффективной системы обращения с отслужившими автотранспортными средствами, а именно по отношению к тем компонентам, которые не подлежат реманufактурингу.

3.2. Система поддержки принятия инвестиционных решений по утилизации продукции на примере автомобильных компонентов

Современные системы поддержки принятия решения (СППР) представляют собой системы, максимально приспособленные к решению задач повседневной управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь лицам, принимающим решения. С помощью СППР может производиться решение некоторых неструктурированных и слабоструктурированных задач, к числу которых относится выбор относительно способа утилизации продукции, принятие стратегических решений об инвестировании в развитие наилучших доступных технологий утилизации продукта в конце его жизненного цикла с целью формирования циркулярных принципов производства.

Под системой поддержки принятия решения (*Decision Support System, DSS*) понимается компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности [Alter S. L., 1980]. Для анализа и выработок предложений в СППР используются разные методы, среди которых важную роль играет имитационное моделирование.

Имитационное моделирование или ситуационное моделирование (*simulation modeling*) – метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему (построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты, с целью получения информации об этой системе. Такую модель можно «проиграть» во времени, как для одного испытания, так и заданного их множества. Экспериментирование с моделью называют имитацией (имитация – это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте).

Проведем с помощью имитационной модели эксперимент в *MS EXCEL* в целях проектирования, анализа и оценки эффективности принятия решений об инвестировании в развитие реманufактуринга запасных частей в российской автомобильной промышленности. Логика имитационной модели представлена в Приложении 8.

Введем и оценим инвестиционный проект организации производства на основе технологий реманufактуринга автомобильных компонентов и запасных частей, в результате получим частные численные решения сформулированной задачи оценки эффективности на основе аналитических решений и с помощью численных методов. Этапы инвестиционного проекта представлены на Рис. 32.

Анализ инвестиционного проекта проводится в рамках системы «Черного ящика», в которой есть «вход» для ввода исходных данных и «выход» для отображения результатов

проекта, при этом происходящие в ходе работы системы процессы неизвестны. Предполагается, что результаты проекта функционально зависят от состояния входных параметров (Рис. 31).

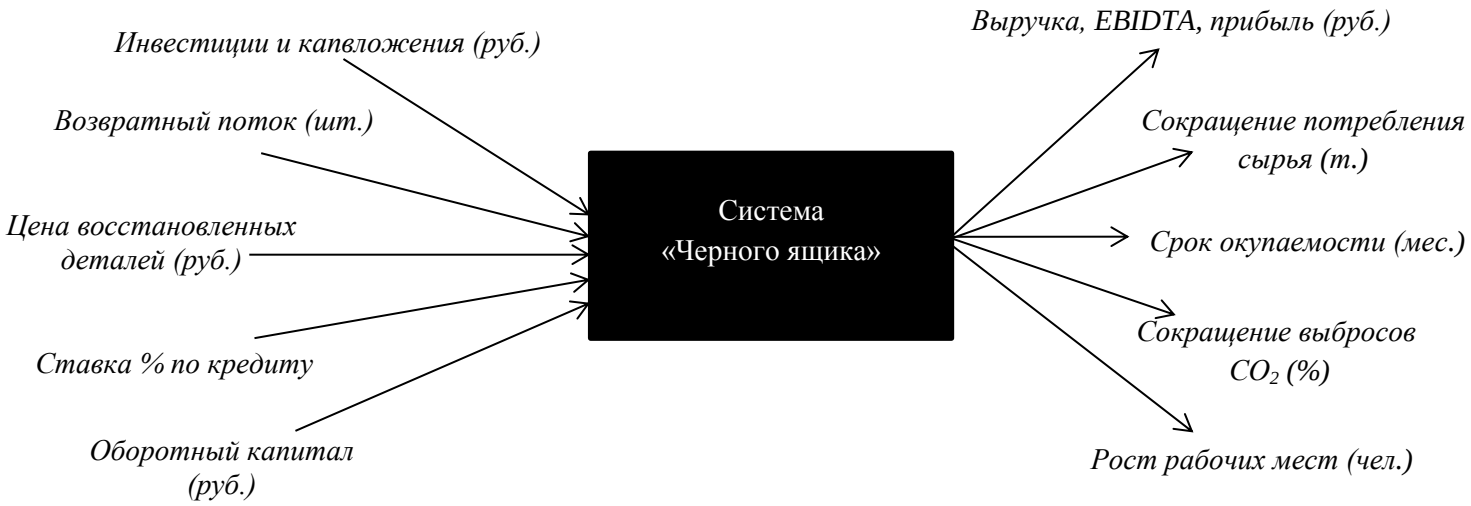


Рис. 31 Система «Черного ящика» для инвестиционного проекта формирования реманufактуринга [Составлено автором]

Анализ инвестиционного проекта по методу «Черного ящика» позволит определить экстремальные значения входных параметров и осуществить прогнозирование результатов при разных заданных условиях. Так при в ходе анализа будут определены минимальные значения цены восстановленных деталей и объема возвратного потока, а также максимальные значения процентной ставки кредитования, стоимости основного и оборотного капитала, при которых реализация реманufактуринга автомобильных частей и деталей будет целесообразна с экономической точки зрения.

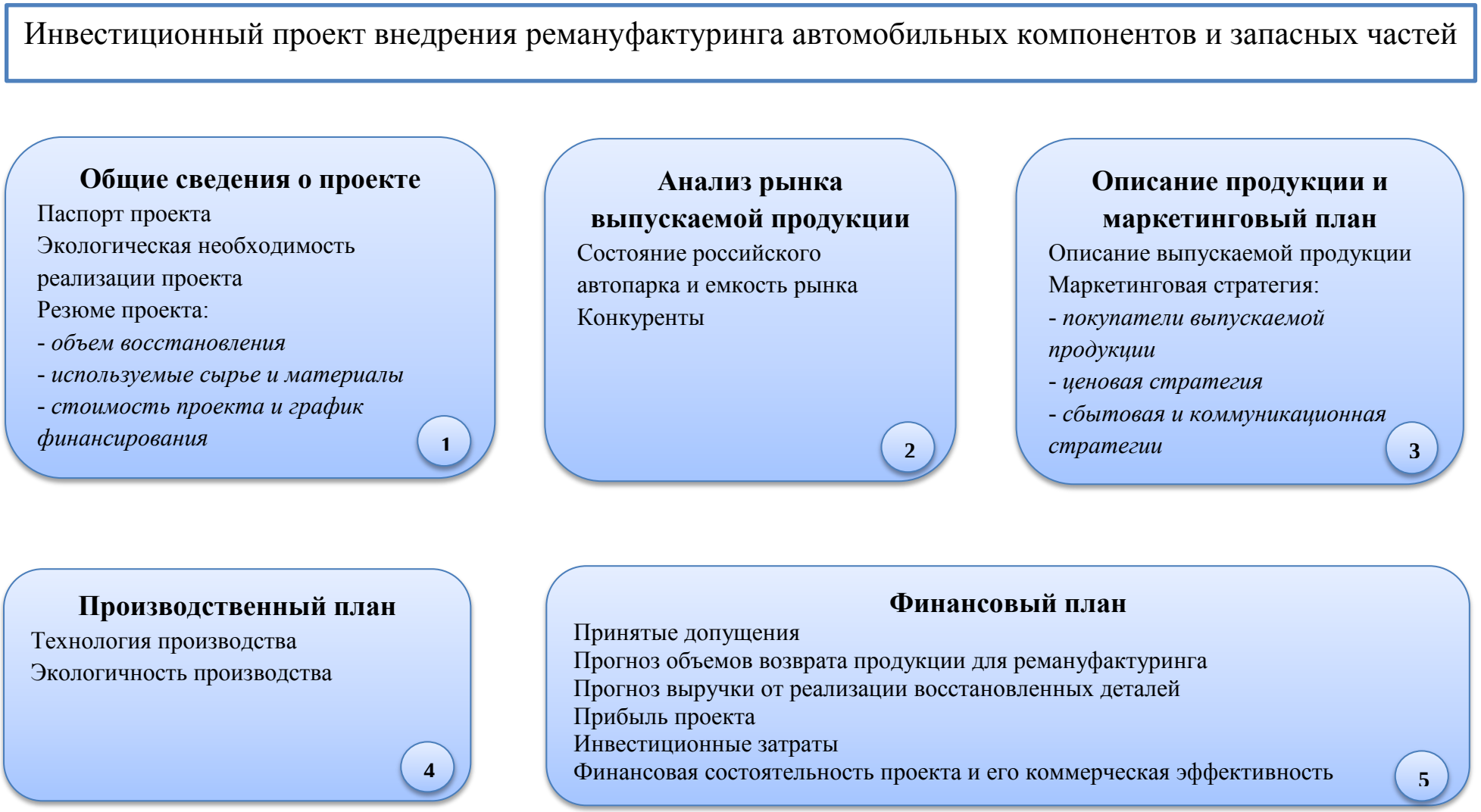


Рис. 32. Инвестиционный проект внедрения реманufактуринга автомобильных компонентов и запасных частей [Составлено автором]

Общие сведения о проекте

Основные сведения об инвестиционном проекте, в том числе предполагаемая прибыль и рентабельность представлены в таблице 24.

Таблица 24

Паспорт инвестиционного проекта внедрения реманufактуринга автомобильных компонентов и запасных частей

Цель проекта		Организация производства на основе технологий реманufактуринга автомобильных компонентов и запасных частей
Привлекательность проекта		Высокая экологическая значимость. Создаваемое производство является альтернативой переработке и захоронению продукции бывшей в употреблении, сопровождаемыми негативным влиянием на окружающую среду. Гарантированный сбыт выпускаемой продукции. Производство импортозамещающей продукции. Высокая коммерческая эффективность проекта, при незначительных инвестиционных затратах. Высокая социальная значимость проекта, связанная с созданием дополнительных рабочих мест. Высокая бюджетная значимость проекта (стабильные поступления в бюджеты всех уровней)
Назначение инвестиций		Разработка ПСД, РД и ТЗ. Приобретение локальной лицензии, подготовка кадров. Строительство/реконструкция производственных сооружений, погрузо-разгрузочной станции и площадки для осмотра, демонтажа и сортировки возвратной продукции. Дозакупка производственного оборудования и вспомогательного оборудования. Приобретение части тех. комплекса. Монтаж и наладка технологического оборудования. Увеличение мощности инженерных систем. Финансирование оборотного капитала.
Период реализации проекта		4 кв.2017 – 2 кв. 2018 гг. – инвестиционная фаза проекта 3 кв. 2018 г. – запуск производства
Объем возврата бывшей в употреблении продукции		488 706 единицы в год
Объем производства (реманufактуринга) продукции		244 353 единиц в год
Платежи в бюджет		881,8 млн. руб. в год
Общая стоимость проекта		910, 9 млн. руб.
в т.ч.	Создание технологического комплекса, разработка и	90 млн. руб.

	апробация технологии	
	Реконструкция складов для хранения возвращенной и готовой продукции, цеха для реманufактуринга	25,5 млн. руб.
	Производственное оборудование	614, 9 млн. руб.
	Получение локальной лицензии	4 млн. руб.
	Содержание службы возвратной логистики, подготовка кадров	9,4 млн. руб.
	Оборотный капитал	129,4 млн. руб.
	Монтаж и наладка технологического оборудования, создание АСУТП	20 млн. руб.
	Прочие кап. вложения	1.2 млн. руб.
	Разработка проектно-сметной документации, рабочей документации и технического задания, получение необходимых экологических	16,4 млн. руб.
Внешние источники финансирования		793,5 млн. руб.
в т.ч.	собственные средства инициатора проекта	90 млн. руб.
	средства инвестора	703,5 млн. руб.
Срок окупаемости проекта (с момента инвестирования)		2,2 год
Выручка от реализации		8 028 787 тыс. руб. в год
Удельная выручка от реализации		38,77 тыс. руб. /шт.
Удельная себестоимость		19,51 тыс. руб. /шт.
Чистая прибыль		2 020 582 тыс. руб. в год
Рентабельность деятельности		65 %

Экологическая необходимость реализации проекта

Важными являются экологические эффекты от реализации программы реманufактуринга автомобильных запасных частей, на что обращается специальное внимание за рубежом при запуске аналогичных программ. На сегодняшний день ежегодный ущерб окружающей среде, наносимый отходами автотранспортных средств в Российской Федерации составляет порядка 82-85 млрд. руб. в год [Эконацпроект, 2014].

Благодаря деятельности по восстановлению отслуживших компонентов до функционального состояния, аналогичного новым, сокращаются потребности в сырье для производства новых деталей. Реманufактуринг вносит один из самых больших вкладов в

устойчивое развитие – сохраняет невосстановимые ресурсы, используя их в течение нескольких сроков службы. Так, по оценкам специалистов, экономия ресурсов может доходить до 98%, энергии - до 68-83%, сокращение выбросов углекислого газа достигает 73-87%. Одновременно с этим, по данным *Automotive Parts Remanufactures Association (APRA)*, снижение стоимости готового изделия может составить 30-40% [Automotive Parts Remanufacturing Market, 2015].

Таким образом, благодаря внедрению проекта реманufактуринга в практическую деятельность произойдет сокращение потребления энергетических и сырьевых ресурсов, выбросов вредных веществ в атмосферу, а также сократится захоронение и размещение на полигонах отходов автотранспортных средств.

Резюме проекта

Цель проекта – организация реманкфактуринга бывших в употреблении автотранспортных средств из компонентов на территории РФ.

Данное инновационное производство, позволяет восстанавливать бывшие в употреблении/дефектные автотранспортные средства и их отдельные компоненты до уровня аналогичного нового изделия с возможным превышением этого уровня. Так вместо переработки с получением материалов и сырья или размещения на полигонах отходов будет получена готовая продукция:

1. Коробка передач
2. Рулевая рейка
3. Двигатель

Сроки реализации проекта

Инвестиционная фаза проекта 4 кв.2017 – 2 кв. 2018 гг.

Запуск производства – 3 кв. 2018 года.

Выход на плановую производственную мощность – 1 кв. 2020 года

Механизм реализации проекта представлен на рисунке 33.

Рис. 33. Механизм реализации проекта [Составлено автором]

Объем производства, выпускаемая продукция

Результатом реализации проекта является внедрение технологии реманufактуринга для автомобильных запчастей отечественного производства в объеме 244 353 единиц деталей в год. Восстанавливаемые детали представлены на рис. 34.

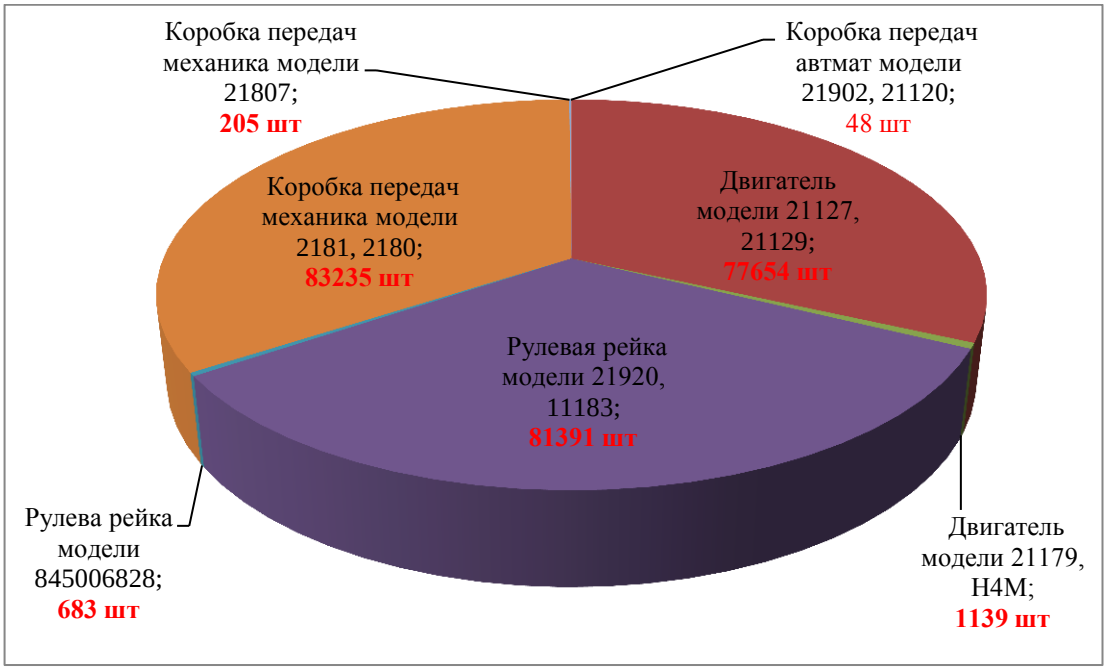


Рисунок 34. Объем восстанавливаемых деталей [Составлено автором]

Сырье и материалы

Основой для реализации проекта является объем возвращенной от потребителя продукции в конце ее использования по причинам изношенности, поломки и т.п. С учетом количества автомобилей, их возраста и среднего пробега, объем возврата будет составлять 488 706 деталей в год. После возврата детали дилеру, запчасти будут накапливаться и отправляться на центральный склад региона, далее с центрального склада региона бывшие в употреблении детали будут транспортироваться на завод-восстановитель, находящийся в Тольятти, среднее расстояние между пунктом назначения и местом транспортировки составляет 1300 км. Составные части детали, которые не подлежат восстановлению, будут заменяться на новые, производимые на этом же заводе.

Важность реализации проекта

С помощью применения современных технологий реманufактуринга на территории РФ будут предложены качественно восстановленные автозапчасти на местном рынке и за его пределами, что поможет развитию импортозамещения на вторичном рынке деталей и

запасных частей внутри страны. При этом реализация проекта будет сопровождаться следующими эффектами:

- Снижение цены - используемые детали и компоненты будут на 30% дешевле, чем аналогичные новые запчасти.
- Гарантия качества на продукцию – каждая деталь проходит тестирование, на нее дается гарантия замены в случае поломки, таким образом покупатель может быть уверен в качестве восстановленной детали не меньше, чем в новой.
- Рост рабочих мест – новое направление производства - реманufактуринг требует создание штатных рабочих мест, с увеличение объемов производства количество рабочих мест будет расти.
- Сокращение потребления сырья - реманufактуринг можно в первую очередь считать устойчивым источником сырья для производства продуктов, так как старые продукты и их сырье повторно используются, что не всегда может потребовать переработки.
- Регулируемый вывод с рынка оригинальных запасных частей, который предотвратит восстановление деталей независимыми автомастерскими, не отвечающих за качество, что негативно может сказываться на имидже компании.

Стоимость проекта, график финансирования

Общая стоимость проекта составляет 909, 6 млн. руб.

Структура стоимости проекта представлена на рис. 35.

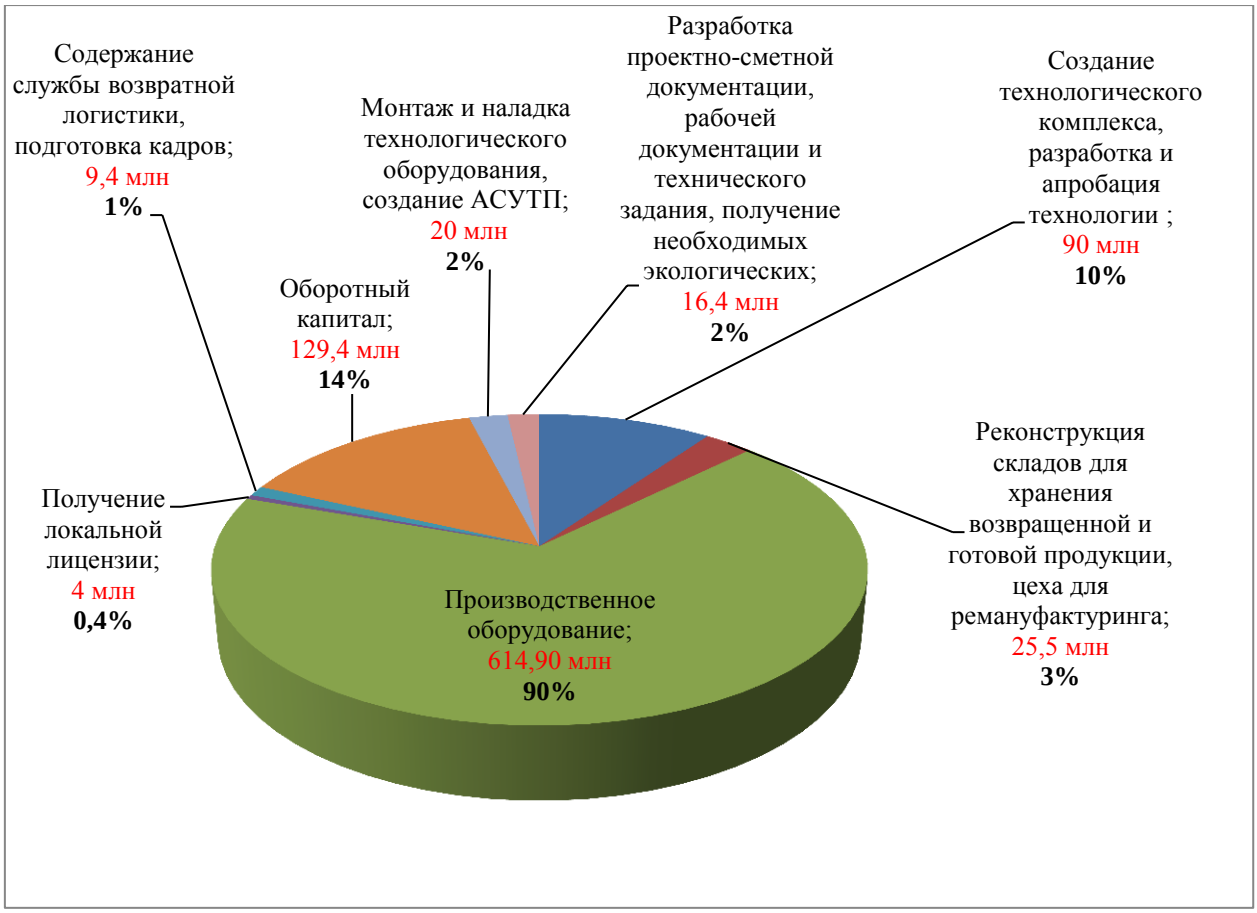


Рисунок 35. Структура стоимости проекта [Составлено автором]

График капитальных вложений представлен в таблице 25.

Таблица 25

График капитальных вложений, тыс. руб. [Составлено автором]

Наименование затрат	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	Стоимость тыс. руб. с НДС
Вклад инициатора проекта: создание технологического комплекса, разработка и апробация технологии и др.	90 000				90 000
Монтаж и наладка технологического оборудования, создание АСУТП			20 000		20 000
Разработка проектно-сметной документации, рабочей документации и технического задания, получение необходимых экологических и др.		4 920	11 480		16 400
Содержание службы возвратной логистики и подготовка кадров		2 156	4 176	3 098	9 430

Реконструкция складов для хранения возвращенной и готовой продукции, цеха для реманufактуринга		10 611	14 905	0	25 515
Закупка оборудования	0	614 946			614 946
Итого капитальные вложения	90 000	632 632	50 561	3 098	776 291

Общий объем планируемых капитальных вложений составляет 776 291 тыс. руб., в т. ч. в 1 кв. 2018 г. – 632 632 тыс. руб., в 2 кв. 2018 г.- 50 561 тыс. руб., в 3 кв. 2018 г. – 3 098 тыс. руб.

Источники финансирования

Инициатором проекта осуществляется финансирование из собственных средств в размере 90 млн. руб. (создание технологического комплекса, разработка и апробация технологии) с целью доказательства возможности осуществления реманufактуринга и дальнейшего кредитования.

Для дальнейшей реализации проекта предполагается привлечение средств инвестора - российского банка в размере 703 500 тыс. руб. на 3 года под 12% годовых с карантином по выплате процентов в первый год.

Проект имеет высокую коммерческую эффективность и имеет достаточный запас финансовой прочности, поэтому возврат заемных средств будет осуществлен в срок без ущерба для ликвидности компании с высоким коэффициентом покрытия.

Коммерческая эффективность проекта

Таблица 26

Показатели текущей деятельности [Составлено автором]

Выручка от реализации при выходе на запланированную мощность	8 028 787 тыс. руб. в год
Удельная выручка от реализации 1 детали	38,77 тыс. руб. /шт.
Удельная себестоимость 1 детали	19,51 тыс. руб. /шт.
Чистая прибыль	2 020 582 тыс. руб. в год
Рентабельность деятельности	65 %

Таблица 27

Показатели коммерческой эффективности [Составлено автором]

Простой срок окупаемости	лет	2,1
Дисконтированный срок окупаемости	лет	2,2
Чистый дисконтированный доход (NPV)	тыс. руб.	3 682 352
Рентабельность инвестиций (PI)	%	323%

Внутренняя норма доходности (IRR)	%	155%

Из вышеприведенных показателей можно заключить, что в рассматриваемом периоде проект является коммерчески эффективным, в приложении 9 подробно рассмотрены технико-экономические показатели проекта, подтверждающие его коммерческую эффективность.

Анализ рынка выпускаемой продукции

Состояние российского автопарка и емкость рынка

Согласно данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», по состоянию на 1 июля 2017 года в России насчитывается почти 42 млн. легковых автомобилей. Средний возраст парка составляет 12,5 лет, возраст старше 15 лет составляет 32% от общего количества автомобилей. На долю машин, соответствующих экологическим стандартам не ниже «Евро-4», приходится 40% от общего объема парка. При этом дизельных легковых автомобилей числится менее 5%. Если рассматривать марочную структуру парка легковых автомобилей, то 10 марок имеют парки, превышающие 1 млн экземпляров. Прежде всего, это LADA (13,83 млн шт.) и Toyota (3,7 млн шт.). Также в эту группу попадают Nissan, Hyundai, Chevrolet, Renault, KIA, Volkswagen, Ford и Mitsubishi, показатели которых находятся в интервале 1 – 2 млн единиц.

Согласно данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», в России на один проданный новый автомобиль приходится четыре с пробегом. Иными словами, доля новых автомобилей составляет 20%, подержанных – 80%. Так, по итогам 1 полугодия 2017 года в России было реализовано около 2 млн 492,5 тыс. легковых автомобилей с пробегом, что на 1,1% больше, чем в январе-июне 2016 года. При этом рынка в целом обусловлен увеличением продаж иномарок, которое составило 2,6% (до 1 млн 739 тыс. шт.).

ТОП-10 самых продаваемых подержанных автомобилей российских марок возглавляет LADA Samara. Реализация этой модели в январе-июне 2017 года достигла 195,1 тыс. штук (-6%). Из самых продаваемых иномарок с пробегом традиционно лидируют Ford Focus, Toyota Corolla и Hyundai Solaris.

В связи с ростом продаж на вторичном рынке продолжает расти и рынок сервисных услуг. За последние два года он в среднем прибавлял около10 млрд рублей ежегодно. В итоге, в 2016 году его объём достиг 264,2 млрд рублей (для легковых автомобилей). При этом сюда не включены услуги по шиномонтажу, мойке и кузовному ремонту.

Менее половины (46%) от этого объёма в нашей стране приходится на официальных дилеров (49 млрд рублей) и независимые СТО (73,3 млрд рублей). Остальное – это потенциал рынка (141,9 млрд рублей), под которым подразумеваются работы по ремонту и обслуживанию легковых автомобилей (производимые лично автовладельцами или механиками-частниками) в денежном выражении.

При этом в 2016 году на покупку запчастей для легковых автомобилей россияне потратили 1,26 трлн рублей или 18,8 млрд долларов. Согласно результатам исследования, общий объем вторичного рынка автомобильных компонентов и запчастей в России в 2016 году составил 970 млн единиц различных деталей.

Такой высокий и стабильно растущий спрос на подержанные автомобили, услуги автосервиса и покупку запасных частей подтверждает необходимость развития реманufактуринга деталей для автотранспортных средств.

Конкуренты

По состоянию на настоящее время свою деятельность на рынке запчастей осуществляют более 2 тыс. его участников. Большая часть этих фирм представлена отечественными компаниями. Впрочем, зарубежные организации предпринимают не менее активные меры по отслеживанию роста потребностей российского авторынка в стремлении обеспечить своей продукции как можно большие объемы сбыта. Одним из следствий подобных действий становится увеличение спроса на иномарки и детали к ним. В результате отечественным производителям приходится вступать в борьбу с европейскими, китайскими и турецкими конкурентами.

Благодаря низкой стоимости рабочей силы и грамотно выстроенной логистике на сегодняшний день лидером среди мировых производителей авто комплектующих является Китай. При этом тот факт, что деталь произведена в Китае, не говорит о том, что она некачественна, так многие известные бренды, такие как Ford, General Motors, Hyundai, Bosch, Continental имеют собственные фабрики в этой стране.

Крупные компании стараются локализовать производство своей продукции в странах, где у них имеется свой сборочный цех и наблюдается высокий спрос. Такой подход позволяет снизить затраты на транспортировку деталей и быстро адаптироваться к изменениям в экономике государства. В число этих стран входит и Россия – здесь расположено не только множество сборочных автомобильных производств, но и заводов по изготовлению запасных частей и даже основных узлов и агрегатов. Однако только компании Renault, Volvo и ZF занимаются реманufактурингом автокомпонентов.

В условиях кризиса, правительством РФ была начата политика импортозамещения, которая распространяется и на рынок запчастей. Однако, на данный момент замещение проходит не слишком успешно. В первую очередь, это вызвано тем, что очень малое количество предприятий в России способно развернуть такое производство, и еще меньшее число способно изготавливать комплектующие для иномарок. Во-вторых, часто запчасти, изготовленные на отечественных предприятиях, имеют довольно высокую цену по сравнению с теми же китайскими аналогами, которые в это же время практически не уступают им в качестве. В нынешней ситуации, когда потребитель старается найти наилучшее сочетание цены и качества, отечественные запчасти не пользуются особой популярностью и не могут удовлетворить потребности рынка в какой-либо значительной мере. Поэтому важным шагом является активное развитие реманufактуринга деталей, которое приведет к импортозамещению, насытит рынок и удовлетворит потребности клиентов относительно цены и качества.

Аналитическое агентство «АВТОСТАТ провело исследование предпочтений автовладельцев при обслуживании автомобиля и покупке запчастей. Согласно результатам опроса около половины (45%) автовладельцев при покупке сложных деталей или узлов отдают предпочтение оригиналам, а различные расходные части приобретают неоригинальную. При этом простые оригинальные детали приобретают 30% опрошенных, а их неоригинальные аналоги – 22%. Поэтому структура вторичного рынка автозапчастей по происхождению выглядит следующим образом:

Таблица 28

Структура вторичного рынка автозапчастей по происхождению [Автостат, 2016]

Происхождение запасных частей	Доля
Оригинальные запасные части	20-30%
Неоригинальные запасные части	40-60%
Контрафакт	20-30%

Одной из серьезнейших проблем отечественного рынка авто компонентов выступает наличие большого количества поддельной продукции. Незаконный сбыт охватывает существенную долю объема продаж, при этом величина ущерба от контрафактного товара составляет как минимум 2 миллиарда долларов.

Поддельная продукция причиняет огромный урон репутации как производителей транспортных средств, так и поставщиков деталей для иномарок. Единственным действенным способом борьбы с контрафактом может быть создание на рынке таких условий, при которых его изготовление, сбыт и использование утратят какую-либо экономическую выгоду. И таким способом является реманufактуринг, позволяющий

вернуть бывшие в употреблении детали оригинальному производителю, получив за это скидку на покупку новой оригинальной детали покупателю, а производителю снизить издержки по изготовлению детали на уровне «как новая».

В настоящее время наблюдается тенденция к сокращению количества дилерских центров: в 2016 году оно уменьшилось с 4,5 тыс. до 4 тыс. На протяжении многих лет ключевым источником дохода дилеров были продажи новых автомобилей, в то время как на западных рынках доход формируется главным образом за счет прибыли от продажи подержанной техники, оказания сервисных услуг и послепродажного обслуживания. В России у официальных дилеров обслуживаются в основном гарантийные автомобили, возраст которых не превышает трех лет. В то же время в Германии официальные дилеры обслуживают почти половину всех машин в стране в возрасте до восьми лет.

Сравнение РФ с западными странами демонстрирует относительно невысокую степень охвата рынка дилерскими центрами – около 34 дилеров на 1 млн человек взрослого населения против 80-120 дилеров в Западной Европе. Это указывает на потенциал развития отрасли, который будет раскрываться по мере развития технологий реманufактуринга.

По мнению многих экспертов, в ближайшем будущем отечественный рынок автозапчастей ожидает стабильный рост объемов продаж. В целом, бизнесу по производству комплектующих в России в долгосрочной перспективе для достижения уровня западных стран, необходима трансформация бизнес-модели. Нужно диверсифицировать услуги и продукты внедряя технологии восстановления и главное – придерживаться принципов обеспечения высокого качества, проведения мудрой политики ценообразования, организации маркетинговых каналов, поддержания высокой логистики поставок с целью импортозамещения и формирования нового прибыльного сегмента реманufактуринга.

Описание выпускаемой продукции

В связи с высокой долей продаж автомобилей LADA марок Granta, Kalina, Priora, Vesta, как на вторичном, так и на первичном рынке спрос на запасные части и детали будет существенным, что подтверждает целесообразность развития реманufактуринга оригинальных деталей для данных марок автомобилей. С учетом текущего производства, а также статистики о предпочтении потребителей покупки оригинальных сложных деталей или узлов целесообразно восстанавливать запчасти, представленные в таблице 29.

Таблица 29

Детали для реманufактуринга АВТОВАЗ [Составлено автором]

Наименование продукции, объем выпуска	Характеристика продукции	Соответствие техническим требованиям	Перспективы по дальнейшей утилизации продукции в случае невозможности реманufактуринга
Коробка передач	Автоматическая 21902, 21120 и механическая 2181, 2180, 21807 коробка передач для марок автомобилей ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172, LADA Vesta, XRAY	После операций восстановления деталь будет соответствовать всем техническим требованиям, иметь гарантию в течении одного года и является по всем своим характеристикам аналогом новой детали, не уступающей по качеству	В соответствии с моделью принятия решений в случае нецелесообразности с точки зрения затрат или невозможности восстановления, выявленной в ходе демонтажа детали отдельные ее части будут отправляться на переработку для получения нового сырья и дальнейшего использование в производственном процессе
Двигатель	Двигатель моделей 21127, 21129, 21179, Н4М для марок автомобилей ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172, LADA Vesta, XRAY		
Рулевая рейка	Рулевая рейка 21920, 11183, 845006828 для марок автомобилей ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172, LADA Vesta, XRAY		

Маркетинговая стратегия производителя

Восстановление производства является одной из таких стратегий, которые могут рассматриваться не только как способ соблюдения законодательства, но и как возможности для бизнеса с высоким воздействием на экономику (Guide and Van Wassenhove, 2001; Linton, 2008, Subramoniam et al., 2013). В этом смысле реманufактуринг автозапчастей можно рассматривать как одну из наиболее привлекательных стратегий устойчивого развития окружающей среды (Sharma et al. 2010,).

Компания предлагает восстановленные детали и гарантирует:

Производство деталей: восстановленные детали – это обновлённые запасные части, собранные из использованных механических деталей и деталей, взятых с автомобилей, идентичных вашей модели.

Соотношение оптимальной цены и качества: стоимость восстановленных деталей на 30-50% ниже стоимости новых оригинальных деталей.

Меньшая затрата времени на ремонт: замена старой детали занимает гораздо меньше времени, чем её ремонт. Использование восстановленных деталей позволяет сократить время простоя автомобиля в сервисе.

Оптимальное качество: восстановленные детали – это надёжные детали. Они одобрены компанией и полностью соответствуют нормам производства и эксплуатации. Восстановленные детали соответствуют высокому уровню качества и относятся к категории оригинальных запасных частей, имеют гарантию 1 год.

Еще одним преимуществом является то, что восстановленные компоненты помогают снизить локальные выбросы CO2, сократить потребления сырья и материалов, что формирует экологическое сознание и развивает рынок «зеленых» товаров.

Покупатели выпускаемой продукции

Покупателями восстановленных деталей являются как владельцы новых автомобилей с гарантией, проходящих техническое обслуживание в дилерских автоцентрах. Так и собственники автомобилей на вторичном рынке, гарантия которых уже истекла и в связи с длительным сроком эксплуатации, требующих замены или ремонта изношенных деталей. С учетом цены, которая существенно ниже новой детали и качества аналогично новому компоненту, потребитель получит выгоду и уверенность при выборе восстановленной автозапчасти.

Ценовая стратегия

В Таблице 30 приведены рекомендованные розничные цены для конечного клиента на некоторые популярные восстановленные запасные части.

Таблица 30

Цены на восстановленные и новые детали, тыс. руб. [Составлено автором]

Продукция	Цена восстановленного изделия, тыс. руб. за 1 шт. 2018 г.	Цена нового изделия, тыс. руб. за 1 шт. 2018 г.
Коробкапередач механика модель 2181, 2180	21,13	30,18
Рулевая рейка 845006828	13,90	19,85
Двигатель модель 21127, 21129	78,75	112,5
Двигателя модели 21179, Н4М	102,10	145,86
Рулевая рейка модель 21920, 11183	7,16	10,23
Коробка передач механика 21807	29,58	42,25
Коробка передач автмат модель 21902, 21120	102,42	146,32

Цены на восстановленные детали на 30% ниже новых аналогов, это во-первых, связано с экономией затрат, во-вторых, с привлечением клиентов к покупке оригинальных запасных частей, а в-третьих, исходя из практики передовых компаний, устанавливающих цены на восстановленные изделия на 30-40% ниже новых.

Сбытовая и коммуникационная стратегия

Несколько слов об организации логистики. Все собранные дилерами неисправные узлы и детали маркируются, заносятся в специальную программу и отправляются в центр сбора и обработки деталей, подлежащих восстановлению. Поступившие детали проходят дополнительную проверку на соответствие критериям, сортируются и упаковываются. Затем детали отправляются на узловой склад, где аккумулируются все подлежащие восстановлению узлы и детали. Следующий шаг – переброска деталей на заводы-производителя. Поскольку восстановление идет промышленным способом, деталь, получившая вторую жизнь, практически не отличается от новой. Разница в итоге будет лишь в каталожном номере. Если технология изготовления детали поменялась, все новшества обязательно будут применены при восстановлении старой детали.

Возможность совместного использования одних и тех же каналов для возврата бывшей в употреблении продукции, и распределения восстановленной и новой продукции, поставка восстановленных деталей в авторизованные сервисные и дилерские центры.

Меры по продвижению:

1. Создание сайта (сайт «вывеска») – отражающий уникальность производства, ассортимент продукции с ценами, контактные данные.

2. Участие в специализированных выставках: Международная выставка по проблемам экологии в различных областях экономики, Международная выставка сырья, машин и оборудования и др.

3. Адаптация рекламных кампаний к различным потребительским сегментам для восстановленной продукции.

Производственный план

Технология производства

Процедуре реманufактуринга предшествует немаловажная стадия, а именно возврат бывшей в употреблении детали, при которой на дилерскую станцию попадает изношенная или сломанная запасная часть автомобиле. Если первичный осмотр показывает, что деталь

подлежит восстановлению и является одной из восстанавливаемых на заводе деталей, то ее отправляют в центр сбора и обработки деталей, подлежащих восстановлению. Для стимулирования возвратного потока вводится кредитная система, при которой клиентом накапливаются кредиты при возврате детали, которые он может обменять на скидку для покупки новой или восстановленной детали. После сбора на центральном региональном пункте сбора и обработки деталь отправляется на восстановительное производство.

После поступления агрегатов в восстановительное производство деталь проходит несколько этапов мойки, затем деталь подлежит разборке, ее компоненты осматриваются и отбраковываются. Демонтаж осуществляется с помощью специального оборудования позволяющего предотвратить повреждение деталей. Изношенные элементы заменяются на новые оригинальные детали. А при необходимости внесения конструктивных изменений агрегат комплектуется новыми узлами, соответствующими современным техническим спецификациям.

Перед началом процесса восстановления все составные части детали вновь проходят обязательную процедуру очистки, но уже в разобранном виде. Затем все элементы еще раз тщательно проверяются.

После того, как узлы и элементы либо заменены на новые либо восстановлены до состояния технически нового изделия и соответствуют всем нормам, запчасти отправляются на сборку. Все процедуры выполняются с использованием специальных инструментов, соблюдением моментов затяжки и иных характеристик, применяемых при сборке новых агрегатов. После окончания сборки изделие проходит тестирование на испытательных стендах, где проводится цикл испытаний, приближенных к наиболее жестким условиям эксплуатации. Завершающим этапом восстановительного процесса является окраска в те же цвета, что и новые оригинальные запчасти. На склад отправляется испытанное и проверенное на работоспособность изделие имеющее вид новой запчасти.

Подробная схема технологического процесса реманufактуринга представлена на рисунке 36.

Рис. 36. Схема технологического процесса реманufактуринга [Составлено автором]

Экологическая эффективность производства

Согласно модели оценки воздействия на окружающую среду производства новых автомобильных деталей (двигателей) и их реманufактуринга, предложенной группой ученых из Китая [Shi J., Li T., Liu Z., Zhang H., Peng S., 2015], произведен расчет основных экологических показателей проекта. С учетом прогнозных данных проекта об объеме восстановления, материалов применимых при их восстановлении, а также весе и составных элементах, применимых металлов и сплавов, предварительные экологические выгоды проекта, полученные с помощью модели оценки Ши Дж., Лиу Т. и др., представлены в таблице 31.

Таблица 31

Общие экологические выгоды проекта

Наименование	Сокращение, %	Сокращение, в год
CO_2	88	-
Энергетические ресурсы	74	79 460 000 кВт/ч
Сырьевые ресурсы	83	7 682 220 кг

Таким образом, реманufактуринг деталей связан со следующими экологическими выгодами:

• Продление жизненного цикла продукции и использование ее в соответствии с первоначальными целями, вместо захоронения на полигонах в виде отходов или переработки в сырье и материалы, которые требуют дополнительных энергетических, трудовых и сырьевых затрат ресурсов для производства готового изделия.

• Сокращение сырьевых и энергетических ресурсов, а также снижение выбросов парниковых газов в сравнении с производством новых деталей.

Финансовый план

Принятые допущения

Целью составления финансового плана является определение, анализ и интерпретация финансовых показателей проекта, имеющих значение для его

осуществления.

Расчет выполнен для 6 лет, шаг расчета - 1 квартал. Финансовый план разработан в соответствии с методикой UNIDO и российскими нормативными документами, подробные расчеты представлены в Приложениях 8 и 9.

Расчет финансовых результатов произведен в постоянных ценах в российских рублях для условий III квартала 2017 г. при курсе доллара США – 58,0169 руб. за 1 долл., курсе евро – 68,4483 руб на конец квартала. Основная денежная расчетная единица – тыс. рублей.

Для оценки целесообразности осуществления проекта определены его финансовая состоятельность, коммерческая и бюджетная эффективность.

Эффективность определена с учетом дисконтирования – приведения разновременных потоков денежных средств с учетом снижения ценности (значимости) денежных ресурсов по мере отдаления во времени операций, связанных с их расходованием и получением.

Финансовое прогнозирование осуществлялось с использованием компьютерной экономической модели, вследствие чего возможно отклонение сумм в последнем знаке в результате округления значений. Основные выходные формы расчетов соответствуют стандартным формам отчетности, принятым в Российской Федерации.

Расчет выполнен для инвестиционного проекта внедрения реманufактуринга автомобильных запасных частей и деталей Публичным акционерным обществом "АВТОВАЗ".

Расчет сумм по налогам, отчислениям в бюджет и внебюджетные фонды произведен на основе законодательства, действующего на момент разработки бизнес-плана. При этом предполагается, что они останутся неизменными на протяжении всего рассматриваемого периода.

Ввиду длительности рассматриваемого периода в пояснительной записке приводятся таблицы и графики, содержащие значения показателей не за весь период реализации проекта, а лишь за тот период, который позволяет наглядно продемонстрировать описываемые события и тенденции.

Затраты, включенные в себестоимость продукции, определены в соответствии с действующим законодательством. Прибыль от продаж была определена как разница выручки от продаж и себестоимости. При расчете прибыли от основной деятельности (чистой прибыли) учтены налог на прибыль. Необходимые инвестиции в оборотный капитал определялись на основе потребности в чистом оборотном капитале, определенном как разница оборотных активов и краткосрочных пассивов. В состав оборотных активов были включены запасы сырья и материалов, незавершенное производство, готовая продукция, дебиторская задолженность, НДС по приобретенным ценностям (на период эксплуатации), а также прочие оборотные активы. В состав краткосрочных пассивов включена кредиторская задолженность.

Прогноз объемов возврата для реманufактуринга

Предполагаемый объем возврата, представленный в таблице 8, спрогнозирован исходя из структуры российского автопарка, статистики поломок, среднего возраста автомобилей и степени износа, а так же согласно статистике предпочтений покупателей относительно оригинальных запасных частей. Так, Средний пробег 150 000 тыс. км согласно статистике автомобиль в РФ проходит на 8-9 год владения, т.е. 9 летней машине требуется замена рулевой рейки, коробки передач и двигателя. При этом 10% автомобилей согласно статистике может потребоваться замена рулевой рейки, у 20% автомобилей наблюдается неисправность двигателя, у 5% автомобилей возникают проблемы с коробкой передач в возрасте до 9 лет.

Таблица 32

Объем возврата бывших в употреблении деталей, 2018-2020 гг., шт. [Составлено автором]

Наименование продукции	Модель автомобиля	Объем возврата, шт. 2018 г	Объем возврата, шт. 2019 г	Объем возврата, шт. 2020 г
Коробка передач автомат 21902, 21120	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	46	70	96
Коробка передач механика 2181, 2180	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	107548	135049	166469
Коробка передач механика 21807	LADA Vesta, XRAY	23	311	409
Двигатель модель 21127, 21129	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	110849	131537	155307
Двигатель модель 21179, Н4М	Lada Vesta, XRAY	62	1690	2277
Рулевая рейка 21920, 11183	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	108679	133908	162782
Рулевая рейка 845006828	Lada Vesta, XRAY	37	1014	1366

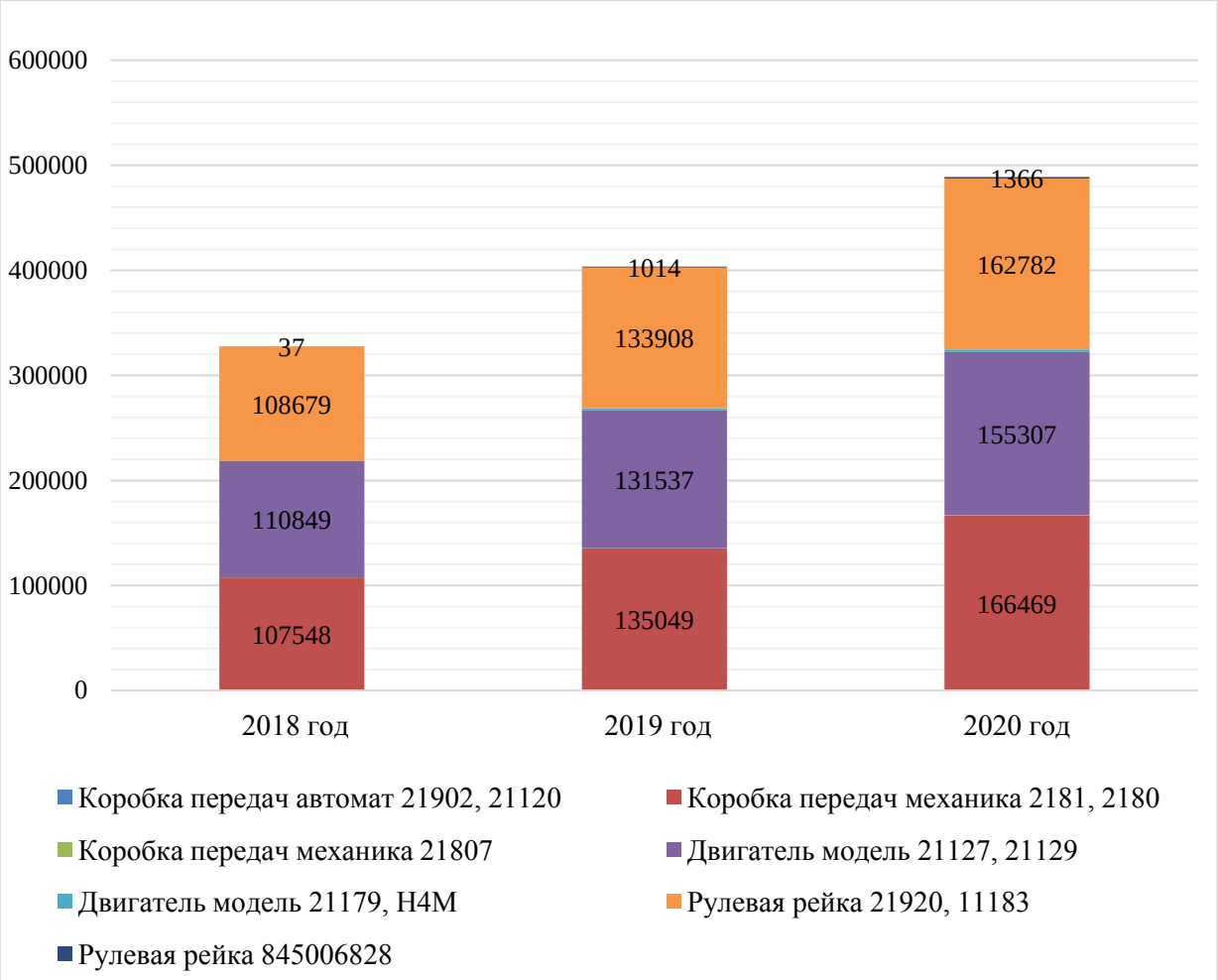


Рис. 37. Объем возврата бывших в употреблении деталей для реманufактуринга, шт. [Составлено автором]

Прогноз выручки от реализации восстановленных деталей

Выручка от реализации в зависимости от объема восстановления представлена в таблице, с учетом трех сценариев реманufактуринга возвращенных деталей (100% восстановление, 50% восстановление, 10% восстановление возвращенных деталей)

Таблица 33

Выручка от реализации в зависимости от объема реманufактуринга, тыс. руб. [Составлено автором]

Наименование продукции	Модель автомобиля	Выручка при условии реманufактуринга 100%/ 50%/ 10%., тыс.руб. 2018 г	Выручка при условии реманufактуринга 100%/ 50%/ 10%., тыс.руб. 2019 г	Выручка при условии реманufактуринга 100%/ 50%/ 10%., тыс.руб. 2020 г
Коробка передач автомат	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194,	4711504	7169680	9832704
		2355752	3584840	4916352

21902, 21120	2170, 2172	471150	716968	983270
Коробка передач механика 2181, 2180	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	2272059048	2853045174	3516824094
		1136029524	1426522587	1758412047
		227205904	285304517	351682409
Коробка передач механика 21807	LADA Vesta, XRAY	680225	9197825	12096175
		340112	4598912	6048087
		68022	919782	1209617
Двигатель модель 21127, 21129	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	8729358750	10358538750	12230426250
		4364679375	5179269375	6115213125
		872935875	1035853875	1223042625
Двигатель модель 21179, Н4М	Lada Vesta, XRAY	6330324	172552380	232486254
		3165162	86276190	116243127
		633032	17255238	23248625
Рулевая рейка 21920, 11183	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	778250319	958915188	1165681902
		389125159	479457594	582840951
		77825031	95891518	116568190
Рулевая рейка 845006828	Lada Vesta, XRAY	514115	14089530	18980570
		257057	7044765	9490285
		51411	1408953	1898057

Структура выручки от реализации продукции с учетом 50% реманufактуринга возвращенных деталей представлена на рис. 38.

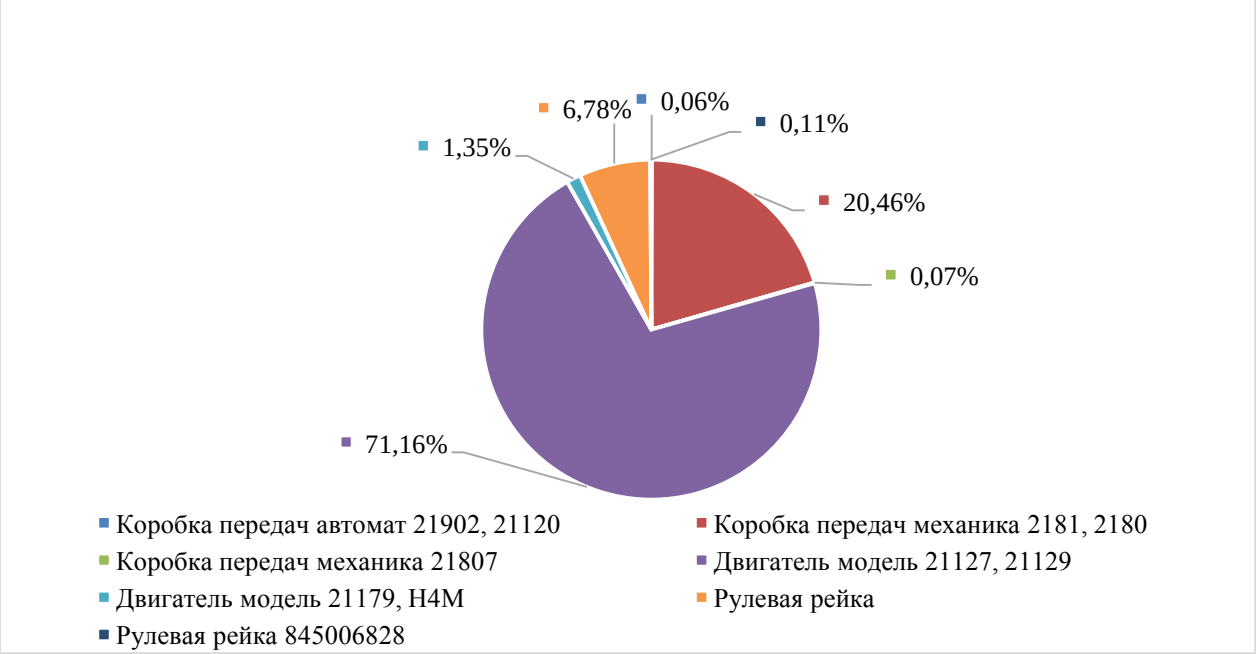


Рис. 38. Структура выручки от реализации при условии 50% реманufактуринга возвращенной продукции 2020 год [Составлено автором]

Выручка от реализации с выходом на пятидесятипроцентное восстановление возвращенных деталей в 2020 году составит 8 028 787 рублей в год (с НДС).

Себестоимость реманufактуринга

В общем виде затраты на реманufактуринг одной детали определяются по формуле (8):

$$C_r = C_v + C_c + C_a + \sum_{i=1}^{n}\langle \sum_{j=0}^{n} M_{i,j} + \sum_{j=0}^{n} W_{i,j} + \sum_{j=0}^{n} E_{i,j} + \sum_{j=0}^{n} R_{i,j}\rangle \quad (8)$$

(сумма под знаком суммы означает, что подсчет ведется по всем операциям технологического процесса), где

C_v - стоимость изношенной детали

C_c - удельные Общецеховые и общезаводские расходы

C_a - удельные Амортизационные отчисления

$M_{i,j}$ – удельные Затраты на покупку и транспортирование сырья и материалов

$W_{i,j}$ – удельные Затраты на оплату труда

$E_{i,j}$ - удельные Затраты на газ, электроэнергию и воду

$R_{i,j}$ – удельные затраты на организацию возвратной логистики

Общая себестоимость производства продукции при выходе на планируемый объем производства будет составлять 4 766 147 тыс. руб. в год (С НДС). Динамика полной себестоимости, а также структура себестоимости представлена на рис. 39., рис. 40.

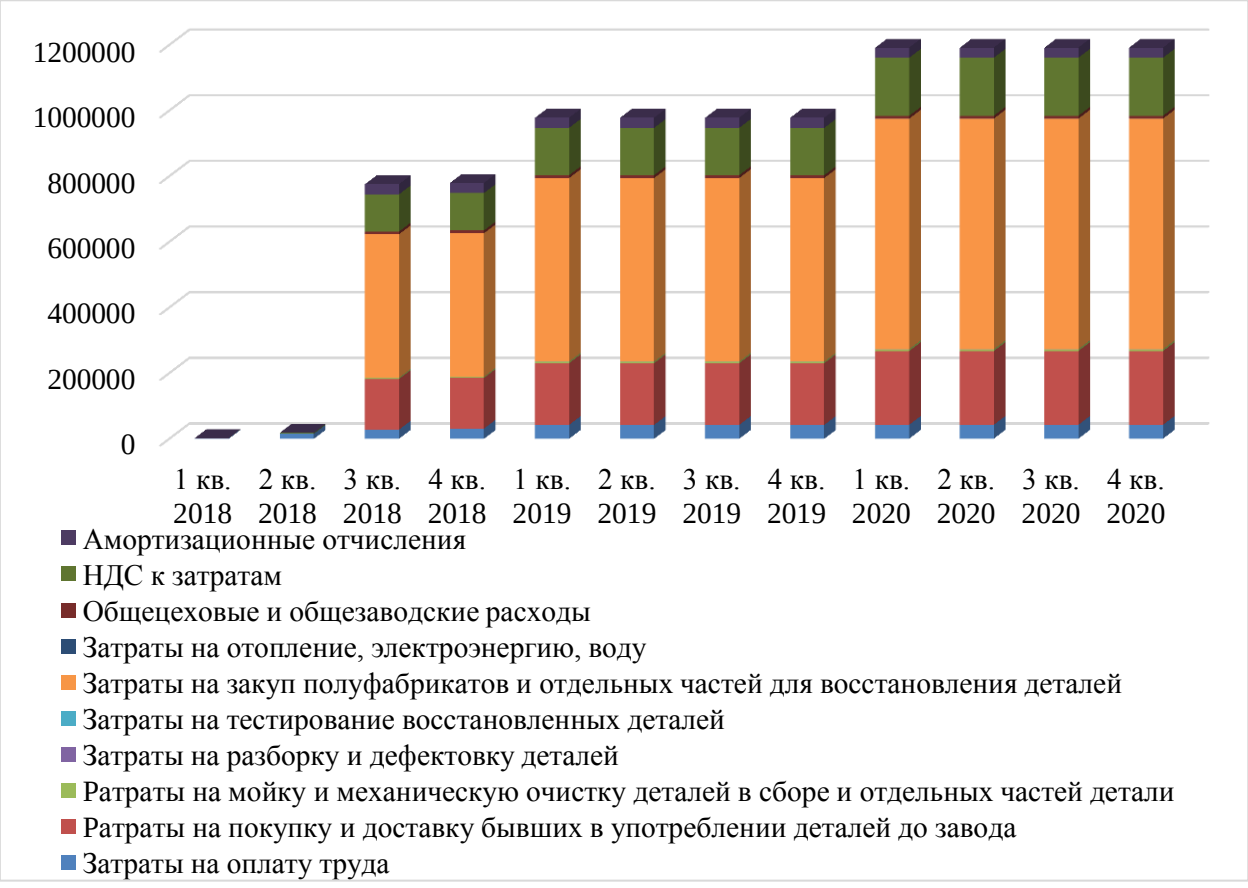


Рис. 39. Динамика себестоимости реманufактуринга деталей [Составлено автором]

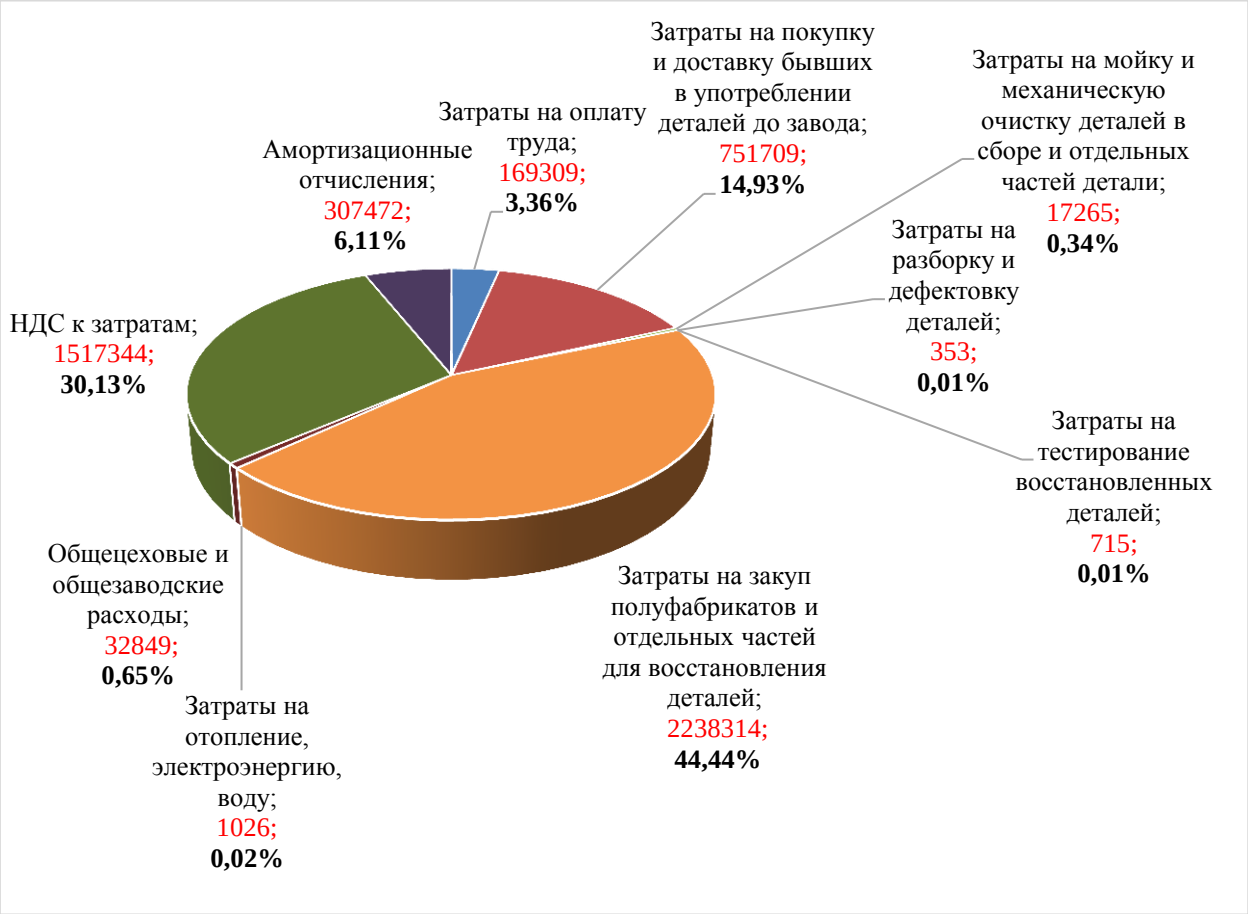


Рис. 40. Структура себестоимости реманufактуринга деталей [Составлено автором]

Затраты на организацию возвратного потока бывших в употреблении деталей

Затраты на возвратную логистику бывших в употреблении деталей включают в себя стоимость детали, затраты на топливо и погрузочные работы, общие затраты на организацию возвратной логистики составят 898 928 тыс. руб. в год при выходе на запланированную мощность. Динамика и структура затрат на возвратную логистику представлена на рисунке 41.

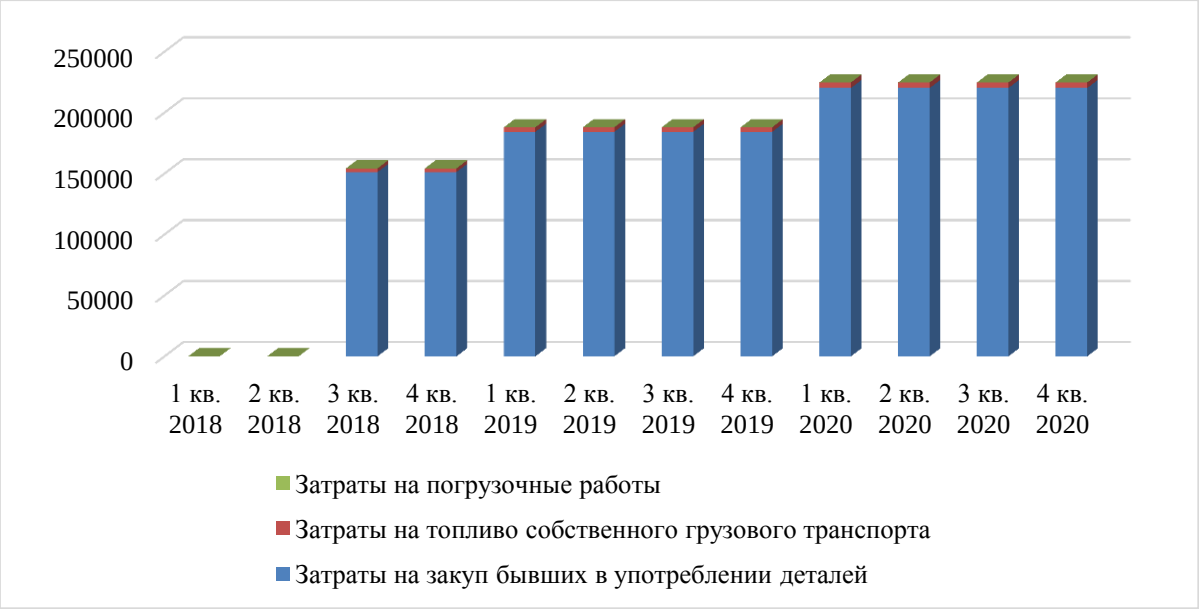


Рис. 41. Динамика и структура затрат на возвратную логистику [Составлено автором]

Затраты на закуп и доставку необходимых сырья и материалов

Затраты на закуп полуфабрикатов и отдельных частей для восстановления деталей формируются из затрат на покупку полуфабрикатов и отдельных частей, затраты на топливо и погрузочно-разгрузочные работы. Общие затраты на закуп и доставку необходимых сырья и материалов при выходе на планируемую мощность составят 2 810 142 тыс. руб. (Без НДС). Динамика и структура затрат закуп и доставку необходимых сырья и материалов представлена на рисунке 42.

Рис. 42. Динамика и структура затрат на закуп и доставку необходимых сырья и материалов [Составлено автором]

Затраты на процедуру ремагуфактуринга

Затраты на процедуру реманufактуринга, а именно мойку детали в сборе и отдельных частей, разборку и дефектовку деталей, тестирование восстановленных деталей при выходе на планируемую мощность составят 22 200 тыс. руб. в год.

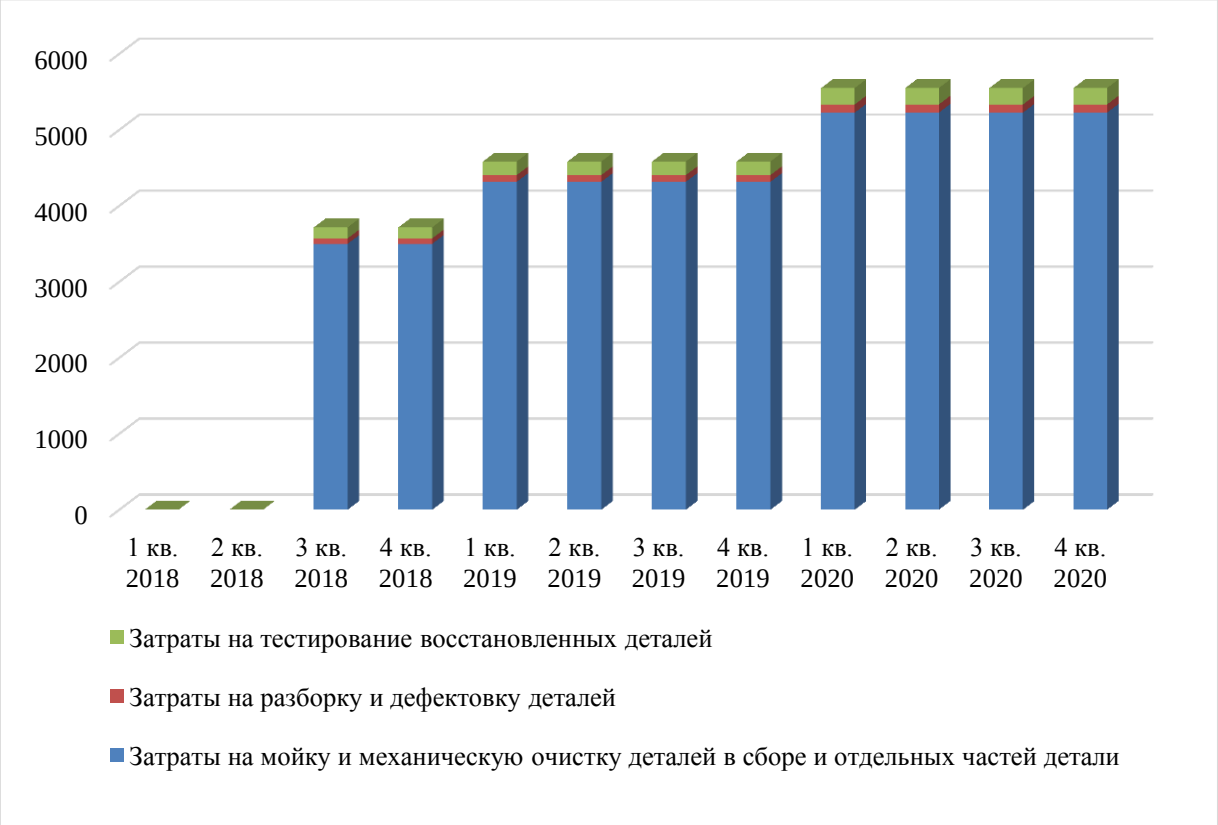


Рис. 43. Динамика и структура затрат на реманufактуринг деталей [Составлено автором]

Затраты на газ, электроэнергию, воду

Затраты на коммунальные расходы при выходе на планируемую мощность составят 1 204 тыс. руб. в год.

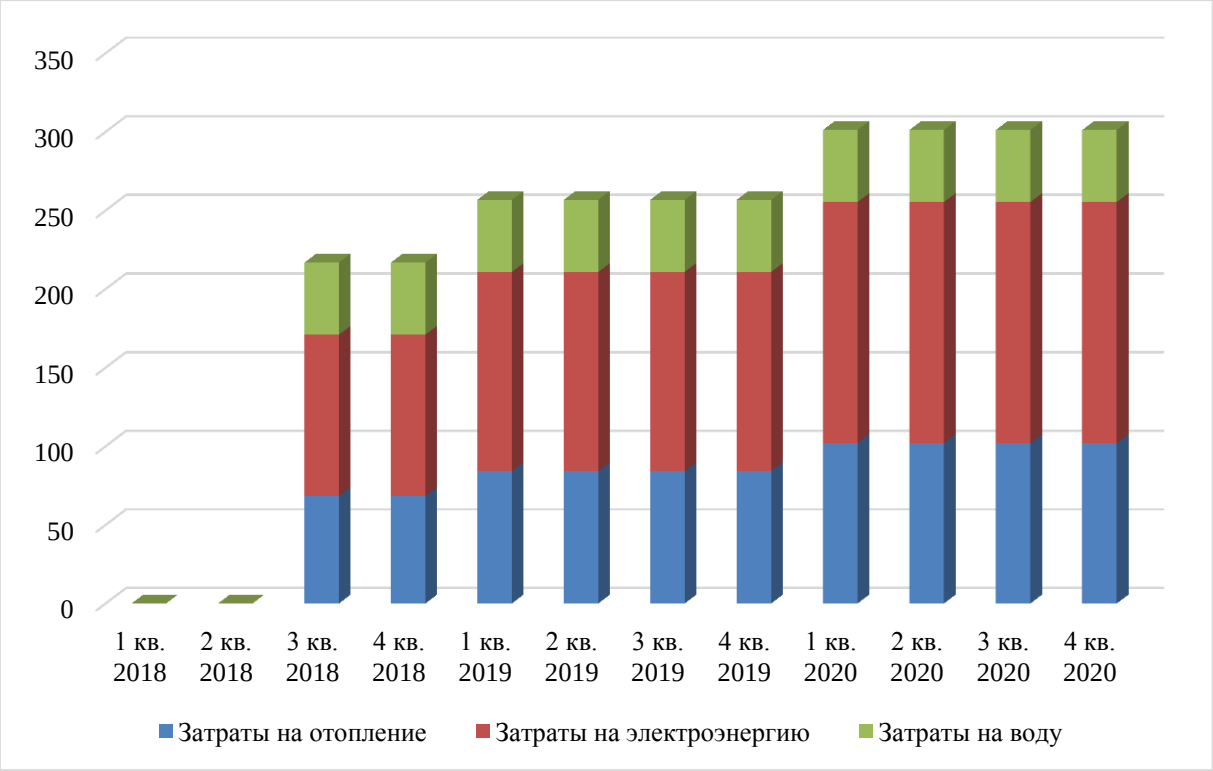


Рис. 44. Динамика и структура затрат на коммунальные платежи [Составлено автором]

Общецеховые и общезаводские расходы

Общецеховые и общезаводские расходы составляют 33 102 тыс. руб. в год при выходе на планируемую мощность. Расчет общезаводских расходов был выполнен в соответствии с рыночными ценами на услуги и расходами фактических сложившихся на существующем и на подобных предприятиях.

Рис. 45. Структура общецеховых и общезаводских расходов [Составлено автором]

Затраты на оплату труда

При выходе на запланированную производственную мощность затраты на оплату труда будут составлять 30 672 тыс. руб. в квартал (без учета страховых взносов). Расчет фонда заработной платы произведен в соответствии с прогнозируемой расстановкой персонала и соответствующей среднемесячной заработной платой. Расчет отчислений с заработной платы проведен в соответствии с действующим законодательством.

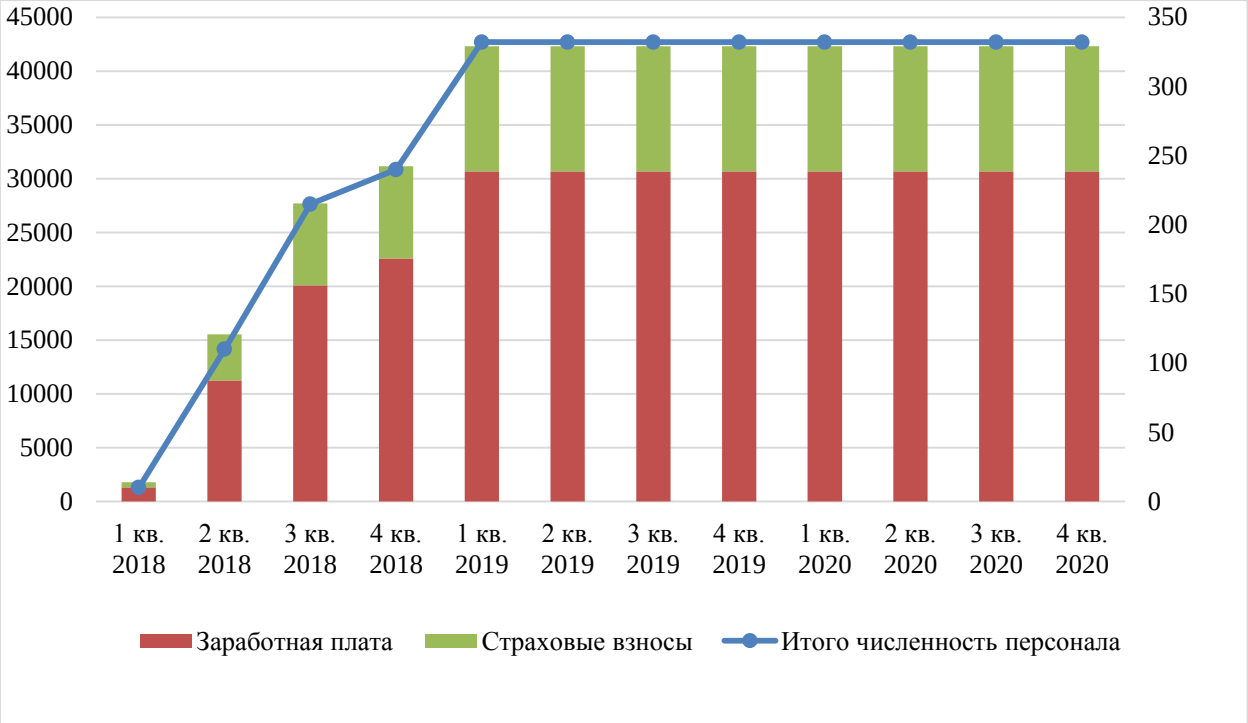


Рис. 46. Динамика численности персонала и ФОТ [Составлено автором]

Амортизационные отчисления

Ежегодная сумма амортизационных отчислений составит 122 989 тыс. руб. При расчете амортизационных отчислений для оборудования - в соответствии со сроком полезного пользования.

Прибыль компании

Анализ финансовых результатов позволяет соотнести доходы, получаемые в процессе производственной деятельности, с расходами, понесенными в этот же период. Анализ соотношения доходов и расходов позволяет определить размеры налогов, которые необходимо выплачивать в соответствии с действующим законодательством, оценить резервы увеличения собственного капитала. Валовая прибыль представляет собой разницу между выручкой от реализации и себестоимостью продукции. Нераспределенная прибыль определена как разница между валовой прибылью и налогами, относимыми на прибыль от реализации. Валовая прибыль при выходе на запланированный объем реманufактуринга составит 4 707 812 тыс. руб.

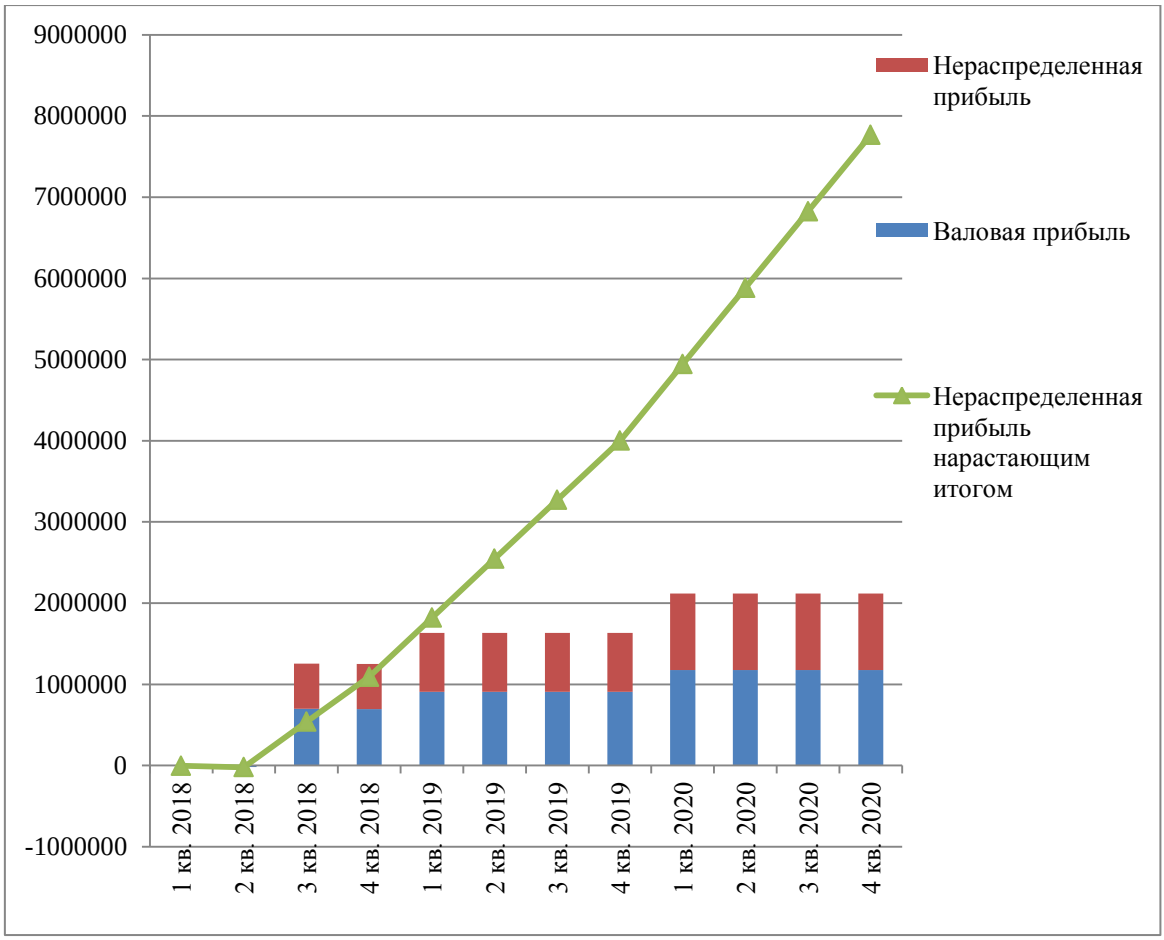


Рис. 47. Динамика и структура прибыли [Составлено автором]

Инвестиционные затраты

Капитальные вложения

График освоения капитальных вложений представлен в Таблице 34.

Таблица 34

Календарный график капитальных вложений [Составлено автором]

ПРЯМАЯ ПОКУПКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	Итого	Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018
Оборудование для приема и первичной дефектовки	428	тыс. руб.		363		
Оборудование для мойки и очистки детали в сборе	1 930	тыс. руб.		1 635		
Камера механической очистки	72 073	тыс. руб.		61 079		
Диагностическое оборудование и инструменты	42 106	тыс. руб.		35 683		
Оборудование для мойки разобранной детали	2 406	тыс. руб.		2 039		
Стенд для промывки гидротрансформаторов	144	тыс. руб.		122		
Оборудование и инструменты для	109 378	тыс.		92 693		

сборки/разборки детали и дефектовки		руб.				
Оборудование для восстановления	250 625	тыс. руб.		212 394		
Оборудование участка диагностики и испытаний	135 856	тыс. руб.		115 132		
Итого стоимость оборудования	614 946	тыс. руб.	0	521 140	0	0
Балансовая стоимость		тыс. руб.	0	521 140	521 140	521 140
НДС к оборудованию	18%	тыс. руб.	0	93 805	0	
КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ	Итого	Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2017	3 кв. 2018
Вклад инициатора проекта: создание технологического комплекса, разработка и апробация технологии и др.	90 000	тыс. руб.	76 271			
Монтаж и наладка технологического оборудования, создание АСУТП	20 000	тыс. руб.			16 949	
Разработка проектно-сметной документации, рабочей документации и технического задания, получение необходимых экологических и др.	16 400	тыс. руб.		4 169	9 729	
Содержание службы возвратной логистики	5 390	тыс. руб.		1 827	1 827	914
Подготовка эксплуатационных кадров	4 040	тыс. руб.			1 712	1 712
Реконструкция складов для хранения возвращенной и готовой продукции, цеха для реманufактуринга						
Сооружение цеха для реманufактуринга	9 750	тыс. руб.		2 479	5 784	
Сооружение склада хранения возвращенной продукции	4 500	тыс. руб.		1 907	1 907	
Сооружение склада хранения восстановленной продукции	7 765	тыс. руб.		4 606	1 974	
Установка системы систем аспирации и вентиляции, видеонаблюдения	3 500	тыс. руб.			2 966	
Итого Капитальные вложения	161 345	тыс. руб.	76 271	14 989	42 848	2 625
НДС к капитальным вложениям	18%	тыс. руб.	13 729	2 698	7 713	473
ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ		Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2017	3 кв. 2018
Капитальные вложения		тыс. руб.	76 271	536 390	43 593	2 671
здания и сооружения		тыс. руб.	76 271	14 989	42 848	2 625
оборудование		тыс. руб.	0	521 140	0	0
прочие кап. вложения	2%	тыс. руб.	0	261	745	46
Нематериальные активы		тыс. руб.	0	4 000	0	0
приобретение локальной лицензии (паушальный взнос)		тыс. руб.		4 000		
приобретение иных нематериальных активов		тыс. руб.				
Итого инвестиционные затраты		тыс. руб.	76 271	540 390	43 593	2 671
Инвестиционные затраты нарастающим итогом		тыс. руб.	76 271	616 661	660 254	662 925

НДС к инвестиционным затратам	18%		13 729	96 550	7 847	481

Загрузка производственных мощностей АВТОВАЗа - 46%, поэтому нет необходимости в Увеличении мощности инженерных систем, а так же Закупке автотранспорта, погрузочного и вспомогательного оборудования. Суммарный объем капитальных вложений по проекту составляет 781 532 тыс. руб. (с НДС)

Оборотный капитал

Оборотные средства представляют собой авансируемую в денежной форме стоимость для планомерного образования и использования оборотных производственных фондов и фондов обращения в минимально необходимых размерах, обеспечивающих выполнение предприятием производственной программы и своевременность осуществления расчетов.

Оборотные средства предприятия выполняют две функции: производственную и расчетную. Выполняя производственную функцию, оборотные средства, авансируясь в оборотные производственные фонды, поддерживают непрерывность процесса производства и переносят свою стоимость на произведенный продукт. По завершении производства оборотные средства переходят в сферу обращения в виде фондов обращения, где выполняют вторую функцию, состоящую в завершении кругооборота и превращении оборотных средств из товарной формы в денежную.

Ритмичность, слаженность и высокая результативность работы предприятия во многом зависит от его обеспеченности оборотными средствами. Недостаток средств, авансируемых на приобретение материальных запасов, может привести к сокращению производства, невыполнению производственной программы. Излишнее отвлечение средств в запасы, превышающие действительную потребность, приводит к омертвлению ресурсов, неэффективному их использованию.

В данном проекте была проведена работа по исследованию организации оборотных средств (чистого оборотного капитала), включающая в себя:

- определение состава и структуры оборотных средств;
- установление потребности предприятия в оборотных средствах;
- определение источников формирования оборотных средств.

Для оценки потребности в инвестициях был выполнен прогноз потребности в чистом оборотном капитале, определенном как разница оборотных активов и краткосрочных пассивов. В состав оборотных активов были включены запасы сырья и материалов и дебиторская задолженность. В состав краткосрочных пассивов включена кредиторская

задолженность перед поставщиками, бюджетом и персоналом. При расчете кредиторской задолженности особое внимание было уделено поддержанию нормативного уровня задолженности (не превышающего уровня текущих платежей) по заработной плате, в бюджет и внебюджетные фонды.

После освоения производственной мощности потребность в чистом оборотном капитале стабилизируется на уровне 325 500 тыс. руб. в квартал.

Источники финансирования

Внешними источниками финансирования проекта являются:

Осуществленные собственные средства инициатора проекта (в размере 90 000 тыс. руб.).

Привлеченные денежные средства на возвратной основе под 12% годовых.

График финансирования проекта и возврата заемных средств представлен в таблице 35.

Таблица 35

График финансирования проекта и возврата заемных средств, тыс. руб. [Составлено автором]

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ		Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2 кв. 2019	3 кв. 2019	4 кв. 2019	1 кв. 2020	2 кв. 2020	3 кв. 2020	4 кв. 2020
Собственные средства инициатора проекта		тыс. руб.	90 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Средства нарастающим итогом		тыс. руб.	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000
Кредит		тыс. руб.	0	638 000	52 000	13 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Задолженность по кредиту		тыс. руб.	0	638 000	690 000	703 500	643 500	583 500	523 500	413 500	303 500	193 500	83 500	0	0
Выплата по кредиту		тыс. руб.	0	0	0	0	-60 000	-79 305	-77 505	-125 705	-122 405	-119 105	-115 805	-80 995	0
%	12%	тыс. руб.	0	0	0	0	0	-19 305	-17 505	-15 705	-12 405	-9 105	-5 805	-2 505	0
Период для рассчета выплат по кредиту	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
тело		тыс. руб.	0	0	0	0	-60 000	-60 000	-60 000	-110 000	-110 000	-110 000	-110 000	-83 500	0
Период для рассчета выплат по кредиту	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
Коэффициент покрытия (по займу)							0.9	1.3	1.8	2.3	3.7	7.6	11.2		

Предполагается привлечение средств инвестора в размере 703 500 тыс. руб. на 3 года под 12% годовых с карантином по выплате процентов в первый год.

Проект имеет высокую коммерческую эффективность и имеет достаточный запас финансовой прочности, поэтому возврат заемных средств будет осуществлен в срок без ущерба для ликвидности компании с высоким коэффициентом покрытия.

Финансовая состоятельность проекта

Формирование потоков денежных средств предприятия

Одно из направлений управления финансами завода – эффективное управление потоками денежных средств. Управление потоками денежных средств предполагает учет движения денежных средств, разработку плана движения денежных средств и анализ денежных потоков. Разработка плана движения денежных средств была проведена на основе прямого метода.

Основой прямого метода расчета потоков денежных средств является выручка от реализации продукции. Поток денежных средств определяется как разница между всеми притоками средств на предприятии и их оттоками.План движения денежных средств, разработанный на основе прямого метода расчета, представлен в таблице 36.

Таблица 36

Поток денежных средств, тыс. руб. (прямой метод) [Составлено автором]

Показатель	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2 кв. 2019	3 кв. 2019	4 кв. 2019	1 кв. 2020	2 кв. 2020	3 кв. 2020	4 кв. 2020
Выручка от реализации	0	0	0	1 249 171	1 249 171	1 598 754	1 598 754	1 598 754	1 598 754	2 007 197	2 007 197	2 007 197	2 007 197
Увеличение уставного капитала	90000												
Увеличение задолженности по кредитам		638000	52000	13500									
Приток денежных средств	90 000	638 000	52 000	1 262 671	1 249 171	1 598 754	1 598 754	1 598 754	1 598 754	2 007 197	2 007 197	2 007 197	2 007 197
Инвестиционные затраты	-90000	-637706	-51580	-13223									
Себестоимость продукции (без амортизации)		-1 876	-15 600	-631 149	-634 637	-802 886	-802 886	-802 886	-802 886	-983 722	-983 722	-983 722	-983 722
Погашение задолженности по кредитам					-60 000	-98 610	-95 010	-141 410	-134 810	-128 210	-121 610	78 490	0
Налог на прибыль				-139704	-138881	-181675	-181675	-181675	-181675	-235391	-235391	-235391	-235391
Отток денежных средств	-90000	-639582	-67180	-784075	-833517	-1083171	-1079571	-1125971	-1119371	-1347323	-1340723	-1140623	-1219113
Поток денежных средств	0	-1582	-15180	478596	415653	515583	519183	472783	479383	659874	666474	866574	788084
Поток денежных средств нарастающим итогом	0	-1582	-16761	461834	877488	1393070	1912253	2385036	2864418	3524292	4190767	5057341	5845425

Накопленная к концу рассматриваемого периода сумма свободных денежных средств завода (поток денежных средств нарастающим итогом) составляет 5 845 425 тыс. руб. (к 4 кв. 2020 г.).

Коммерческая эффективность проекта

Целью оценки эффективности проекта является определение целесообразности осуществления инвестиций (долгосрочных финансовых вложений с целью получения выгоды в будущем).

Основными критериями эффективности проекта были приняты уровень прибыли, рентабельности капитала и ликвидности.

Оценка проекта была проведена с учетом следующих показателей: чистый поток денежных средств (без учета внешнего финансирования); чистый дисконтированный доход (NPV) (чистый дисконтированный поток денежных средств); простой и дисконтированный срок окупаемости на основе потоков денежных средств (рис.48).

Чистый поток денежных средств нарастающим итогом за 3 года – 5 588 425тыс. руб.

Чистый дисконтированный доход (NPV) при ставке дисконтирования 25% за 3 года – 3 682 352 тыс. руб.

Дисконтированный срок окупаемости – 2,2 год.

Внутренняя норма доходности (IRR) – 155 %

Из вышеприведенных показателей можно заключить, что в рассматриваемом периоде проект является коммерчески эффективным.

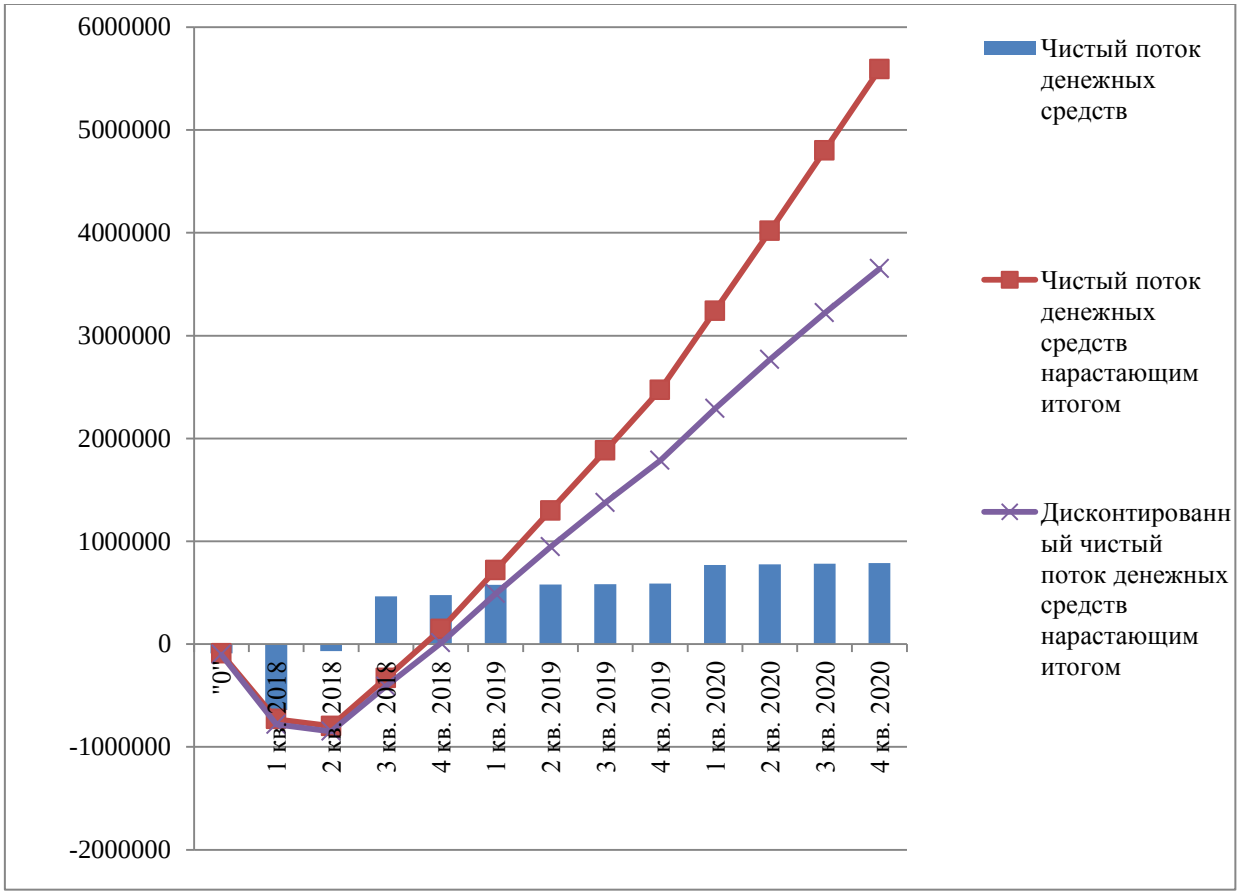


Рис. 48. Показатели коммерческой эффективности проекта [Составлено автором]

Проект внедрения реманufактуринга для восстановления запасных частей автомобилей российского производства связан с рядом преимуществ, к основным из которых относится снижение давления на окружающую среду, выражающееся в сокращении потребления ресурсов и энергопотреблении; создании дополнительных рабочих мест в размере 332 человек при выходе на планируемую мощность; снижении цены готового изделия на 30%, получении дополнительной прибыли в размере 2 020 582 тыс. руб. в год. Изменение входных параметров инвестиционного проекта показали, что целесообразным внедрение реманufактуринга остается при минимальной границе цены восстановленного изделия на уровне 60 % ниже новых деталей при прочих равных условиях, при этом предприятие покроет все свои расходы и получит нулевую прибыль. При увеличении инвестиционных затрат на покупку дорогостоящего оборудования для реманufактуринга деталей, общей стоимостью 1 352,88 млн. руб., без изменения других переменных, срок окупаемости проекта увеличится до 1,8 года, а чистая прибыль сократится на 1 005 млн. руб. Если возвратный поток сократится на 67 %, то при сохранении остальных условий, реализация проекта станет нецелесообразной. При максимальной текущей процентной ставке по кредиту 24 % при прочих равных условиях срок окупаемости проекта станет 1,3 года, а чистая прибыль сократится на 82,3 млн. руб. Стоит отметить, в случае получения не прибыли, а убытка от реманufактуринга деталей необходимы были бы дополнительные исследования и расчеты по уплате экологического сбора при отказе от утилизации, при условии превышения суммы экологического сбора над убытком выбор нужно было бы сделать в пользу реманufактуринга, если бы сумма экологического сбора оказалась ниже убытка, то это являлось бы сигналом для государства о повышении ставки экологического сбора с целью стимулирования развития реманufактуринга и других методов утилизации автомобильных деталей и компонентов.

Наиболее существенными рисками проекта являются следующие:

1. Отсутствие спроса на восстановленную продукцию. Данные риск может быть минимизирован за счет гарантии, продуманной маркетинговой стратегии и рекламы, позиционирующей восстановленные детали по стоимости ниже на 30% новой продукции, но не уступающей по качеству и функциональным характеристикам.
2. Отсутствие возвратного потока бывшей в употреблении продукции. Данный риск минимизируется при развитии стратегии взаимодействия производителя с потребителем, подробно описанной в Главе 2. Так с учетом скидок на новый или

восстановленный продукт потребитель будет стремиться к возврату бывших в употреблении, но не функционирующих на должном уровне деталей.

3. Высокая доля не подлежащей восстановлению продукции. Система первичного приема бывших в употреблении деталей, включающая стандарты связанные со сроками использования автокомпонентов, уровнем их износа и повреждения, позволит сократить не подлежащую восстановлению продукцию в возвратном потоке для реманufактуринга и переместить ее в возвратный поток для переработки.

Ряд ученых отмечает, что восстановление деталей и продажа их по сниженной стоимости влияет на спрос и производство новых деталей, но для российских потребителей, которые сегодня стремятся к покупке более дешевой контрафактной продукции, развитие реманufактуринга будет означать отказ от последней в пользу сертифицированной восстановленной продукции. Еще одним отрицательным внешним эффектом развития реманufактуринга в автомобильной промышленности может стать сокращение рабочих мест в производстве новых деталей, а также в смежных отраслях, например, алюминиевой и сталелитейной промышленностях, которые являются основными поставщиками ресурсоемкого производства новых авто компонентов. Однако рост рабочих мест в отраслях утилизации и других новых секторах циркулярной экономики в долгосрочной перспективе компенсирует данный негативный внешний эффект. Например, в ЕС, как свидетельствуют исследования, может быть создано 3 млн. рабочих мест, что с учетом сокращения трудовых ресурсов в других отраслях, даст совокупное сокращение безработицы на 520 000 человек.

Основной проблемой развития реманufактуринга автомобильных деталей в России является отсутствие стандартизированной технологии с одной стороны и высокие капитальные затраты с другой, что дополнительно осложняется дорогостоящими кредитами и низкой инвестиционной активностью.

Несмотря на существующие преграды, первичный автомобильный рынок России замедлил свои темпы роста и продажи новых автомобилей сокращаются, вместе с тем растет спрос на вторичном рынке, а также на рынке запасных частей, что является важным стимулом для развития реманufактуринга автомобильных деталей. Негативные тенденции на первичном рынке связаны с низкой покупательной способностью населения, также следствием этого является высокая доля контрафактной продукции на рынке запасных частей. Однако при наполнении рынка восстановленными деталями по стоимости не превышающей несертифицированную продукцию произойдет отказ от потребления последней, что дополнительно стимулирует развитие реманufактуринга.

3.3. Поэтапное внедрение принципов циркулярной экономики для компаний российской автомобильной промышленности

Автомобильная промышленность является одной из ключевых отраслей российской экономики, создающей мультипликативный эффект в смежных отраслях и определяющей экономический и социальный уровень развития государства в целом и отдельных его регионов [Стратегия развития автомобильной промышленности РФ 2025]. Если прежде меры поддержки автомобильной промышленности России имели краткосрочный антикризисный характер с акцентом на поддержку текущей деятельности автопроизводителей, то уже сейчас государству необходимо ставить долгосрочные цели и задачи по повышению инновативности и конкурентоспособности отрасли. Согласно Стратегии развития автомобильной промышленности РФ до 2025 года приоритетными направлениями инновационного развития автомобилестроения в Российской Федерации в соответствии с мировыми трендами являются:

- улучшение энергоэффективности и повышение экологических показателей транспортных средств, гармонизация требований технических регламентов, стандартов и правил с международной практикой;
- технологии информатизации и компьютеризации;
- технологии экологической (включая альтернативные виды топлива и оптимизацию традиционных решений), пассивной, активной безопасности и обеспечения утилизации;
- новые технологии проектирования, моделирования, создания и производства транспортных средств;
- гибкие и адаптивные производственные технологии;
- повышение энергоэффективности транспортных средств путем оптимизации характеристик традиционных двигателей внутреннего сгорания (снижение удельного расхода топлива) и расширения применения новых конструкционных и эксплуатационных материалов (снижение массы транспортных средств) в том числе за счет увеличения использования продукции отечественной газо- и нефтехимической промышленности.

Все рассмотренные приоритетные направления развития автомобильной промышленности РФ могут быть реализованы в рамках перехода к циркулярной экономике с учетом достижения целей экологической и экономической эффективности, базируясь на ряде элементов, предполагающих вторичное использование продукции и отходов. Наиболее приоритетным среди этих элементов является реманufакринг с точки зрения экологических, экономических и социальных выгод. Уже сегодня компании по

всему миру применяют реманufактуринг в качестве неотъемлемого звена используемой бизнес модели, однако, в российской промышленности практика реманufактуринга на сегодняшний день не получила широкого применения, но вместе с тем автомобилестроение имеет существенный потенциал, что обусловлено наличием мощностей для изготовления продукции, а также наличием первых компаний-восстановителей представленном сегменте.

Вместе с тем в отрасли автомобилестроения существует ряд системных проблем, среди которых выделяются низкая доля экспорта автотранспортных средств и комплектующих, слабая динамика развития производителей автомобильных частей и деталей, а также неготовность автопроизводителей к выводу на рынок новых продуктов, соответствующих современным технологическим трендам развития отрасли. Так, в результате развития сборочных производств и, соответственно, роста использования импортных комплектующих существенно выросла зависимость отрасли от импорта. Согласно статистическим данным в производстве легковых автомобилей зависимость от импорта выросла с 39% в 2008 г. до 63% в 2015 г., а также усилилась и зависимость от импорта в производстве автомобильных деталей, например, для двигателей с 2% до 26% период с 2008 по 2016 г., для других запасных частей с 6% до 35% за аналогичный период [Стратегия развития автомобильной промышленности РФ 2025]. Высокая доля импорта означает формирование добавленной стоимости за рубежом и низкую устойчивость к внешним макроэкономическим факторам.

Невысокая конкурентоспособность обусловлена низкой локализацией производства автомобильных частей и деталей и как следствие высокими транспортными издержками, в то время как рынок автокомопнентов характеризуется жесткой конкуренцией со стороны иностранных производителей, а также дешевой контрафактной продукции.

Однако развитие реманufактуринга может существенно снизить зависимость от импорта автомобильных запасных частей и деталей, и стать источником конкурентного преимущества отрасли за счет повышения локализации, снижения себестоимости производства автомобилей, минимизации влияния внешних факторов и экспорта компонентов.

Для масштабного развития реманufактуринга в РФ необходимо формирование институциональных основ и нормативно-правовой базы, регулирующей рассматриваемую деятельность; создание и развитие базы лучших технологий восстановления продукции и реализация их на практике; разработка системы финансирования и стимулирования развития реманufактуринга. Переход к реманufактурингу в автомобильной промышленности должен осуществляться целенаправленно и поэтапно, т.к. необходима

государственная программа финансовой поддержки проектов восстановления, период адаптации производителей к передовым технологиям ремануфактуринга, а также разработка и внедрение новых эффективных технологий восстановления. На рисунке 49 предложены этапы и реализуемые меры по развитию ремануфактуринга в автомобильной промышленности.

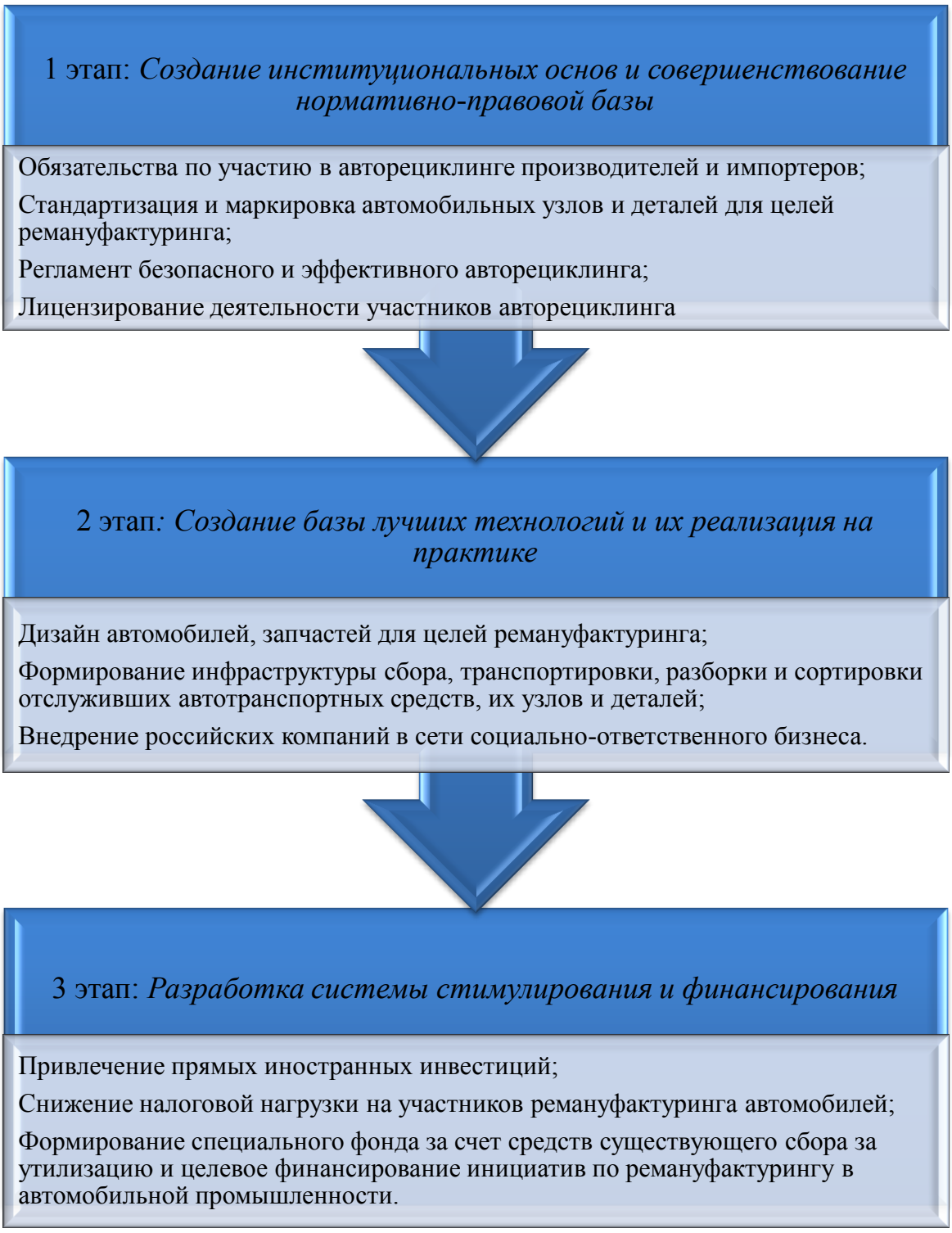


Рис.49. Этапы развития реманufактуринга в автомобильной промышленности РФ [Составлено автором]

Успешность реализации представленных на Рисунке этапов развития реманufактуринга существенно зависит от оценки рисков и проведения последовательных действий по их минимизации государством и производителями. В таблице 37 представлены подходы по минимизации возможных рисков при внедрении реманufактуринга в автомобильной промышленности РФ.

Таблица 37

Способы минимизации рисков развития реманufактуринга в автомобильной промышленности России [Составлено автором]

Возможные риски	Способы минимизации рисков
Нехватка инвестиций для внедрения реманufактуринга	• Предоставление инвестиционных кредитов по сниженной процентной ставке. • Субсидирование модернизации производства с целью внедрения экологического дизайна продукции. • Централизованная закупка иностранных лицензий на использование технологий реманufактуринга, отсутствующих в России. • Создание центров сертификации и маркировки продукции, аккредитованных иностранными производителями, в кластерах реманufактуринга автомобильных запчастей. • Привлечение иностранных инвестиций в отрасль реманufактуринга автомобильных компонентов.
Недостаточный уровень компетенций кадров и интенсивности НИОКР	• Разработка программ развития кадров для отрасли реманufактуринга автотранспортных средств. • Государственная поддержка в области переобучения и повышения квалификации персонала. • Создание национальных инженерных центров в сегменте реманufактуринга автотранспортных средств. • Создание международной базы НДТ в области утилизации и восстановления автомобильных частей и деталей. • Введение налоговых льгот для предприятий, реализующих НИОКР в отрасли реманufактуринга.
Низкая экспорто-ориентированность	• Льготный экспортный режим для восстановленных автокомпонентов. • Разработка программ развития экспортеров для поддержки за рубежом, создание центров сертификации восстановленных деталей. • Внедрение российских производителей в международные сети социально- и экологически ответственного бизнеса. • Поддержка участия российских производителей, занимающихся реманufактурингом деталей на международных выставках, конференциях и т.п.
Осложнение	• Ужесточение административных и экономических барьеров

экономической ситуации в виду санкций, удорожания факторов производства и т.п.	для импортных автомобильных частей и деталей. • Усиленная поддержка экспорта, в том числе за счет монетарных мер стимулирования. • Льготы при импорте оборудования. • Ориентация на внутренний рынок и управление ускоренной концентрацией восстановительного производства.

При реализации инвестиционных, инфраструктурных и технологических условий в автомобильной промышленности РФ может быть сформирована экономически и экологически эффективная инновационная отрасль – реманufактуринг, с существенными выгодами в следующих взаимосвязанных областях:

1. Экономика: увеличение эффективности вторичного использования узлов и деталей, внедрение инновационных технологий энерго- и ресурсосберегающих технологий, формирование нового сегмента промышленности, привлечение иностранных инвестиций, дополнительные налоговые поступления;
2. Экология: снижение потока отходов и сокращение площадей полигонов для захоронения, снижение потребления ресурсов и энергии, сокращение выбросов CO_2;
3. Социальная сфера: создание новых рабочих мест, снижение аварийности на дорогах благодаря обновлению автопарка.

Трансформация линейной модели экономики в циркулярную в РФ так же должна осуществляться поэтапно с разработкой краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных мер, т.к. на сегодняшний день в стране не сформированы технологии, инфраструктура и институциональная среда для быстрого и качественного перехода к экономике с замкнутым циклом.

1 этап. Краткосрочные меры (1-3 года)

Правовые меры: разработка долгосрочной стратегии правительства по трансформации линейной экономики в циркулярную, повышение существующих нормативов утилизации продукции и отходов до 30-40% по всем группам; льготное налогообложение компаний по утилизации продукции и отходов с дифференцированными ставками налогообложения в зависимости от приоритетности применяемого метода; накопление бюджета за счет экологического и утилизационного сборов.

Экономические меры: внедрение российских компаний в глобальные сети экологически ответственного бизнеса, привлечение прямых иностранных инвестиций и трансфер технологий в отрасли повторного использования продукции и отходов; разработка и использование индикаторов эффективности использования ресурсов и энергии, повторного использования продукции и отходов.

Технологические меры: создание альянсов «государство-бизнес-научное сообщество» для получения синергетического эффекта и разработки моделей оптимизации и сокращения отходов, экологического дизайна продукции с целью ее повторного использования и расширения жизненного цикла, поиска эко-поставщиков и разработки моделей замкнутых цепей поставок.

2 этап. Среднесрочные меры (3-7 лет)

Правовые меры: повышение нормативов утилизации продукции и отходов до 50-60%, рост экологического сбора, ужесточение ответственности за нарушение экологического законодательства, льготное налогообложений компаний внедряющих циркулярные бизнес модели, пониженная ставка налога на добавленную стоимость для продукции и услуг, носящих циркулярный характер.

Экономические меры: Финансирование и субсидирование циркулярных бизнес проектов из накопленного бюджета за счет экологического сбора, их льготное кредитование; повышение осведомленности потребителей товаров и услуг о повторном использовании продукции и отходов, их привлечение и включение в замкнутые цепи поставок; изменение правил бухгалтерского учета в отношении циркулярных товаров услуг.

Технологические меры: внедрение экологического дизайна продукции, стандартизации и маркировки продукции для повторного использования, создание инфраструктуры сбора и сортировки и внедрение замкнутых цепей поставок в практическую деятельность компаний.

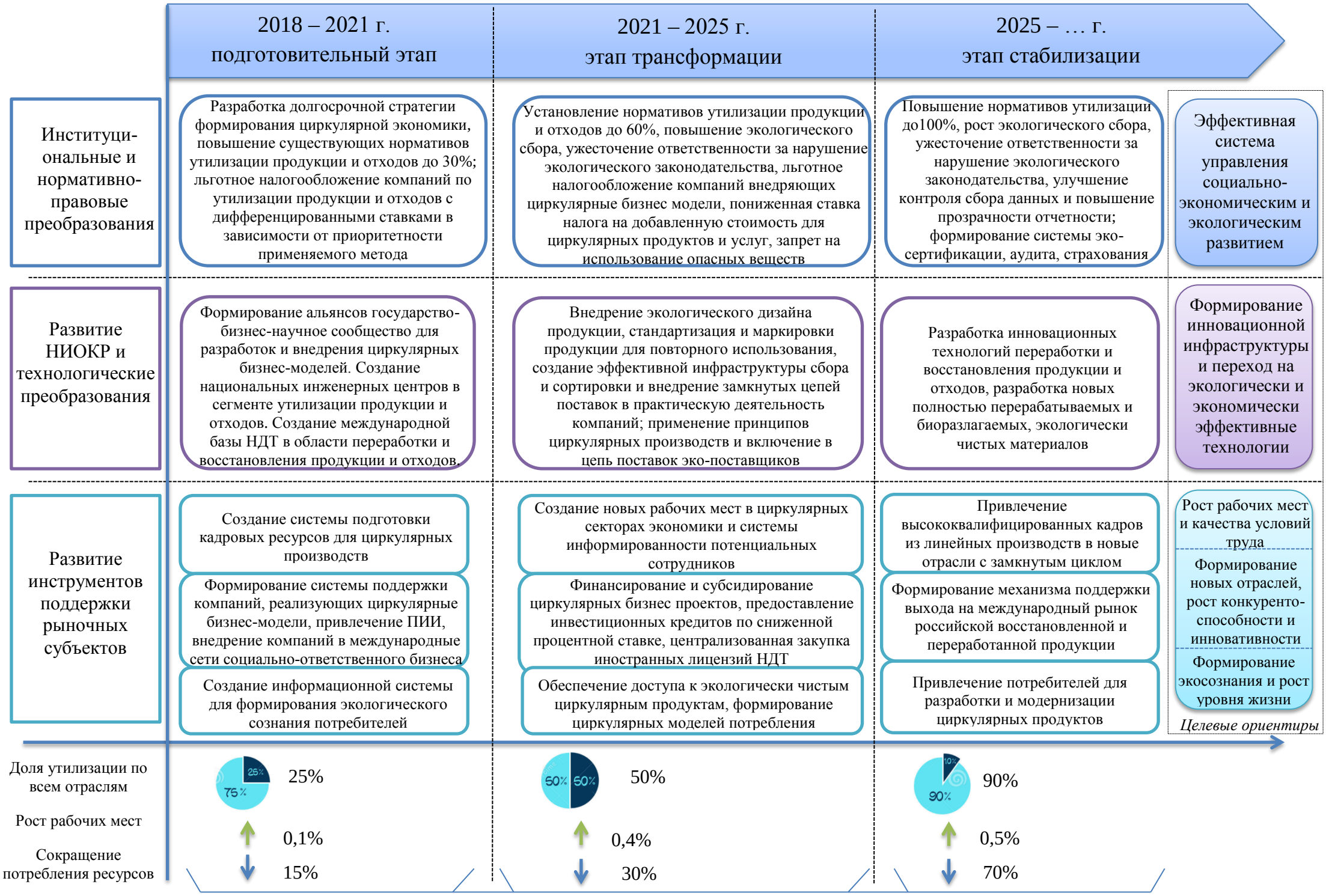
3 этап. Долгосрочные меры (более 7 лет)

Правовые меры: повышение нормативов утилизации продукции и отходов до 70-100%, рост экологического сбора, ужесточение ответственности за нарушение экологического законодательства, рост расширенной ответственности производителей, улучшение контроля сбора данных и повышение прозрачности отчетности.

Экономические меры: повышение цен на ресурсы с целью стимулирования снижения их потребления, и использования циркулярных бизнес моделей компаниями, развитие коопетиции и обмен передовым опытом в области использования циркулярных бизнес моделей и инновационных технологий с зарубежными компаниями.

Технологические меры: разработка биологически разлагаемых материалов, не наносящих вред окружающей среде, инновационных технологий и материалов, предназначенных для переработки.

Для наглядного представления пошагового сценария трансформации линейной экономики в циркулярную форму разработана дорожная карта (Рис. 50)


2018 – 2021 г.
подготовительный этап
2021 – 2025 г.
этап трансформации
2025 – … г.
этап стабилизации
Институци-
онные и
нормативно-
правовые
преобразования
Разработка долгосрочной стратегии формирования циркулярной экономики, повышение существующих нормативов утилизации продукции и отходов до 30%; льготное налогообложение компаний по утилизации продукции и отходов с дифференцированными ставками в зависимости от приоритетности применяемого метода
Установление нормативов утилизации продукции и отходов до 60%, повышение экологического сбора, ужесточение ответственности за нарушение экологического законодательства, льготное налогообложение компаний внедряющих циркулярные бизнес модели, пониженная ставка налога на добавленную стоимость для циркулярных продуктов и услуг, запрет на использование опасных веществ
Повышение нормативов утилизации до100%, рост экологического сбора, ужесточение ответственности за нарушение экологического законодательства, улучшение контроля сбора данных и повышение прозрачности отчетности; формирование системы эко-сертификации, аудита, страхования
Эффективная система управления социально-экономическим и экологическим развитием
Развитие
НИОКР и
технологические
преобразования
Формирование альянсов государство-бизнес-научное сообщество для разработок и внедрения циркулярных бизнес-моделей. Создание национальных инженерных центров в сегменте утилизации продукции и отходов. Создание международной базы НДТ в области переработки и восстановления продукции и отходов.
Внедрение экологического дизайна продукции, стандартизация и маркировки продукции для повторного использования, создание эффективной инфраструктуры сбора и сортировки и внедрение замкнутых цепей поставок в практическую деятельность компаний; применение принципов циркулярных производств и включение в цепь поставок эко-поставщиков
Разработка инновационных технологий переработки и восстановления продукции и отходов, разработка новых полностью перерабатываемых и биоразлагаемых, экологически чистых материалов
Формирование инновационной инфраструктуры и переход на экологически и экономически эффективные технологии
Развитие
инструментов
поддержки
рыночных
субъектов
Создание системы подготовки кадровых ресурсов для циркулярных производств
Формирование системы поддержки компаний, реализующих циркулярные бизнес-модели, привлечение ПИИ, внедрение компаний в международные сети социально-ответственного бизнеса
Создание информационной системы для формирования экологического сознания потребителей
Создание новых рабочих мест в циркулярных секторах экономики и системы информированности потенциальных сотрудников
Финансирование и субсидирование циркулярных бизнес проектов, предоставление инвестиционных кредитов по сниженной процентной ставке, централизованная закупка иностранных лицензий НДТ
Обеспечение доступа к экологически чистым циркулярным продуктам, формирование циркулярных моделей потребления
Привлечение высококвалифицированных кадров из линейных производств в новые отрасли с замкнутым циклом
Формирование механизма поддержки выхода на международный рынок российской восстановленной и переработанной продукции
Привлечение потребителей для разработки и модернизации циркулярных продуктов
Рост рабочих мест и качества условий труда
Формирование новых отраслей, рост конкуренто-способности и инновативности
Формирование экосознания и рост уровня жизни
Целевые ориентиры
Доля утилизации по всем отраслям
Рост рабочих мест
Сокращение потребления ресурсов
25%
75%
25%
0,1%
15%
50%
50%
50%
0,4%
30%
90%
10%
90%
0,5%
70%

Дорожная карта формирования циркулярной экономики в России связывает между собой целевые ориентиры, стратегию и план развития процесса и выстраивает во времени основные шаги этого процесса. Дорожная карта предусматривает реализацию инструментов в следующих взаимосвязанных областях: институциональные и нормативно-правовые преобразования, развитие НИОКР и новых технологий, а также разработка и развитие механизмов поддержки предприятий, потребителей и работников в формирующейся циркулярной экономике. Целевые ориентиры направлены на формирование новых отраслей и конкурентоспособных инновационных предприятий, рост рабочих мест и повышение качества условий труда, формирование кадровой, информационной и инновационной инфраструктуры, а также формирование эффективной системы управления социально-экономическим развитием с ориентацией на цели устойчивости и роста уровня жизни в целом.

Реализация дорожной карты развития циркулярной экономики при поддержке государства совместно с представителями бизнеса, неправительственными организациями и учеными в России обеспечит трансформацию линейной модели экономики для повышения экологической, социальной и экономической эффективности с учетом технологий цифровой экономики и требований устойчивого развития.

Выводы по Главе 3

Сравнительный анализ передового опыта применения реманufактуринга и программ утилизации доказал приоритетность восстановления автотранспортных средств в области сбережения трудовых, сырьевых и энергетических ресурсов. Существенные эффекты дает использование технологий реманufактуринга, с помощью которых производители не просто получают из отходов дополнительные сырье и энергию, а восстанавливают отслужившую продукцию или ее отдельные компоненты, поставляя их на рынок в качестве полноценных аналогов новых изделий. При этом в РФ сегодня нет полноценно функционирующей системы утилизации отслуживших транспортных средств, отсутствует инфраструктура сбора и сортировки, а также не достаточны мощности для самого процесса утилизации. Тем не менее, обновление законодательства в области управления отходами в РФ предусматривает нормативы утилизации составных частей автомобиля, например, аккумуляторов, с повышающимися ставками в долгосрочной перспективе. Поэтому недостаток мощностей для утилизации автотранспортных средств с одной стороны, и существенные преимущества реманufактуринга в сбережении сырьевых, энергетически ресурсов, и в сокращении выбросов CO_2 – с другой стороны, обусловливают необходимость развития технологий восстановления в секторе автомобилестроения, и переориентацию усилий государства и представителей бизнеса на поддержку экологически эффективной и базирующейся на инновационных подходах отрасли реманufактуринга.

Предприятия российской промышленности на сегодняшний день не вовлечены в процессы восстановления продукции, о чем свидетельствует анализ практического опыта. Главным образом низкая активность российских компаний в формировании отрасли реманфактурина связана с существенными первоначальными инвестициями и длительным сроком окупаемости, а также высокой степенью неопределенности коммерческой эффективности от внедрения новых технологий восстановления продукции и ее отдельных частей. Поэтому во втором пункте третьей главы проведена оценка инвестиционного проекта реманufактуринга автомобильных компонентов в рамках системы «черного ящика». Представленный проект по развитию реманufактуринга автомобильных деталей с высокой добавленной стоимостью доказывает экономическую целесообразность и коммерческую эффективность от инвестирования в данную отрасль. Что с одной стороны позволит получить дополнительную прибыль, а с другой – избежать уплаты экологического сбора в случае отказа от самостоятельной утилизации продукции при ее поломке, износа и других причин окончания использования. Помимо

положительных экономических эффектов, внедрение реманufактуринга связано с сокращением потребления сырья и энергии на 83% и 74% соответственно для восстановления запасных частей автомобиля по качеству соответствующих новым аналогам. Прирост рабочих мест в случае реализации проекта составит 332 человек. Для потребителя развитие реманufактуринга будет сопряжено со снижением стоимости готового изделия на 30-40%, а также с возможностью отказа от контрафактной продукции в пользу восстановленных сертифицированных товаров.

Трансформация доминирующей линейной модели экономики в циркулярную, формирование новых экологически и экономически эффективных бизнес-моделей, в частности развитие проектов реманufактуринга, требует взаимных усилий государства, ученых, представителей бизнеса и граждан. Реализация поэтапной стратегии формирования циркулярной экономики связана с краткосрочными, долгосрочными и среднесрочными мерами в области формирования институциональной среды, инновационной, информационной и кадровой инфраструктуры, разработкой и внедрением НИОКР, распространением НДТ в области утилизации продукции и отходов, формированием экологического сознания граждан, преодолением имеющихся экономических, технологических и правовых барьеров. Так, разработка моделей замкнутого жизненного цикла продукта, а также замкнутых цепей поставок, определение их основных элементов и распространение на практике, внедрение циркулярных бизнес-моделей и моделей потребления, являются длительными процессами, связанными с этапами подготовки, реализации и стабилизации формирования циркулярной экономики, качественный переход к которой возможен при взаимодействии всех заинтересованных сторон. Развитие циркулярной экономики и в частности реманufактуринга позволит одновременно снизить давление на окружающую среду, сократить потребление ресурсов, создать дополнительные рабочие места, обеспечить достижение целей устойчивого развития, что является существенными стимулами для перехода от линейной модели экономики к экономике с замкнутым циклом.

Заключение

Осмысление глобальных проблем современной цивилизации и поиск путей их решения учеными и исследователями, правительствами разных стран и передовыми компаниями происходило на систематизированной основе с конца XX века. Результатом предпринимаемых с этой целью усилий стала разработка концепций устойчивого развития, зеленой экономики, промышленной экологии, «от колыбели до колыбели» и др. Данные концепции включали в себя принципы бережливого использования, безотходного производства, экологического дизайна продукции и ее повторного использования и т.п. с целью снижения давления на окружающую среду, обеспечения стабильного экономического роста и улучшения уровня жизни. В рамках парадигмы устойчивого развитий проводились исследования российскими и зарубежными учеными по разным проблемам моделирования и оптимизации цепей поставок, формирования институциональных условий и преодоления барьеров на пути экологизации экономики, оценки эколого-экономической эффективности и др.

Однако широкомасштабная реализация принципов устойчивого развития стала возможна лишь при распространении технологий цифровой экономики, включая Интернет вещей, роботизацию, искусственный интеллект, облачные вычисления, аналитику больших данных и *3D* печать. С учетом требований устойчивого развития и инновационных технологий сформировалась и начала реализовываться современная концепция циркулярной экономики, которая связана с распространением замкнутых цепей поставок, переходом к принципу принцип «*take, make, reuse*» и развитию циркулярных моделей производства и потребления. Систематизация литературы, научных исследований, а также практического опыта позволили сформировать определение циркулярной экономики, под которой автором понимается экономика, основанная на процессах восстановления, оптимизации и сбережения ресурсов с применением цифровых технологий для достижения безотходности производства и потребления, устойчивого экономического роста, социально-экономической и экологической эффективности.

Если для традиционных линейных моделей организации производственно-хозяйственной деятельности характерны недостаточная эффективность использования сырьевых и энергетических ресурсов, формирование значительных объемов отходов с их последующим захоронением на полигонах и несанкционированных свалках, то циркулярные модели производства и потребления направлены на создание замкнутых жизненных циклов продукции, которая в конце использования перерабатывается, восстанавливается или используется повторно. Анализ передового опыта в области

развития циркулярной экономики позволил выявить и систематизировать основные эффекты, которые оказывают влияние на производителей, потребителей, государство и общество в целом, а также помогают в решении глобальных экологических проблем. К социальным эффектам развития циркулярной экономики относятся следующие основные: увеличение количества рабочих мест, возможность потребления и использования экологически чистых продуктов, рост уровня жизни в целом. К экономическим эффектам циркулярной экономики относятся следующие: формирование новых секторов промышленности, повышение инновативности компаний, снижение потребления сырья и энергии и как следствие уменьшение стоимости готовых изделий. К экологическим эффектам относятся: сокращение выбросов парниковых газов, площадей свалок и полигонов, развитие безотходности производства и потребления.

Систематизация практического опыта развития принципов циркулярной экономики свидетельствует о том, что в создании ее институциональных условий участвуют следующие стейкхолдеры:

- Государство путем ужесточение экологического законодательства, а также разработки и финансирования программ развития принципов циркулярной экономики;
- Бизнес сообщество путем финансирования научных и исследовательских проектов, практической реализации принципов циркулярной экономики, развития циркулярных бизнес-моделей;
- Бизнес сообщество путем развития проектов по взаимодействию государства, научного и бизнес сообщества с целью формирования производств с замкнутым циклом, инициации и финансирования исследовательских программ;
- Научное сообщество путем разработки учебных программ и подготовки кадров для производств с замкнутым циклом, а также проведения научных исследований в области формирования циркулярной экономики, ее элементов и сопутствующих процессов;
- Граждане путем сознательного выбора экологически чистой продукции, а также формирования циркулярных моделей потребления.

Для снижения неопределенности и оценки текущего уровня развития циркулярной экономики в отдельной компании или отрасли в диссертационном исследовании разработан Индекс Развития циркулярной экономики (Circular Economy Development Index, CEDI). При помощи данного индекса была проведена оценка уровня развития циркулярной экономики в России (8%) и в Германии (37%). Такой низкий уровень развития циркулярной экономики в РФ обусловлены рядом проблем, которые в ходе диссертационного исследования были подразделены на следующие основные группы:

- экономические - связаны с низкой инвестиционной активностью предпринимателей в технологии циркулярного производства и утилизации отходов;
- технологические - заключаются в отсутствии инновационных технологий утилизации продукции в конце ее использования, а также несформированной инфраструктуре сбора и сортировки отходов;
- нормативно-правовые - обусловлены институциональными провалами и пустотами в области экологического законодательства России (так, низкая плата за захоронения отходов на полигонах делает более привлекательном следование традиционным линейным принципам производства по сравнению с инвестированием в инновационные технологии ремануфактуринга и повторного использования продукции).

Вместе с тем, в рамках отраслевого анализа в диссертации были выявлены основные сектора российской промышленности, в которых могут формироваться следующие инновационные бизнес-модели циркулярной экономики:

- Бизнес-модель Циркулярные поставщики (Circular supplies) в России применима в АПК, при производстве продовольственных товаров и упаковочных материалов.
- Восстановление ресурсов (Resources recovery) может использоваться в РФ при утилизации ТКО, компостировании и анаэробном сбраживании в сельском хозяйстве.
- Платформы для обмена и совместного использования (Sharing platforms) могут использоваться при повторном использовании бывшей в употреблении продукции, совместное использование автотранспортных средств и т.п.
- Продление жизненного цикла продукции (Product life extension) применимы при развитии ремануфактуринга в российской автомобильной и авиационно-космической промышленности, производстве крупной бытовой техники и ВПК.
- Бизнес-модель Продукт как услуга (Product as a service) актуальна для лизинга крупнотоннажных и малотоннажных машин, сельскохозяйственной техники.

Любой продукт проходит три этапа жизненного цикла: производство, использование, окончание использования, при этом с учетом принятия принципов циркулярной экономики продукт вместо захоронения используется повторно или утилизируется, что изменяет принципы его дизайна, отношения с контрагентами, производственный процесс, модели потребления, а также расширяет ответственность производителя в области утилизации продукта. В рамках диссертационного исследования, проанализирован каждый из указанных этапов, систематизированы подходы и разработаны принципы управления жизненным циклом продукта. К основным

результатам анализа замкнутого жизненного цикла продукта можно отнести следующие положения:

1. разработан индекс оценки экологического дизайна продукта с акцентом на его замкнутый жизненный цикл, включающий следующие показатели: стоимость продукции, расходы на эксплуатацию, стоимость утилизации, количество рабочих мест задействованных в утилизации продукта, экологический ущерб, наносимый в процессе эксплуатации, экологический сбор при отказе от утилизации;
2. на основе концепций бережливого и зеленого производства, всеобщего управления качеством и корпоративной социальной ответственности представлены элементы циркулярного производства, к которым относятся экологический дизайн продукции, технологии безотходности, ресурсо- и энергоэффективности, эко-упаковка и др.;
3. с учетом требований экологического дизайна продукции выделены критерии выбора циркулярных поставщиков в области экономических, экологических и социальных показателей, к которым относятся не только цена и качество поставляемых компонентов и материалов, но и их экологичность и инновационность для целей переработки или восстановления, эко- упаковка и транспортировка, а также участие поставщика в процессах утилизации продукции;
4. проведен анализ возможностей и угроз изменения моделей потребления, среди которых выделены банкротство компаний и сокращение рабочих мест в ряде секторов экономики, усиление конкуренции и неопределенность в качестве предоставляемых товаров и услуг; показано, что при формировании надлежащей институциональной среды подобные негативные последствия могут быть минимизированы, и перекрыты положительными экологическими и социально-экономическими эффектами;
5. разработана модель поддержки принятия операционных решений относительно способа утилизации продукции в конце ее использования на основе экономической и экологической эффективности с учетом нормативов утилизации, ставок экологического сбора и затрат, связанных с утилизацией тем или иным способом; на основе разработанной модели представлены правила принятия решений для случаев выбора между переработкой с полным или частичным демонтажем продукта, реманufактурингом и захоронением (так, выбор в пользу приоритетных способов утилизации продукта свидетельствует о развитии принципов циркулярной экономики, а в пользу менее приоритетных способов дает сигналы государству о необходимости реформирования экологического законодательства, а также развитии механизмов поддержки субъектов рынка для формирования циркулярных бизнес-моделей).

В диссертационном исследовании проведен сравнительный анализ особенностей российской программы утилизации транспортных средств с аналогичными программами в странах ЕС и США, выявлено их влияние на экономические и экологические показатели, доказана приоритетность ремануфактуринга в сравнении с переработкой вышедших из строя автотранспортных средств, их отдельных частей и деталей. Так, ремануфактуринг обладает преимуществами в сравнении с утилизацией в области ресурсопотребления, энергоэффективности, снижения стоимости готовой продукции и сокращения выбросов CO_2. С целью обновления автопарка в РФ была запущена программа утилизации, за период действия которой в РФ было принято 560 тысяч автомобилей, из которых лишь 25% были утилизированы по правилам. Основной причиной «нецивилизованной» утилизации послужил недостаток современных утилизационных мощностей. При этом ежегодный ущерб окружающей среде, наносимый отходами автотранспортных средств в РФ составляет порядка 82-85 млрд. руб. в год. Проведенный анализ имеющихся проблем в области управления автотранспортными средствами в конце использования и преимуществ ремануфактуринга позволил сделать вывод о необходимости развития программы восстановления автомобилей и их компонентов на базе уже имеющихся российских производств.

Разработан инвестиционный проект и система поддержки принятия инвестиционных решений относительно способа утилизации продукции в конце жизненного цикла на примере автомобильных компонентов с акцентом на ремануфактуринг, приведены показатели экономической и экологической эффективности реализации проекта. Обоснована коммерческая и экологическая целесообразность формирования отрасли ремануфактуринга автомобильных частей и деталей в России. Так, при восстановлении половины прогнозируемого объема возврата бывшей в употреблении продукции (двигателей, стартеров, рулевых реек, КПП) и при стоимости восстановленных деталей на 30% ниже новых аналогов, проект окупится за 1,2 года при выходе на планируемую мощность, сокращение энергетических ресурсов составит 79 460 000 кВт/ч в год, а сырьевых ресурсов - 7 682 220 кг/год.

Переход к ремануфактурингу в автомобильной промышленности должен осуществляться целенаправленно, с учетом передового опыта, имеющихся барьеров развития циркулярной экономики, а также стратегией развития автомобильной промышленности РФ. С учетом данных обстоятельств в диссертации разработаны этапы развития ремануфактуринга автокомпонентов в России:

1 этап - создание институциональных основ и совершенствование нормативно-правовой базы;

2 этап - разработка системы стимулирования и финансирования;

3 этап - создание базы наилучших доступных технологий (НДТ) в области утилизации и ремануфактуринга и их реализация на практике.

В рамках диссертационного исследования разработана дорожная карта формирования циркулярной экономики с краткосрочными, долгосрочными и среднесрочными мерами в области создания институциональной среды, технологических преобразований, а также развития инструментов поддержки производителей, потребителей и кадровых ресурсов. Среди необходимых мер по развитию циркулярной экономики в России выделены следующие: ужесточение экологического законодательства в области повышения нормативов утилизации в долгосрочной перспективе, льготное налогообложение компаний, внедряющих циркулярные бизнес-модели, создание национальных инженерных центров в сегменте утилизации продукции и отходов для разработки инновационных технологий управления продукцией в конце использования, формирование эффективной системы сбора и сортировки отходов, введение обязательной стандартизации и маркировки продукции для целей повторного использования, восстановления и переработки, создание системы подготовки кадровых ресурсов для циркулярных производств, финансирование и субсидирование циркулярных бизнес-проектов, формирование экологического сознания граждан и проч.

Как показано в диссертации, построение более точных сценариев и прогнозов осложнено проблемами информационного характера. Поэтому создание инновационных информационных систем сбора и обработки статистической информации, баз данных НДТ в рассматриваемой сфере, взаимодействие с международными союзами и альянсами в области развития принципов циркулярной экономики и ремануфактуринга играют особую роль при трансформации линейной экономики РФ в циркулярную модель.

Перспективным направлением модернизации разработанного инструментария для сопровождения программ развития замкнутых цепей поставок, принципов циркулярного производства, а также ремануфактуринга является включение агентного моделирования, моделей управления запасами с учетом фактора стохастичности спроса и возврата, дизайна местоположения объектов цепи поставок. Все это даст возможность представления автопроизводителей, утилизаторов, потребителей в виде отдельных агентов с различными характеристиками, что позволит четко моделировать их деятельность, определять более приоритетные технологии с точки зрения эколого-экономической эффективности, выстраивать технологические и замкнутые логистические цепи, которые будут способствовать экономически и экологически выгодной утилизации, более точно определять размеры скидок на восстановленные продукты, ставки

экологических сборов и нормативы утилизации, помимо этого точно прогнозировать процесс вывода из использования продукции в зависимости от уровня износа, остаточной стоимости, а также размеров скидок при возврате продукции.

Результаты проведенного исследования с учетом вводимых в стране изменений экологического законодательства, связанных с установлением обязательных нормативов утилизации и ставок экологических сборов в случае отказа от утилизации, могут использоваться при построении в РФ современной схемы обращения с отходами производства и потребления, для развития программ утилизации с акцентом на реманufактуринг в отраслях авиационной промышленности, военно-промышленного комплекса, производства крупной бытовой техники. Все это будет способствовать трансформации доминирующей линейной модели экономики в циркулярную форму. Развитие принципов циркулярной экономики и технологий реманufактуринга в России даст положительные экологические эффекты с учетом сокращения полигонов для захоронения и сокращения потребления ресурсов, экономические эффекты от повышения эффективности использования трудовых, энергетических и сырьевых ресурсов, социальные эффекты от создания дополнительных рабочих мест. Таким образом, развитие концепции циркулярной экономики, и в частности реманufактуринга, является важной задачей для исследователей и ученых, государства и представителей бизнеса.

Список литературы

Публикации в научных изданиях

1. Али С.С. Оптимизационный подход в управлении «зелеными» цепочками поставок с обратной связью (на примере индийской компании) // Проблемы нелинейного анализа в инженерных системах. Казань. КГТУ им. А.А. Туполева. 2015. Т. 21, № 2 (44). С. 121-146
2. Бабанова Ю.В., Горшенин В.П. Метод оценки инновационной деятельности организации// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2012. № 22 (281). С. 42-45.
3. Бакша, Н.В. Корпоративная социальная ответственность: учебное пособие / Н.В. Бакша, А.А. Данилюк. –Тюмень: изд-во Тюменского гос. ун-та, 2013. – 292 с.
4. Бездудная А.Г., Венгерцев В.Г. Формирование инновационного механизма стратегического управления производственным предприятием в использовании отходов производства// Экономика и предпринимательство. - М.: 2016, № 3-1 (68-1), С. 662-664.
5. Бездудная А.Г., Венгерцев В.Г. Экологические и экономические аспекты использование вторичных материальных ресурсов (ВМР), как вектор современной концепции развития региона// Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017, № 8-4 (55), С. 11-15.
6. Бездудная А.Г., Кадырова О.В., Лебедев В.Г. Экономическое управление промышленным предприятием. Учебное пособие. Из-во: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. 2016, 230 с.
7. Бездудная А.Г., Приходько Ю.А. Проблемы государственного и частного инвестирования инновационной деятельности предприятий// Экономика и предпринимательство. - М.: 2017, № 12-2 (89-2), С. 975-980
8. Бездудная А.Г., Трейман М.Г. Исследование особенностей эколого-экономических геоинформационных систем для регионального развития России// Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017, № 10 (57), С. 153-158
9. Беляева, И.Ю. Обеспечение устойчивого развития территорий: взаимодействие бизнеса и власти / И.Ю. Беляева // Управленческие науки. –2013. – No 4. –С. 4–8.
10. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем. М.: 2005.

11. Бобылев, С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение: пособие по региональной экологической политике / С.Н. Бобылев. – М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. – 60 с.
12. Бредихин А.Л. Прогноз продаж на автомобильном рынке России до 2030 года / А.Л. Бредихин // Материалы 5-й Международной специализированной выставки-форума «Автопром. Автокомпоненты 2013». – 2013.
13. Ветрова М. Устойчивая возвратная логистика: зарубежный опыт и российские перспективы// Инновационное развитие экономики, Научно-практический и теоретический журнал. № 4 (34), 2016, С. 26-39.
14. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. – М.: Дело, 2002. – 888 с.
15. Гассман О., Франкенбергер К., Шик М. Бизнес-модели: 55 лучших шаблонов/ Альпина Паблишер. М.– 2016. – 331 с.
16. Глазьев С.Ю. Переход к новой идеологии управления глобальным экономическим развитием// Проблемы теории и практики управления. 2016. №6. С. 9–16
17. Голубецкая Н.П., Грунин О.А., Куприн А.А., Самодуров А.А., Царева С.О., Жук И.В. Формирование устойчивого развития предпринимательства на основе инновационной активности/ Из-во: Астерион, 2013, 219 с.
18. Голубецкая Н.П. Менеджмент. Учебник/Под ред. проф. Ю.В.Кузнецова; СПбГУ, экон. факультет. – М.:ООО «Издательство «Юрайт», 2015, -448с.
19. Голубецкая Н.П., Грибанов Ю.И., Репин Н.В. Трансформационные процессы предпринимательской деятельности: от индустриальной экономики до цифровой// Экономика и управление. №2 (148), 2018. С.29-35.
20. Голубецкая Н.П. Принципы инновационного управления предпринимательским доходом предприятий реального сектора экономики// Экономика и управление. №5, 2015. С.48-51.
21. Голубецкая Н.П. Разработка системы государственного регулирования экологическими параметрами в реальном секторе экономики с целью перехода на инновационный путь развития// Экономика и управление. №2.5. 2015. С.28-33.
22. Графова Г.Ф. Формирование нормы дисконта при оценке эффективности инноваций// Аудитор. 2007. №10. С. 34-39.
23. Грачев Ю.П. Математические методы планирования эксперимента: Учеб. пособие / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи, 2008. – 296 с.

24. Григорьев Л. Сбор поедет в машине. Систему утилизации отработавших свой срок автомобилей пора менять / Л. Григорьев // "Российская Бизнес-газета" - Промышленное обозрение. – №934 (5). – 2014.
25. Губанов С.С. Об экономической модели и долгосрочной стратегии новой индустриализации России// Экономист. 2016. №2. С. 3–10.
26. Гусев, Ю.Н. Устойчивое развитие сквозь призму корпоративной социальной ответственности / Ю.Н. Гусев // Экономические системы. – 2013. – N 2. – С. 2-4.
27. Данилов-Данильян В.И. Перед главным вызовом цивилизации: взгляд из России / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев, И.Е. Рейф. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 224 с
28. Давыдова А. Решение по теплу. Последствия ратификации Парижского климатического соглашения для экономики России и мира. 22.08.2016 URL: http://kommersant.ru/doc/3069138?utm_source=kommersant&utm_medium=doc&utm_campaign=vrez (дата обращения: 19.10.2016).
29. Давыдова Р., Асамбаев В. Методические подходы оценки эффективности инвестиционных проектов // Дайджест-Финансы, 2002. № 5.
30. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография / В.В. Девятков. – М.: Вузовский учебник.: ИНФРА-М, 2013. – 448 с.
31. Деревягин А.А. Схема и экономика системы утилизации транспортных средств в России / А.А. Деревягин // Материалы международной конференции «Утилизация транспортных средств в России». – 2013.
32. Дорошенко Ю.А., Авилова И.П. К вопросу о назначении ставки дисконтирования при оценке эффективности инвестиционных проектов// НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ, №8 (39) 2007. С. 169-172
33. Емельянов А.А., Власова Е.А. Структурный анализ и имитационное моделирование в системе PILGRIM/ Учебное пособие. - М.: МЭСИ, 2000.
34. Ендовицкий Д.А. Комплексный анализ и контроль инвестиционной деятельности: методология и практика/Под ред. проф. Л.Т. Гиляровской. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 400 с.
35. Жигалов Н.В., Пахомова Н.В. Современная система стратегического планирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в России в контексте новой климатической политики// Проблемы современной экономики. 2015. № 3. С. 62-72.
36. Зарецкая Л.М. Исследование возможностей применения «зеленых» технологий при управлении цепями поставок // Торгово-экономический журнал, 2015, № 2, С. 91-100.

37. Карх Д., Потапова С. Некоторые теоретические и прикладные аспекты возвратной логистики// Известия УрГЭУ № 2 (40) 2012, С. 118-122.
38. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
39. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учебное пособие / Д.Ю. Каталевский. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 304 с.
40. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических задач. - М.: Дело, 2003.
41. Ковальчук Ю., Степнов И. Цифровая экономика: трансформация промышленных предприятий// Инновации в менеджменте, №11, 2017. С.32-43
42. Ковшевный В.В. Итоги «программы утилизации» 2014 г. и ближайшая перспектива / В.В. Ковшевный, М.Н. Родионов // Материалы XI Международного форума «Лом черных и цветных металлов 2015». – 2015.
43. Комиссаров А. Четвертая промышленная революция // Газета «Ведомости» от 14.10.2015 (№3938)
44. Корнев А. Норвегия ставит первый в мире эксперимент по экологичному сжиганию мусора. 26.01.2016 URL: https://naked-science.ru/article/media/norvegiya-stavit-pervyi-v-mire (дата обращения: 19.10.2016).
45. Корнилов А.М. Экономико-математическое моделирование рециклинга твердых бытовых отходов и использование вторичного материального сырья / А.М. Корнилов, К.Т. Пазюк // Вестник ТОГУ. – 2008. – №2(9).
46. Коростышевская Е.М. Межгосударственные инновационные системы как звено глобального научно-технологического пространства. В сб.: Globalizacia a jej socialno-ekonomicke dosledky 08. Zbornik prispevkov z medzinarodnej vedeckej konferencie. I cast. Zilina. Slovenska Republika. 2008.
47. Лапидус Л.В. Электронная экономика: новые возможности для бизнеса / Перспективы развития электронного бизнеса и электронной коммерции. Материалы II Межфакультетской научно-практической конференции молодых ученых: Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, экономический факультет; 25 ноября 2015 г. Доклады и выступления / Под ред. д.э.н. Лапидус Л.В., 2016.
48. Лукьянова Н. Интернет вещей: семиотическая конвергенция естественного и искусственного в коммуникациях // Информационное общество. – 2014. – № 3. – С. 4–9.

49. Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес системах и системах поддержки принятия решений. – Вторая всероссийская научно практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД 2005», Сборник докладов, Санкт Петербург, 2005. С.25-31
50. Макарченко М.А., Алексеев В.С. Обеспечение реализации инновационного процесса// Экономика и экологический менеджмент. №1, 2014. С. 30.
51. Макарченко М.А., Антонов А.А. Понятие социального предпринимательства и отличительные особенности социальных предпринимателей// Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: экономика и экологический менеджмент. №2, 2015. С. 35-42.
52. Макарченко М.А., Лагирев А.Н. Инновационные системы в российской экономике// Материалы конференции. ООО «Инновационные технологии», Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. 2011, С. 129-130
53. Макарченко М. А., Подоляко А.В., Дворакова З. Влияние организационной культуры на эффективность производства// Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: экономика и экологический менеджмент. №1, 2014. С. 46.
54. Макарченко М.А. , Скоробогатов М.В., Галицкий С.В. исследование проблем IT-компаний при внедрении изменений в организации по методу Дельфи// Фундаментальные исследования. № 8-1, 2017, С. 141-145
55. Максютина Е., Головкин А. Неоиндустриализация российской экономики на основе технологий четвертой промышленной революции и развития человеческого капитала// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. Том10, №1, 2017. С. 43−52.
56. Маркеева А. В. Интернет вещей (iot): возможности и угрозы для современных организаций// Общество: социология, психология, педагогика. – 2016. – № 2. – С. 42–46.
57. Марш П. Новая промышленная революция. Потребители, глобализация и конец массового производства. М.: Изд-во Института Гайдара, 2015. 420 с.
58. Медынский, В.Г. Инновационный менеджмент: учебник для вузов по специальности «Менеджмент организаций» / В.Г. Медынский. – М. : ИНФРА-М., 2008. 520 с.
59. Минкина И. И., Елизарьев В. Е., Белозерский А. Ю. Разработка обратной цепи поставок по утилизации потерь-отходов материальных ресурсов на предприятии ОАО «АПАТИТ» Успехи в химии и химической технологии, № 8, 2014, С. 133-136.

60. Молчанов Н.Н., Антошкин С.И. Исследование взаимодействия брендинга инноваций и экономического положения фирмы (на примере инновационно-ориентированных компаний РФ)// Экономика и управление. 2015. № 5 (115). С. 40-49.
61. Молчанов Н.Н., Молчанов А.Н. Оценка деятельности инновационно ориентированных компаний на основе мониторинга системы управления// Международный экономический симпозиум - 2015 материалы Международных научных конференций, посвященных 75-летию экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета: сборник статей. Ответственный редактор: С.А. Белозеров. 2015. С. 46-56.
62. Молчанов Н.Н. Оценка качества высокотехнологичных услуг// Экономика и управление. 2012. № 3 (77). С. 74-79.
63. Молчанов Н.Н. История развития экономики научно-технического прогресса// Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2009. № 3. С. 88-93.
64. Мотовилов О.В. Анализ развития национальной инновационной системы и мер по его поддержке // Инновации. 2014. № 7. С.34-38.
65. Мотовилов О.В. Корпоративное венчурное финансирование инновационных проектов // Вестник С.-Петерб. ун-та. 2016. Сер.5: Экономика. Вып. 4. С. 75-91.
66. Мотовилов О.В. Финансово-кредитное обеспечение инновационной деятельности. Учебное пособие. СПб.: ЗАО «Крисмас+», 2008. 178 с.
67. Насыров М. Обращение с бытовыми отходами в Швеции – перенимаем опыт. URL: http://www.biowatt.com.ua/analitika/obrashhenie-s-bytovymi-othodami-v-shvetsii-perenimaem-opyt/ (дата обращения: 19.10.2016).
68. Нестеренко Н.Ю., Пахомова Н.В. Органическое сельское хозяйство в России: условия перехода на траекторию устойчивого развития // Экономика сельского хозяйства России. 2016. № 12. С. 34−41.
69. Облакова А.В. Оценка эффективности и анализ рисков инвестиционных проектов/ А.В. Облакова, С.В. Степанов// Финансовый бизнес. 2007. №2. С. 27-35
70. Овчинникова А.В. Факторы, влияющие на эффективность инновационной деятельности// Теория и практика современной науки. № 4(10), 2016, С. 539-542
71. Овчинникова А.В., Норина А.А. Анализ концентрации производителей автомобилей России, прогнозы и перспективы развития отрасли// Неделя науки СПБПУ материалы научно-практической конференции. Инженерно-экономический институт СПбПУ. С.В. Широкова (отв. ред.), А.А. Коваленко (отв. ред.). 2015, С. 161-163

72. Овчинникова А.В., Матвеев В.В. Влияние малых и крупных предприятий на изменение структуры промышленных отраслей// Проблемы современной экономики. № 3(55), 2015, С.193-198
73. Овчинникова А.В., Карпова М.А. Проблемы и перспективы развития автомобильного рынка России// Друкеровский вестник. № 4(8), 2015, С.166-178.
74. Овчинникова А.В., Карпова М.А. Применение теории отраслевых рынков к изучению современных тенденций развития автомобильной промышленности// Вестник Удмуртского университета. Серия экономика и право. №3, 2015, С. 55-62
75. Омельченко И. Н., Александров А. А., Бром А. Е., Белова О. В. Основные направления развития логистики XXI века: ресурсосбережение, энергетика и экология./ Гуманитарный вестник, 2013, вып. 10. URL: http://hmbul.bmstu.ru /catalog /econom / log /118.html (дата обращения: 19.10.2016).
76. Остервальдер А. Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора/Альпина Паблишер; М.− 2012. 66 с.
77. Паламарчук О.Т . Наука и технические революции // Экономика. Право. Печать. Вестик КСЭИ – 2013. – №4.– С.84-88
78. Пахомова Н.В. Экологический менеджмент / Н.В.Пахомова, А.Эндрес, К.Рихтер. – СПб.: Питер, 2003. – 544с.
79. Пахомова Н.В., Малышков Г.Б. Модернизация российского экологического законодательства и импорт институтов: экономико-правовой анализ // Вестн. С.-Петерб. Ун-та. 2012. Серия 5. Экономика. Вып. 3. С. 20−35.
80. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution // Инновации, № 7, 2017.
81. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Ветрова М. А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник СПбГУ. Экономика. 2017. Том 33, вып. 2. С. 60-84.
82. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Формирование современной системы обращения с отходами − от безопасного захоронения к реманufактурингу (опыт ЕС, задачи для России) // Проблемы современной экономики. 2016. Вып. 4 (60). С. 181−188.
83. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г.Б. Структурные преобразования в условиях формирования «зеленой» экономики: вызовы для российского государства и бизнеса// Проблемы современной экономики, N 3 (43), 2012, С.7 – 16

84. Пахомова Н.В., Рихтер К, Малышков Г.Б., Бондаренко Ю.П. Организационно-институциональные условия формирования спроса на инновации // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2015. Серия 5: Экономика. Вып. 2. С. 4-33.
85. Перекальский В.А. Анализ зарубежного опыта создания и развития систем утилизации транспортных средств / В.А. Перекальский // Материалы 28-ой Всероссийской научной конференции молодых учёных «Реформы в России и проблемы управления – 2013». – М.: ГУУ, 2013.
86. Перекальский В.А. Применение имитационного моделирования в задаче обоснования финансово-экономических параметров программ утилизации транспортных средств / В.А. Перекальский // Материалы Международного управленческого форума «Управление экономикой в стратегии развития России». – М.: ГУУ, 2014. – Вып. 2. – С. 89–92.
87. Перфильева Е.Е., Белозерова С.С. Эколого-экономическая оценка инвестиционных проектов // Бюллетень Центра экологической политики России «На пути к устойчивому развитию России». Издательская группа «Реформ-Пресс», 2007. № 36. С. 87–102.
88. Петров А. Цифровая экономика: вызов России на глобальных рынках// Торговая политика. № 3/11, 2017. С. 1-73
89. Писарева О.М. Сценарное моделирование в управлении: развитие методологии прогнозно-аналитических исследований сложных организационных систем // «Вестник экономической интеграции». – 2011. – №7 (39). С.19-26.
90. Пищулов Г.В., Рихтер К.К. Обзор моделей координации в замкнутых цепях поставок// Международный экономический симпозиум - 2017 Материалы международных научных конференций. 2017. С. 578.
91. Платонова И.С. Применение циркулярной экономики в сфере промышленных комплексов// В сборнике: Экономика, управление, финансы Материалы VIII Международной научной конференции. 2018. С. 49-53.
92. Поляков Н.А., Мотовилов О.В., Лукашов Н.В. Управление инновационными проектами. Учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2016. 330 с.
93. Порценко А. Мусорные Нидерланды в России URL: http://www.trud.ru/article/18-02-2014/1307775_musornye_niderlandy_v_rossii.html (дата обращения: 05.06.2017)
94. Потапова С., Шахназарян С. Проблема определения понятия «возвратная логистика» и ее роли в управлении цепями поставок// Известия УрГЭУ,№ 2 (46) 2013 С. 123-128.

95. Правительство собралось повысить транспортный и экологический налоги // Интерфакс. URL: http://www.interfax.ru/business/429313 (дата обращения: 05.06.2017)
96. Растрогин А.Е. Рациональное недропользование: государственное регулирование рынка первичных и вторичных ресурсов / А.Е. Растрогин // Материалы XI Международного форума «Лом черных и цветных металлов 2015». – 2015.
97. Рахманов А.Л. Итоги программы утилизации старых автомобилей / А.Л. Рахманов // Федеральный справочник: Национальная безопасность России. – Вып. 1. – 2011.
98. Рифкин Дж. Третья промышленная револю-ция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику, мир в целом. М.: Альпинанон-фикшн, 2014. 410 с.
99. Родионов М.Н. Создание системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств // Материалы конференции «Металлургия в обеспечении гособоронзаказа». – 2014.
100. Родионов М.Н. Утилизация автомобилей как инструмент увеличения продаж новых автокомпонентов // Материалы 6-й конференции «Утилизация транспортных средств в России-2014». – 2014.
101. Саушева О.С. Мониторинг эффективности рециклинга: задачи и организация// Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. № 4, 2017. С.102-109
102. Сергиенко О.И. Переход на наилучшие доступные технологии как источник инноваций и способ организации ресурсоэффективного производства // Эффективность экономики, экологические инновации, климатическая и энергетическая политика: сб. статей по результатам международного научно-исследовательского семинара. СПб.: Изд-во ООО «Скифия-принт». 2016. С. 170−178.
103. Сергиенко О.И., Буряк И.В. Перспективы применения обратной логистики для утилизации бытовой техники в России // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. VII международная научно-техническая конференция: материалы конференции. СПб.: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. 2015. С. 367−370
104. Сергиенко О.И., Кащенко Ю.С. Оценивание ресурсной эффективности и экологического воздействия технологических процессов на предприятии автомобильной отрасли// Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент», № 4, 2015. С.342 – 352

105. Середкина Е., Кошелева Н., Гайворонский М. Четвертая промышленная революция, интернет вещей и ответственные инновации// Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) № 2 (23), 2016. С.134 – 137
106. Смоляк С.А. О норме дисконта для оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях риска// Аудит и финансовый анализ. – 2000. – №2.
107. Толкачев С.А., Андрианов К.Н., Лапенкова Н.В. Интеллектуальное производство сквозь призму третьей промышленной революции// Мир новой экономики. 2014. №6. С. 28–38.
108. Томенко Л.С., Заходякин Г.В. Анализ возвратной цепи поставок предприятий по переработке изношенных автомобильных шин с использование агентного моделирования// Успехи в химии и химической технологии, №9, 2013, С. 51-52.
109. Усков В. Развитие интернета вещей как инструмента реализации стратегии научно-технологического развития страны// Социальное пространство №2(09), 2017. С. 1-11.
110. Чеберко Е.Ф. Основы предпринимательской деятельности. История предпринимательства : учебник и практикум для академического бакалавриата / Е.
111. Чеберко Е.Ф. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 420 с.Чеберко Е.Ф., Исаева С.А. Новые тенденции в отношениях государства и предпринимательства и их роль в развитии общества. -СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2008. - 282с.
112. Чеберко Е. Ф. Теоретические основы предпринимательской деятельности (макроэкономический аспект). – СПб.: Изд-во спбгуп, 2009. - 304с.
113. Чеберко Е. Ф., Колмыков А.Г. Основные направления и факторы перехода к инновационной экономике. - СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2011. – 227с
114. Челмакина Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов// Проблемы теории и практики управления. 2007. №9. С. 69-75.
115. Черняк Л. Киберфизические системы на старте // Открытые системы. 2014. – № 2. С. 57-65
116. Чураков Е.П. Математические методы экспериментальных данных в экономике. М.: 2005.
117. Шушкин М. А. Классификация и выбор стратегий индустриального партнерства автопроизводителей // Журнал автомобильных инженеров. 2015. № окончание статьи 3 (92), начало статьи 2014 г., 6(89) . С. 65-67.
118. Шушкин М. А., Гарина Е. П. Реализация инновационных проектов на основе парадигмы устойчивого развития: методология и практика. Н. Новгород : НГПУ, 2015.

119. Шушкин М. А., Пальцев В. В. Создание автомобильных инженерных центров в России: путь преодоления технологической зависимости // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 454-461.
120. Ястреб Н. Четвертая промышленная революция: глобальные промышленные сети и интернет вещей// ИнВестРегион № 4, 2014. С.22–16
121. Akçalı E., Çetinkaya S. Quantitative models for inventory and production planning in closed-loop supply chains// International Journal of Production Research, 2011, vol. 49, no. 8, pp. 2373–2407.
122. Ajukumar V., Gandhi O. Evaluation of green maintenance initiatives in design and development of mechanical systems using an integrated approach// Journal of Cleaner Production, Volume 51, 15 July 2013, P. 34–46
123. Amelia L. Initiating automotive component reuse in Malaysia// Journal of Cleaner Production, Volume 17, Issue 17, November 2009, P. 1572–1579
124. Andersen M. An introductory note on the environmental economics of the circular economy // Sustainability Science. 2007. Vol. 2. P.133−140.
125. Bazan E., Jaber M.Y., Zanoni S. Carbon emissions and energy effects on a two-level manufacturer-retailer closed-loop supply chain model with remanufacturing subject to different coordination mechanisms// International Journal of Production Economics, 2017, vol. 183, pp. 394–408.
126. Beuren F. Product-service systems: A literature review on integrated products and services // Journal of Cleaner Production. 2013. Vol. 47. P. 222−231
127. Boulding K. The economics of the coming spaceship earth // Environmental Quality in a Growing Economy: Essays from the Sixth RFF Forum. H. Jarrett. Baltimore, John Hopkins University. 1966. P. 3–14
128. Braungart M., McDonough W. Cradle to cradle: Remaking the way we make things, 2010.
129. Bulow J. An Economic Theory of Planned Obsolescence// Quarterly Journal of Economics, 1986.
130. Buyukozkan C. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers// Expert Systems with Applications, vol. 39, no.3, 2012. P. 3000–3011.
131. Curtis H, Walker J. Design council European survey of manufacturing companies' attitudes towards design for sustainability. London: Design Council;2001
132. Daniel R. Guide, Luc N. Van Wassenhove. The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. INSEAD, 2008. P. 3-17.

133. Dheeraj N., Vishal N. An Overview of Green Supply Chain Management in India/ Research Journal of Recent Sciences Vol. 1(6), 2012, C.77-82.
134. Edler J., James A. Understanding the emergence of new science and technology policies: Policy entrepreneurship, agenda setting and the development of the European Framework Programme// Research Policy. 2015. №44. P. 1252–1265
135. Firnkorn J., Müller M. Selling Mobility instead of Cars: New Business Strategies of Automakers and the Impact on Private Vehicle Holding // Business Strategy and the Environment. 2012. Vol. 21 (4). P. 264–280
136. Gerholdt J. The 5 business models that put the circular economy to work, 2015. URL: https://www.greenbiz.com/article/5-business-models-put-circular-economy-work (дата обращения: 01.05.2018)
137. George D., Brian C., Chen Y. A circular economy model of economic growth // Environmental Modelling & Software. 2015. Vol. 73. P. 60−63.
138. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol. 114. P. 11−32.
139. Ghisellini P. Zucaro A., Viglia S., Ulgiati S. Monitoring and evaluating the sustainability of Italian agricultural system. An emergy decomposition analysis // Ecological Modelling. 2014. Vol. 271. P. 132−148.
140. Giutini R., Gaudette K. Remanufacturing: the next great opportunity for boosting US productivity//Business Horizon, 46 (6), 2003, C. 41–48.
141. Gordon S. Supplier evaluation: benefits, barriers and best practices// n Proceedings of the 91st Annual International Supply Management Conference, May 2006
142. Gray C., Charter M. Remanufacturing and product design// International Journal of Product Development (IJPD), Vol. 6, No. 3/4, 2008, P.25-37
143. Guide J., Wassenhove L., The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research/ Operations research, Vol. 57, 2009, P. 10-18.
144. Gupta, S.M., Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey// Computers & Industrial Engineering 36, 1999, P. 811–853
145. Dobos I., Gobsch B., Pakhomova N., Pishchulov G., Richter K. Design of contract parameters in a closed-loop supply chain. Central European Journal of Operations Research, 2013, vol. 21, no. 4, pp. 713–727.
146. Dobos I., Gobsch B., Pakhomova N., Pishchulov G., Richter K. Remanufacturing of used products in a closed-loop supply chain with quantity discount// Operations Research Proceedings 2011 pp 457-462

147. Dobos I., Pishchulov G., Gössinger R. How to control a reverse logistics system when used items return with diminishing quality. In: Kliewer N., Borndörfer R., Ehmke J.F. (eds.) Operations Research Proceedings 2017. vol. to appear. Springer, Berlin, 2018.
148. Dobos I., Richter K. A production/recycling model with quality consideration// International Journal of Production Economics. Vol. 104, Issue 2, December 2006, P. 571-579
149. Hatcher, Design for remanufacture: a literature review and future research needs Journal of Cleaner Production, Volume 19, Issues 17–18, November–December 2014, P. 2004–2014.
150. Hawks K. What is Reverse Logistics?// Reverse Logistics Magazine, Winter/Spring 2006, P.28-41
151. Henry R. at al. Municipal solid waste management challenges in developing countries – Kenyan case study// Waste Management, Volume 26, Issue 1, 2006, C. 92–100
152. Huber M. Remanufactured aircraft// Business aviation, 2015. URL: http://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2015-02-22/remanufactured-aircraft (дата обращения: 05.06.2017)
153. Ilgin M., Gupta S., Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art// Journal of Environmental Management 91, 2010, C. 563–591.
154. Iyigun O. What could Entrepreneurship do for Sustainable Development? A Corporate Social Responsibility-Based Approach // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2015. № 195. P. 1226-1231
155. Jaafar I., Venkatachalam A., Joshi K., Ungureanu A., De Silva N., Jawahir I. Environmentally Conscious Mechanical Design. Myer Kutz. 2007 – 408 p.
156. Jawahir I., Badurdeen F., Rouch E. Innovation in sustainable manufacturing education. In: G. Seliger, Editor. Proc. of the 11th Global Concerns on Sustainable Manufacturing, Berlin, Germany. 2013. P. 9−16.
157. Jia C., Zhang J. Evaluation of Regional Circular Economy Based on Matter Element Analysis // Procedia Environmental Sciences. 2011. Vol. 11. P. 637– 642
158. Johnson M., McCarthy I. Product Recovery Decisions within the Context of Extended Producer Responsibility. Journal of Engineering and Technology Management 34, 2014,C. 9-28.
159. Kannan G., Soleimani H, Kannan D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future/ European Journal of Operational Research, 240 – 2015, C. 603–626

160. Karlsson R., Luttropp C. Ecodesign: What's happening? An overview of the subject area of ecodesign and of the papers in this special issue. Journal of Cleaner Production, 14, 2006. P. 1291–1298.
161. Korostyshevskaya E. M.State Policy in the Sphere of the Qualitative Education International Higher Education Research. Vol. X. /Ed. by M. Takeda Sapporo, Japan, January 2010.
162. Kuo R., Wang Y., Tien F. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection//Journal of Cleaner Production, vol.18, no.12, 2010. P.1161–1170
163. Lacy P., Rutqvist J. The Product as a Service Business Model: Performance over Ownership / Lacy P., Rutqvist J. Waste to Wealth. The Circular Economy Advantage. Palgrave Macmillan. UK. 2015. P. 99−114.
164. Linder M., Williander M. Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties// Business Strategy and the Environment. iVolume26, Issue2, February 2017. P. 182−196.
165. Matsumoto M., Yang S., Martinsen K. Trends and research challenges in remanufacturing// International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. January 2016, Volume 3, Issue 1, P. 129–142
166. McDonough W., Braungart M. Design for the Triple Top Line: New Tools for Sustainable Commerce // Corporate Environmental Strategy. 2002. Vol. 9. P. 251-258
167. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. W. Limits to growth: A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind. New York City: Universe Books. 1972 – 211 p.
168. Morrissey A. at al. Waste management models and their application to sustainable waste management// Waste Management, Volume 24, Issue 3, 2004, C. 297–308.
169. Ness D. Sustainable urban infrastructure in China: towards a factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure system// Int. J. Sustain. Dev. World Ecol. 15, 2008, C. 288-301.
170. Pauli, G. Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs / G. Pauli- USA: Paradigm Publications, 2010. - 386 p.
171. Planing P. Business Model Innovation in a Circular Economy Reasons for Non-Acceptance of Circular Business Models // Open Journal of Business Model Innovation. 2015. URL: http://www.scipublish.com/journals/BMI/papers/1250 (дата обращения: 21.02.2017).
172. Pishchulov G., Dobos I., Gobsch B., Pakhomova N., Richter K. A vendor–purchaser economic lot size problem with remanufacturing. Journal of Business Economics, 2014, vol. 84, no. 5, pp. 749–791.

173. Pokharel S., Mutha A. Perspectives in reverse logistics: A review // Resources, Conservation and Recycling № 53, 2009. P. 176.
174. Rashid A., Asif F., Krajnik P., Nicolescu C. Resource Conservative Manufacturing: an essential change in business and technology paradigm for sustainable manufacturing // Journal of Cleaner Production. 2013. № 57. P. 166−177.
175. Richter K. Pure and mixed strategies for the EOQ repair and waste disposal problem// OR Spektrum, 1997, vol. 19, no. 2, pp. 123–129.
176. Richter K. The EOQ repair and waste disposal model with variable setup numbers// European Journal of Operational Research, 1996, vol. 95, no. 2, pp. 313–324.
177. Richter K.K. Green supply chain management – does it contribute to climate and energy policy // Эффективность экономики, экологические инновации, климатическая и энергетическая политика. Сборник статей по результатам международного научно-исследовательского семинара. – СПб., 2016. – С. 22–32.
178. Ruiter C. The Circular Economy Performance Index. VU University Amsterdam. 2015. URL: http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/337188 (дата обращения: 21.02.2017).
179. Sauvé S., Bernard S., Sloan P., Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research// Environmental Development, vol. 17, 2016, P. 48–56
180. Savaskan R.C., Bhattacharya S., Van Wassenhove L.N. Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing// Management Science, 2004, vol. 50, no. 2, pp. 239–252
181. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. URL: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/ (дата обращения: 21.02.2017).
182. Scott T. The Sustainable Business. A Practitioner's Guide to Achieving Long-Term Profitability and Competitiveness. Greenleaf Publishing Limited. 2015 – 238 p
183. Seitz M., Peattie K.: Meeting the closed-loop challenge: the case of remanufacturing. Calif. Manag. Rev. 2004, P. 74–89.
184. Sempels C., Hoffmann J. Sustainable innovation strategy. Creating value in a world of finite resources. Palgrave Macmillan UK. 2013 – 229 p.
185. Shafiee A., Stec T. Gaining a Competitive Advantage with Sustainable Business– Implementing Inductive Charging using Systems Thinking, A Benchmarking of EVs and PHEVs. Chalmers University of Technology, Master’s Thesis. Göteborg. 2014 – 92 p.

186. Sherwin C. Sustainable design 2.0: new models and methods, 2013. URL: https://www.theguardian.com/sustainable-business/blog/sustainable-design-models-methods-biomimicry-cradle (дата обращения: 21.02.2017).
187. Shi J., Li T., Liu Z., Zhang H. Life Cycle Environmental Impact Evaluation of Newly Manufactured Diesel Engine and Remanufactured LNG Engine// Procedia CIRP 29, 2015. P. 402 – 407
188. Smith V. The Impact of Automotive Product Remanufacturing on Environmental Performance // Procedia CIRP, Volume 29, 2015, C. 774-779.
189. Statham S. Remanufacturing Towards a More Sustainable Future. URL: http://www.lboro.ac.uk/microsites/mechman/research/ipm-ktn/pdf/Technology_review/remanufacturing-towards-a-more-sustainable-future.pdf (дата обращения: 05.06.2017)
190. Steinhilper R. Remanufacturing: The Ultimate Form of Recycling. Fraunhofer IRB, Stuttgart; 1998.
191. Thiell M., Zuluaga J., Montanez J., van Hoof, B.: Green Logistics – Global Practices and their Implementation in Emerging Markets, p. 2, Colombia 2011.
192. Zhang X., Badurdeen F., Rouch K., Jawahir I.. On improving the product sustainability of metallic automotive components by using the total lifecycle approach and 6R methodology. In: G. Seliger, Editor. Proc. of the 11th Global Conf. on Sustainable Manufacturing, Berlin, Germany. 2013. P. 194−199
193. Zhou F. Study on the Implementation of Green Supply Chain Management in Textile Enterprises/ Journal of Sustainable Development, Vol. 2 №1, 2009, C. 75-79
194. Xiong Y., Zhao Q., Zhou Y. Manufacturer-remanufacturing vs supplier-remanufacturing in a closed-loop supply chain// International Journal of Production Economics, 2016, vol. 176, pp. 21–28.
195. Van Renswoude K., Wolde A., Joustra D. Circular Business Models. Part 1: An introduction to IMSA's Circular Business Model Scan. 2015. URL: http://circular-future.eu/wp-content/uploads/2015/08/IMSA-Circular-Business-Models-April-2015-Part-1.pdf (дата обращения: 21.02.2017).
196. Verbeek L. A Circular Economy Index for the consumer goods sector. 2016. URL: http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/337188 (дата обращения: 21.02.2017).
197. Vercalsteren A. Integrating the ecodesign concept in small and medium-size enterprises: Experiences in the Flemish region of Belgium. Environmental Management and Health, 12,2001. P. 347–355.

198. Guide D., Wassenhove L. Managing product returns for remanufacturing// Production and Operations Management, vol.10, 2001. P. 142-155
199. Wu T., D. Shunk, J. Blackhurst, and R. Appalla, “AIDEA: a methodology for supplier evaluation and selection in a supplierbased manufacturing environment,”International Journal of Manufacturing Technology and Management,vol.11,no.2, p. 174–192, 2007.

Нормативно-правовые акты и официальные документы

200. Государственная программа Российской Федерации "Охрана окружающей среды" на 2012 - 2020 годы (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 № 326). – 2014.
201. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году"
202. Директивы ЕС по расширенной ответственности производителя (Директива Упаковка (94/62 / ЕС); Директива Отслужившие транспортные средства (2000/53 / ЕС); Директива Батареи (2006/66 / ЕС); Директива Электронное оборудование (2012/19 / ЕС))
203. Доклад по результатам проверки и анализа хода реализации плана первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в первом полугодии 2015 года (Утвержден Коллегией Счетной палаты Российской Федерации (протокол от 22 июля 2015 г. No 34К (1045)) // Счетная Палата Российской Федерации. – 2015.
204. Заседание Госсовета об экологическом развитии России в интересах будущих поколений URL: http://www.putin-today.ru/archives/39164 (дата обращения: 05.06.2017)
205. Концепция долгосрочного прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2025 года/ Минобрнауки РФ. – М., 2006.
206. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (с изменениями и дополнениями): распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 No 1662-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2008.
207. План мероприятий ("дорожная карта") по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений. URL: http://government.ru/media/files/RnhU0rvDLLc5Z6mHK7wYENRMG6N7efOS.pdf (дата обращения: 19.10.2016).

208. Постановление Правительства РФ от 31.12.2009 №1194 "О стимулировании приобретения новых автотранспортных средств взамен вышедших из эксплуатации и сдаваемых на утилизацию, а также по созданию в Российской Федерации системы сбора и утилизации вышедших из эксплуатации автотранспортных средств"
209. Постановление Правительства РФ от 04.04.2016 N 269 «Об определении нормативов накопления твёрдых коммунальных отходов»
210. Постановление Правительства РФ от 16.03.2016 N 197 «Об утверждении требований к составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами, в том числе с твёрдыми коммунальными отходами»
211. Постановление Правительства РФ от 12.11.2016 N 1156 «Об обращении с твёрдыми коммунальными отходами и внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. N 641»
212. Постановление Правительства РФ от 03.06.2016 N 505 «Об утверждении Правил коммерческого учёта объёма и (или) массы твёрдых коммунальных отходов»
213. Постановление Правительства РФ от 30.05.2016 N 484 «О ценообразовании в области обращения с твёрдыми коммунальными отходами»
214. Постановление Правительства РФ от 16.05.2016 N 424 «Об утверждении порядка разработки, согласования, утверждения и корректировки инвестиционных и производственных программ в области обращения с твёрдыми коммунальными отходами, в том числе порядка определения плановых и фактических значений показателей эффективности объектов, используемых для обработки, обезвреживания и захоронения твердых коммунальных отходов»
215. Постановление Правительства РФ от 05.09.2016 N 881 «О проведении уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации конкурсного отбора региональных операторов по обращению с твёрдыми коммунальными отходами»
216. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. – 2013.
217. Программа развития цифровой экономики в Российской Федерации до 2035 года
218. О долгосрочной государственной экономической политике: указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 No 596 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2012.
219. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года: указ Президента Российской Федерации от 12.05.2009 No 537 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009.

220. ООН: Наше общее будущее // Доклад всемирной комиссии по вопросам окружающей среды. - ООН, 1987. - С. 24. - URL: http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf (дата обращения: 19.11.2017).
221. ООН: Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года: Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года / Генеральная Ассамблея, 4-е пленарное заседание // ООН. - 25 сентября 2015 года. URL: https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/285/75/PDF/N1528575.pdf?OpenElement (дата обращения: 19.11.2017).
222. Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.). – 2012.
223. Распоряжение Правительства РФ от 4 декабря 2015 г. № 2491-р «Нормативы утилизации отходов от использования товаров»
224. Стратегия развития автомобильной промышленности РФ на период до 2020 г. (утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 23 апреля 2010 г. №319). – 2010.
225. Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 "О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года"// URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201704200016
226. Федеральный закон от 19.06.96 N 78 ФЗ, ст.1 «Об основах государственного регулирования социально - экономического развития РФ»
227. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ
228. Федеральный закон от 28.06.2014 №172-ФЗ "О стратегическом планировании в Российской Федерации"
229. Федеральный закон "О внесении изменений в Федеральный закон Об охране окружающей среды и отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 21.07.2014 N 219-ФЗ
230. Федеральный закон "О внесении изменений в Федеральный закон Об отходах производства и потребления, отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации" от 29.12.2014 N 458-ФЗ

Отчеты и статистические сборники

231. Ежеквартальный отчёт открытого акционерного общества «АВТОВАЗ» за 4 квартал 2017 года URL: http://info.avtovaz.ru/index.php?id=301 (дата обращения: 01.02.2018)

232. Мнения: Утилизация и переработка старых автомобилей или авторециклинг по-русски: от стихийной утилизации к федеральной системе // Отраслевой портал «Вторичное сырьё» URL: www.recyclers.ru (дата обращения: 05.06.2017)
233. Рынок легковых и коммерческих автомобилей в России: результаты 2015 г. и перспективы развития// Отчет агентства PWC, февраль 2016.
234. Эконацпроект. Утилизация вышедших из эксплуатации транспортных средств // Материалы X Международного форума «Лом черных и цветных металлов 2014». – 2014.
235. Automotive Recyclers of Canada. A National Approach to the Environmental Management of End-of-life Vehicles in Canada: Submission to the Canadian Council of Ministers of the Environment. – 2011.
236. Automotive Parts Remanufacturing Market: Global Industry Analysis and Forecast 2016–2024 / Persistence Market Research, 2015
237. Cascading use of biomass: opportunities and obstacles in EU policies URL: http://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/cascading_use_memo_final.pdf (дата обращения 05.06.2017)
238. Circular Economy Evidence Building Programme, Remanufacturing study, march 2015
239. Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity (Methodology), 2015 URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/insight/circularity-indicator (дата обращения 05.06.2017)
240. Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy; Ellen MacArthur Foundation: UK, 2013.
241. Ellen MacArthur Foundation. Delivering the Circular Economy a Toolkit for Policymakers; Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK, 2015.
242. IPCC: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries. URL: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_FINAL.pdf (дата обращения: 23.01.2017)
243. ISO 14001:2015. Стандарты системы экологического менеджмента – Требования и руководство по применению
244. National Climate Assessment: Climate Change Impacts in the United States. Highlights. URL: https://nca2014.globalchange.gov/highlights#section-5682 (дата обращения: 23.01.2017)
245. Opportunities for a circular economy in the Netherlands, 2013. URL: https://www.tno.nl/media/8551/tno-circular-economy-for-ienm.pdf (дата обращения: 23.01.2017)

246. PSI URL: http://www.ford.ru/AboutFord/Environment/PSI (дата обращения: 05.06.2017)
247. The Circular Economy and Benefits for Society, Interim Report, Club of Rome with support from MAVA Foundation and Swedish Association of Recycling Industries, 2015. URL: http://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf (дата обращения: 23.01.2017).
248. The international business compass 2015: Update and Subject Focus Labor Market Performance URL: https://www.bdo-ibc.com/fileadmin/dokumente/BDO-IBC-Summary-2015_ENG.pdf (дата обращения: 05.06.2017)
249. UNEP: The Emission Report 2017. A UN Environment Synthesis Report / UNEP. URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 23.01.2017)
250. World Bank: Knowledge Papers: Urban Development Series. Chapter 3: Waste Generation URL: http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/Chap3.pdf (дата обращения: 23.01.2017)
251. WRAP, Employment and the circular economy: Job creation in a more resource efficient Britain, 2015. URL: http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Employment%20and%20the%20circular%20economy%20summary.pdf (дата обращения: 23.01.2017)

Интернет источники

252. Аналитическое агентство Автостат URL: https://www.autostat.ru/ (дата обращения: 05.06.2017)
253. ЕМИСС Государственная статистика URL: https://www.fedstat.ru/indicator/36701 (дата обращения: 05.06.2017)
254. Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия URL: http://www.pwc.ru/ru/technology/publications/industry-4.html/ (дата обращения: 05.04.2018)
255. Международный индекс конкурентоспособности производства – 2016 [Электронный ресурс]. URL: https://www2.deloitte.com/global/en/pages/manufacturing/articles/global-manufacturing-competitiveness-index.html (дата обращения: 05.08.2017)
256. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации URL: http://minpromtorg.gov.ru (дата обращения: 05.06.2017)
257. Электронная энциклопедия Wikipedia URL: https://en.wikipedia.org/

258. Федеральная служба государственной статистики URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b_oxr15/Main.htm (дата обращения: 05.06.2017)
259. Cat Reman URL: http://www.caterpillar.com/ru/company/brands/cat-reman.html (дата обращения: 05.06.2017)
260. Circle Economy Website URL: https://www.circle-economy.com (дата обращения: 05.06.2017)
261. Eurostat URL: http://ec.europa.eu/eurostat/ (дата обращения: 05.06.2017)
262. Greenpeace International URL: http://www.greenpeace.org/international/en/ (дата обращения: 05.06.2017)
263. IFC URL: http://www.ifc.org (дата обращения: 05.06.2017)
264. Supply Chain 24/7 URL: http://www.supplychain247.com (дата обращения: 05.06.2017)
265. The Automotive Parts Remanufacturers Association (APRA) URL: http://apra.org/ (дата обращения: 05.06.2017)
266. USITC, 2012. URL: https://www.usitc.gov/publications/332/pub4356.pdf (дата обращения: 05.06.2017)

Приложение 1

Цели в области устойчивого развития ООН [ООН, 2016]

Приложение 2

Классификация продуктов, подлежащих вторичному использованию [Составлено автором]

Операция	Причина	Пример товара
Техническое обслуживание и ремонт	Дефект/ Брак (новый продукт) Дефект/ Брак (БУ продукт) Потеря потребительской полезности (БУ продукт)	Компьютеры и комплектующие Бытовая техника и электроника Авто и транспортные средства Станки, машины и оборудование
Повторное использование	Окончание цикла использования	Оборотная тара и упаковка, паллеты, контейнерные тележки, чехлы и т.п.
Восстановление	Истекший срок годности (новый продукт) Истекший срок годности (БУ продукт) Дефект/ Брак (новый продукт) Дефект/ Брак (БУ продукт) Потеря потребительской полезности (БУ продукт) Устаревшие модели/ неликвидные товары (новый продукт) Испорченная упаковка (новый продукт)	Компьютеры и комплектующие Бытовая техника и электроника Авто и транспортные средства Станки, машины и оборудование Мебель Электротовары и элементы питания (лампы, батарейки и т.п.)
Переработка	Истекший срок годности (новый продукт) Истекший срок годности (БУ продукт) Дефект/ Брак (новый продукт) Дефект/ Брак (БУ продукт) Потеря потребительской полезности (БУ продукт) Устаревшие модели/ неликвидные товары (новый продукт) Испорченная упаковка (новый продукт)	Книжная и книгопечатная продукция Текстиль и обувь Упаковочные материалы (стекло, пластик, полиэтилен и т.п.) Продукты питания Лекарства Косметика и бытовая химия Строительные материалы Составные элементы продуктов, не подлежащих восстановлению Отсортированные твердые бытовые и техногенные отходы
Реставрация	Продукт, бывший в употреблении	Мебель Авто и транспортные средства Музыкальные инструменты

Приложение 3

Экологические эффекты от различных методов управления отходами и продукцией

[Составлено автором]

Вид	Продукция/ отходы	Эффект
Организация свалки отходов	Все виды отходов/ продукции	Выброс метана и других парниковых газов; загрязнение почвы и грунтовых вод; омертвление потенциальных ресурсов
Обезвреживание и захоронение на полигоне	Все виды отходов/ продукции	Обезвреживание отходов существенно снижает их воздействие на окружающую среду, однако так же сопровождается выбросами метана и других парниковых газов, загрязнением почвы и грунтовых вод, омертвлением потенциальных ресурсов.
Сжигание, компостирование с получение энергии	Твердые коммунальные отходы; промышленные отходы, в том числе нефтезагрязненные, токсичные, ядовитые; медицинские отходы, в том числе инфицированные; биоорганические отходы, в том числе трупы инфицированных животных.	Получение электро – и тепловой энергии, сокращение отходов на 95% от общей массы Процесс сжигания и компостирования сопровождается выбросами CO2
Переработка и утилизация	Электротовары и элементы питания (лампы, батарейки и т.п.) Продукты питания Лекарства Косметика и бытовая химия Упаковочные материалы, не подлежащие переработке (стекло, пластик, полиэтилен и т.п.) Составные элементы продуктов, не подлежащих переработке и восстановлению Отсортированные твердые бытовые и техногенные отходы	Снижение использования ресурсов До 90%, энергии До 75% Сокращение CO2 До 86% Снижение стоимости полученного ресурса до 22%
Восстановление (ремонт, реставрация, реманufактринг)	Компьютеры и комплектующие Бытовая техника и электроника Автотранспортные средства Станки, машины и оборудование Мебель	Цена готового изделия, восстановленного с помощью реманufактуринга, ниже на 30% - 40% нового, затраты

	Шины Электротовары и элементы питания (лампы, батарейки и т.п.)	труда ниже на 11,1% - 20%; затраты энергии меньше на 50%, ресурсов на 67-85%, снижение выбросов парниковых газов до 87%
Предотвращения и минимизация отходов	Все виды отходов/продукции	Современные методы планирования производства, позволяют существенно снизить потребление ресурсов и энергии, снизить выбросы CO2

Приложение 4

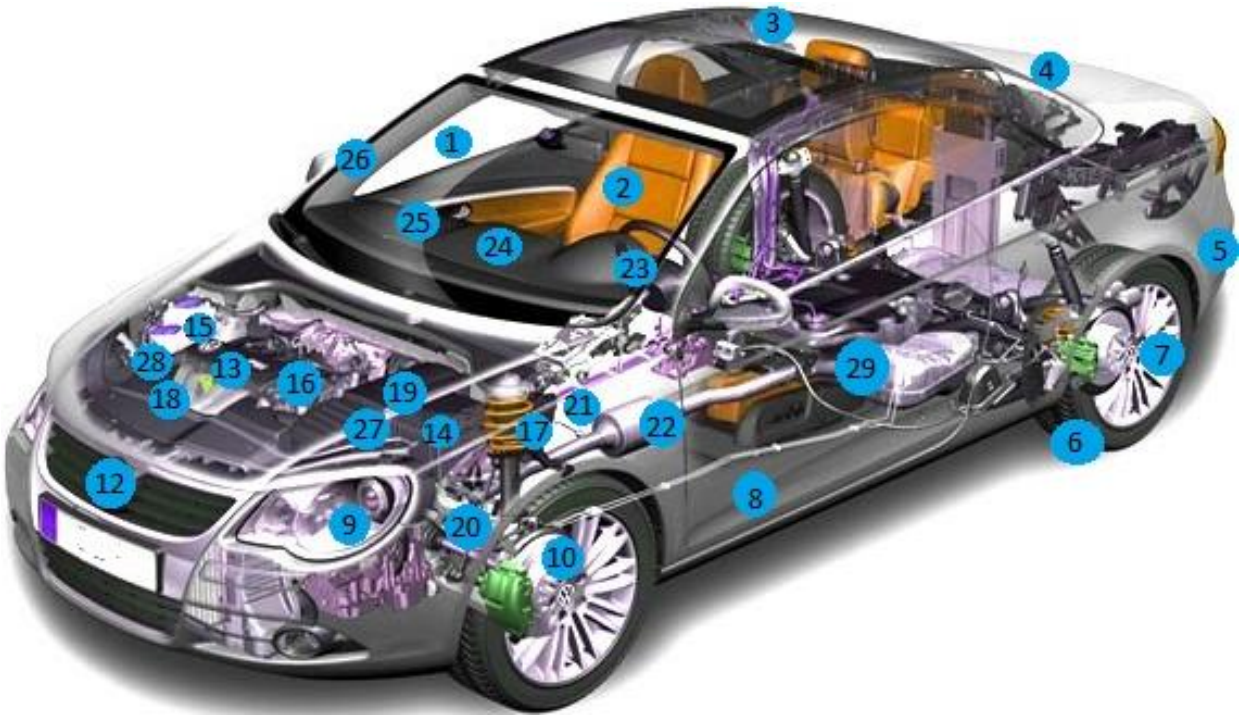
Сравнительная характеристика экологического законодательства ЕС и РФ 1998-2014 г.г. [Составлено автором]

Год	РФ	ЕС
1998	Принят Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 года «Об отходах производства и потребления. Проводится учет только токсичных отходов.	Директива 2000/53/ЕС «Об отработавших транспортных средствах» Директива 2002/96/ЕС «Об отработавшем электрическом и электронном оборудовании»; Директива 2002/95/ЕС «Об ограничении использования некоторых веществ в электрическом и электронном оборудовании»; Директива 99/31/ЕС «О захоронении отходов на полигонах»; Директива 2000/59/ЕС «О мощностях (оборудовании) для приема в портах отходов, образующихся на судах, и отходов карго»; Директива Европейского Парламента и Совета 2000/76/ЕС «О сжигании отходов».
2005	Установлены лицензионные требования к предприятиям: деятельность которых связана с обращением опасных отходов (Постановление Правительства от 26 августа 2006 г. № 524 "Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов I - IV класса опасности"). Ассамблея государств – участников СНГ приняла Модельный закон «Об отходах производства и потребления» (новая редакция) и рекомендовала его для использования в национальном законодательстве. В российском законодательстве учтен не был.	Директива 2006/21/ЕС «Об управлении отходами и пустыми породами горнорудного комплекса». Рекомендованы для использования в области обращения с отходами два справочника: «Сжигание отходов» и «Обработка отходов».
2008	В противоречие нормам международного права из сферы действия ФЗ «Об отходах производства и потребления» с 1 января 2009 года исключена деятельность по обращению с биологическими отходами и отходами лечебно-профилактических учреждений. Начался учет твердых бытовых отходов.	В Европейском Союзе принята новая Рамочная директива «Об отходах»: В соответствии с нормами Директивы отходы стали рассматриваться как ценный антропогенный ресурс. Законодательно закреплены базовые принципы европейской политики в области обращения с отходами: использование иерархии приоритетов в области обращения с отходами; введение расширенной ответственности производителя; введение принципа «загрязнитель платит» и др.
2014	Новый ФЗ № 458-ФЗ от 29.12.2014 предусматривает перечень мероприятий в области обращения с отходами: стимулирование строительства объектов,	Европейская комиссия предложила «поэтапный отказ от захоронения биоразлагаемых отходов на полигонах в 2020-2025 годах».

	предназначенных для обращения с отходами; стимулирование утилизации отходов; выявление мест несанкционированного размещения отходов. Постановлением установлены нормативы утилизации отходов. Постановление предусматривает установление ставок экологического сбора по каждой группе товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, уплачиваемого производителями, импортерами товаров, которые не обеспечивают самостоятельной утилизации отходов от использования товаров.	новая Директива 2012/19/ЕС «Об отработавшем электрическом и электронном оборудовании», где установлены новые целевые показатели сбора образовавшегося отработавшего электронного оборудования, законодательно закреплен раздельный сбор этих отходов и др.
2017	Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2017 N 2970-р. Утвержден новый перечень товаров, включая упаковку, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств. Новый перечень состоит из двух разделов. Первый раздел "Товары, за исключением упаковки, подлежащие утилизации после утраты ими потребительских свойств", включает 46 групп товаров. Второй раздел "Упаковка товаров, подлежащая утилизации после утраты ею потребительских свойств" включает 10 групп товаров.	Пакет по циркулярной экономике принятый (2015 г.) и План действий, который охватывает весь производственно-хозяйственный цикл, начиная от производства и потребления продукции и завершая утилизацией отходов и рынком вторичного сырья, а также включает изменение нормативно-правового регулирования порядка обращения с отходами с высокими целевыми показателями. Среди этих показателей можно выделить – утилизацию 65% бытовых отходов и 75% упаковочных материалов к 2030 г., сокращение площадей свалок на 10% и т.д.

Приложение 5

Автомобильные компоненты, подлежащие утилизации [Составлено автором]

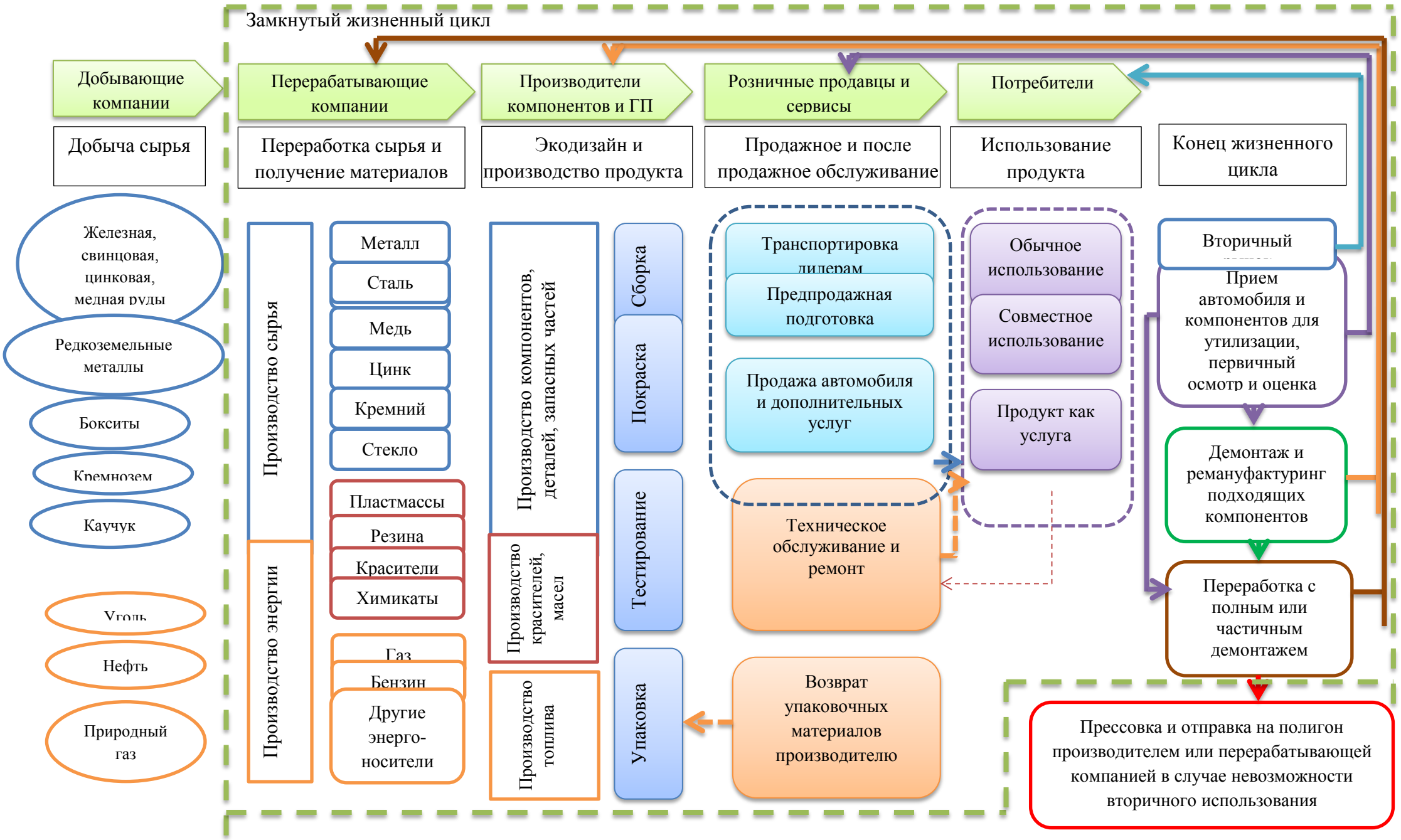


№	Часть автомобиля	Ремануфактуринг	Переработка
1	Окно	Технология жидкого стекла	стекловолоконная изоляция, стеклянные бутылки, ковровый клей и др. применения
2	Сиденье	Перетяжка изношенных тканей и элементов	Материал для звукоизоляции в автомобилях
3	Кузов	Чистка, выравнивание, покраска	Части автомобилей или стальные/ алюминиевые изделия
4	Багажник		
5	Бампер		Части автомобилей, в том числе использование для интерьера
6	Шина	Восстановление протектора	Цемент, прорезиненный асфальт для автомагистралей
7	Диск	Чистка, выравнивание, покраска	Стальные/ алюминиевые изделия
8	Дверь	Чистка, выравнивание, покраска	Части автомобилей или стальные/ алюминиевые изделия
9	Фара	Технология жидкого стекла	Стекловолоконная изоляция, стеклянные бутылки, ковровый клей и др. применения
10	Тормозной диск и колодки	Очистка, уплотнение, установка новых элементов	Стальные/ алюминиевые изделия
12	Радиатор	Очистка, установка новых элементов	Алюминиевые изделия
13	Двигатель	Разборка старого ядра, осмотр, чистка, операции по восстановлению и	Алюминиевые изделия

		тестирование.	
14	Аккумулятор	Качественный анализ и проверка безопасности аккумуляторных батарей, Восстановление аккумуляторных блоков и модулей, тестирование.	Измельчение, нейтрализация кислоты и отделения полимеров от свинца. Извлеченные материалы используются во множестве других изделий, включая новые батареи.
15	Омыватель	Чистка	Пластиковые изделия
16	Масла и жидкости	-	Очистка и повторное использование
17	Амортизатор	Осмотр, чистка, операции по восстановлению и тестирование	Стальные/ алюминиевые изделия
18	Свечи зажигания		
19	Коробка передач	Демонтаж и тщательная чистка. Все детали проверяются, если идентифицирована неработоспособная деталь, то она заменяется на новую или восстановленную с высоким качеством. После модули собираются и коробка передач проходит тестирование.	Стальные/ алюминиевые изделия
20	Тормозной цилиндр	Осмотр, чистка, операции по восстановлению и тестирование	Стальные/ алюминиевые изделия
21	Педальный узел		
22	Выхлопная труба и глушитель	Осмотр, чистка, выравнивание	Стальные/ алюминиевые изделия
23	Рулевое колесо	Чистка, нанесение нового покрытия, покраска	Пластиковые изделия
24	Бортовой компьютер	Демонтаж, восстановление частей и элементов, использование при изготовлении новых компьютеров	Пластиковые изделия
25	Подушки безопасности	Демонтаж модуля, осмотр, тестирование и повторное использование	Пластиковые изделия
26	Полиуретановый уплотнитель	Чистка и повторное использование	Полиуретан
27	Блок электрических реле и предохранителей	Демонтаж, восстановление частей и элементов, использование при изготовлении новых реле и предохранителей, тестирование	Стальные/ алюминиевые изделия
28	Воздушный фильтр	Демонтаж металлических деталей, их чистка и сборка с использованием новых фильтрующих материалов, клеев, прокладок.	Пластиковые изделия
29	Бензобак и бензонасос	Демонтаж и тщательная чистка, операции по восстановлению, тестирование	Стальные/ алюминиевые изделия

Приложение 6

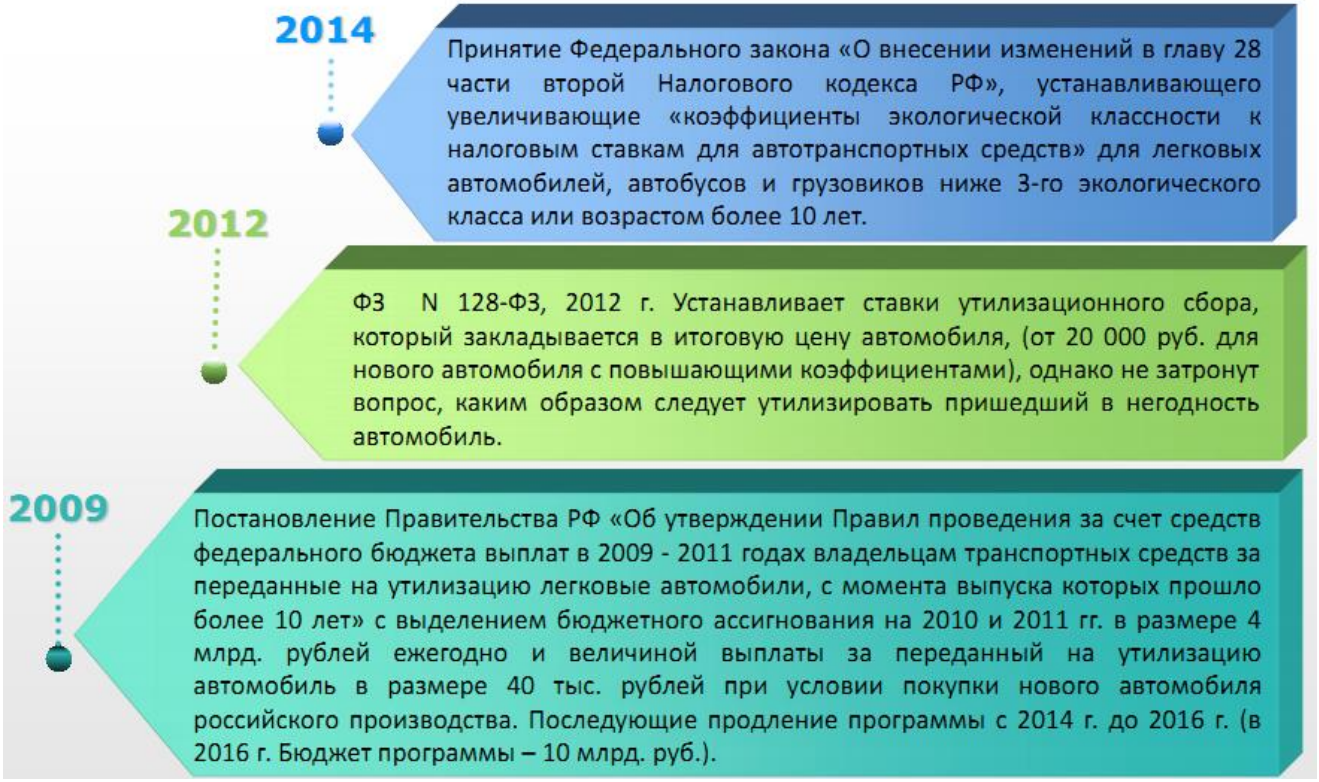
Замкнутая цепь поставок в автомобильной промышленности [Составлено автором]



Приложение 7

Законодательство в области программы утилизации автотранспортных средств в РФ

[Составлено автором]



Приложение 8

Система поддержки принятия инвестиционных решений по методу утилизации [Составлено автором]

1 этап

Внесение исходных данных:

- виды восстанавливаемой продукции
- стоимость нового изделия
- стоимость восстановленного изделия с учетом предполагаемой скидки от цены нового изделия
- объем восстановления

	Цена восстановленного изделия, тыс. руб. за 1 шт 2018 г.	Цена нового изделия, тыс. руб. за 1 шт 2018 г	Объем шт 2018 г.
Продукция			
Коробкапередач механика модель 2181, 2180	17.9	25.6	53774
Рулевая рейка 845006828	11.8	16.8	19
Двигатель модель 21127, 21129	66.7	95.3	55425
Двигатель модель 21179, H4M	86.5	123.6	31
Рулевая рейка модель 21920, 11183	6.1	8.7	54340
Коробка передач механика 21807	25.1	35.8	12
Коробка передач автмат модель 21902, 21120	86.8	124.0	23

2 этап

Внесение инвестиционных затрат на:

- разработку проектной документации и технического задания
- закупку производственного оборудования
- реконструкцию/ строительство производственных помещений и складов

Вклад инициатора проекта: создание технологического комплекса, разработка и апробация технологии и др.	90 000
Монтаж и наладка технологического оборудования, создание АСУТП	20 000
Разработка проектно-сметной документации, рабочей документации и технического задания, получение необходимы	16 400
Содержание службы возвратной логистики	5 390
Подготовка эксплуатационных кадров	4 040
Реконструкция складов для хранения возвращенной и готовой продукции, цеха для ремануфактуринга	
Сооружение цеха для ремануфактуринга	9 750
Сооружение склада хранения возвращенной продукции	4 500
Сооружение склада хранения восстановленной продукции	7 765
Установка системы систем аспирации и вентиляции, видеонаблюдения	3 500
Производственное оборудование	
Оборудование для приема и первияной дефектовки	428
Оборудование для мойки и очистки детали в сборе	1 930
Камера механической очистки	72 073
Диагностическое оборудование и инструменты	42 106
Оборудование для мойки разобранной детали	2 406
Стенд для промывки гидротрансформаторов	144
Оборудование и инструменты для сборки/разборки детали и дефектовки	109 378
Оборудование для восстановления	250 625
Оборудование участка диагностики и испытаний	135 856
Прочие кап вложения	1 209
Получение локальной лицензии	4 000
Пополнение оборотного капитала	129 426

3 этап

Автоматический поквартальный расчет выручки от реализации на заданный период производится по каждому виду изделия с учетом НДС и без НДС

ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА И ВЫРУЧКА ОТ РЕАЛИЗАЦИИ	1 кв. 2018 - 4 кв. 2(	Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2 к
Объем прои дства продук и		шт			409	409	504	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	74%	74%	72%	
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21127, 21129	171135	шт	0	0	13856	13856	16442	
Цена восстановленного Двигателя модели 21127, 21129	82.75	тыс. руб./ шт	66.7	66.7	66.7	66.7	70.1	
Выручка от реализации Двигателя модели 21127, 21129	12171731.39	тыс. руб.	0	0	924727	924727	1152174	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.1%	0.1%	1.2%	
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21179, H4M	2000	шт	0	0	8	8	211	
Цена восстановленного Двигателя модели 21179, H4M	90.93	тыс. руб./ шт	86.5	86.5	86.5	86.5	90.9	
Выручка от реализации Двигателя модели 21179, H4M	186764.13	тыс. руб.	0	0	692	692	19193	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	7%	7%	9%	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 21920, 11183	175515	шт	0	0	13585	13585	16739	
Цена восстановленной Рулевой рейки модели 21920, 11183	6.38	тыс. руб./ шт	6.1	6.1	6.1	6.1	6.4	
Выручка от реализации Рулевой рейки модели 21920, 11183	1136080.68	тыс. руб.	0	0	82442	82442	106659	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.00%	0.00%	0.10%	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 845006828	1199	шт	0	0	5	5	127	
Цена восстановленной Рулевой рейки модели 845006828	12.37	тыс. руб./ шт	11.8	11.8	11.8	11.8	12.4	
Выручка от реализации Рулевой рейки модели 845006828	15244.55	тыс. руб.	0	0	54	54	1567	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	19%	19%	20%	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 2181, 2180	177646	шт	0	0	13444	13444	16881	
Цена восстановленной Коробки передач механика модели 2181, 2180	18.81	тыс. руб./ шт	17.9	17.9	17.9	17.9	18.8	
Выручка от реализации Коробки передач механика модели 2181, 2180	3393654.88	тыс. руб.	0	0	240684	240684	317341	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.01%	0.01%	0.06%	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 21807	366	шт	0	0	3	3	39	
Цена восстановленной Коробки передач механика модели 21807	26.34	тыс. руб./ шт	25.1	25.1	25.1	25.1	26.3	
Выручка от реализации Коробки передач механика модели 21807	9887.23	тыс. руб.	0	0	72	72	1023	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.04%	0.04%	0.05%	
Объем реманufактуринга Коробки передач автмат модели 21902, 21120	95	шт	0	0	6	6	9	
Цена восстановленной Коробки передач автмат модели 21902, 21120	91.21	тыс. руб./ шт	86.8	86.8	86.8	86.8	91.1	
Выручка от реализации Коробки передач автмат модели 21902, 21120	8781.56	тыс. руб.	0	0	499	499	797	
Всего выручка от реализации восстановленых деталей без НДС	**16 922 144**	**тыс. руб.**	**0**	**0**	**1 249 171**	**1 249 171**	**1 598 754**	**1**
НДС к выручке от реализации	18%	тыс. руб.	0	0	224851	224851	287776	
Всего выручка от реализации восстановленых деталей с НДС	**19 968 130**	**тыс. руб.**	**0**	**0**	**1 474 022**	**1 474 022**	**1 886 530**	**1**

4 этап

Автоматический поквартальный расчет затрат на восстановление каждого вида изделия включает:

- затраты на закуп и доставку бывших в употреблении деталей
- затраты на мойку и механическую очистку деталей в сборе и отдельных частей детали
- затраты разборку и дефектовку детали
- затраты на закуп полуфабрикатов и отдельных частей для восстановления детали
- затраты на тестирование восстановленной детали
- затраты на коммунальные нужны отопление, электроэнергию, воду
- общецеховые и общезаводские расходы

ЗАТРАТЫ НА ОПЛАТУ ТРУДА		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2
ИТР	17	чел.	5	10	11	17	17	
з/п	55	тыс. руб.	165	165	165	165	165	
ФОТ		тыс. руб.	825	1650	1815	2805	2805	
Основной производственный персонал	202	чел.	5	100	141	145	202	
з/п	32	тыс. руб.	96	96	96	96	96	
ФОТ		тыс. руб.	480	9600	13536	13920	19392	
Вспомогательный персонал	113	чел.	0	0	63	78	113	
з/п	25	тыс. руб.	75	75	75	75	75	
ФОТ		тыс. руб.	0	0	4725	5850	8475	
Итого численность персонала		чел.	10	110	215	240	332	
ФОТ		тыс. руб.	1305	11250	20076	22575	30672	
Страховые взносы	38%	тыс. руб.	496	4275	7629	8579	11655	
Затраты на оплату труда		**тыс. руб.**	**1 801**	**15 525**	**27 705**	**31 154**	**42 327**	

ЗАТРАТЫ НА "ЗАКУП" И ДОСТАВКУ БЫВШИХ В УПОТРЕБЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ДО ЗАВОДА		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21127, 21129	68453.9352	шт	0	0	13856	13856	16442	
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21179, H4M	799.8	шт	0	0	8	8	211	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 21920, 11183	70205.9	шт	0	0	13585	13585	16739	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 845006828	479.7	шт	0	0	5	5	127	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 2181, 218(	71058.4	шт	0	0	13444	13444	16881	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 21807	146.3	шт	0	0	3	3	39	
Объем реманufактуринга Коробки передач автмат модели 21902, 21120	37.8	шт	0	0	6	6	9	
Доля поставок с центра приема и сортировки		%	100%	100%	100%	100%	100%	
Цена закупа Двигателя модели 21127, 21129	9.5	тыс. руб./шт	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
Затраты на закуп Двигателя модели 21127, 21129		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**111952**	**111952**	**132846**	
Цена закупа Двигателя модели 21179, H4M	12.4	тыс. руб./шт	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	
Затраты на закуп Двигателя модели 21179, H4M		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**84**	**84**	**2213**	
Цена закупа Рулевой рейки модели 21920, 11183	0.9	тыс. руб./шт	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Затраты на закуп Рулевой рейки модели 21920, 11183		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**9981**	**9981**	**12298**	
Цена закупа Рулевой рейки модели 845006828	1.2	тыс. руб./шт	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Затраты на закуп Рулевой рейки модели 845006828		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**5**	**5**	**126**	
Цена закупа Коробки передач механика модели 2181, 2180	2.6	тыс. руб./шт	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	

5 этап
Автоматический поквартальный расчет показателя EBITDA на заданный период

EBITDA		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Всего выручка от реализации продуктов переработки тонких пылей без НДС	6 395 016	тыс. руб.	0	0	1 249 171	1 249 171	1 598 754
НДС к выручке от реализации	*18%*	*тыс. руб.*	*0*	*0*	*224851*	*224851*	*287776*
Затраты на оплату труда	169 309	тыс. руб.	1801	15 525	27 705	31 154	42 327
Затраты на покупку и доставку бывших в употреблении деталей до завода	751 710	тыс. руб.	0	0	154 255	154 266	187 927
Затраты на мойку и механическую очистку деталей в сборе и отдельных частей детали	17 265	тыс. руб.	0	0	3 500	3 500	4 316
Затраты на разборку и дефектовку деталей	353	тыс. руб.	0	0	72	72	88
Затраты на тестирование восстановленных деталей	715	тыс. руб.	0	0	145	145	179
Затраты на закуп полуфабрикатов и отдельных частей для восстановления деталей	2 238 314	тыс. руб.	0	0	437 210	437 213	559 579
Затраты на отопление, электроэнергию, воду	1 027	тыс. руб.	0	0	217	217	257
Общецеховые и общезаводские расходы	32 850	тыс. руб.	75	75	8 046	8 071	8 212
Итого операционные затраты		тыс. руб.	1 876	15 600	631 149	634 637	802 886
НДС к затратам	*18%*	тыс. руб.	*338*	*2808*	*113607*	*114235*	*144519*
EBITDA	3 183 472	тыс. руб.	-2 214	-18 408	729 266	725 150	939 124
% от Выручки					58%	58%	59%

СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Всего выручка от реализации продуктов переработки тонких пылей без НДС	6 395 016	тыс. руб.	0	0	1 249 171	1 249 171	1 598 754
НДС к выручке от реализации	*18%*	*тыс. руб.*	*0*	*0*	*224851*	*224851*	*287776*
Затраты на оплату труда	169 309	тыс. руб.	1801	15 525	27 705	31 154	42 327
затраты на покупку и доставку бывших в употреблении деталей до завода	751 710	тыс. руб.	0	0	154 255	154 266	187 927
затраты на мойку и механическую очистку деталей в сборе и отдельных частей детали	17 265	тыс. руб.	0	0	3 500	3 500	4 316
Затраты на разборку и дефектовку деталей	353	тыс. руб.	0	0	72	72	88
Затраты на тестирование восстановленных деталей	715	тыс. руб.	0	0	145	145	179
Затраты на закуп полуфабрикатов и отдельных частей для восстановления деталей	2 238 314	тыс. руб.	0	0	437 210	437 213	559 579
Затраты на отопление, электроэнергию, воду	1 027	тыс. руб.	0	0	217	217	257
Общецеховые и общезаводские расходы	32 850	тыс. руб.	75	75	8 046	8 071	8 212
Операционные затраты	3 211 544	тыс. руб.	*1876*	*15 600*	*631 149*	*634 637*	*802 886*
Амортизационные отчисления			0	0	*30 747*	*30 747*	*30 747*
Производственные затраты			1 876	15 600	661 896	665 384	833 633
Валова прибыль		тыс. руб.			1 329 668	1 329 040	1 711 263

6 этап
Автоматический поквартальный расчет финансового денежного потока и анализ эффективности проекта на заданный период производится с учетом выбрано процентной ставки по кредиту и периода кредитования

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ		Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Собственные средства инициатора проекта		тыс. руб.	90 000	0	0	0	0	0
Средства нарастающим итогом		тыс. руб.	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000
Кредит		тыс. руб.	0	638 000	52 000	13 500	0	0
Задолженность по кредиту	299 500	тыс. руб.	0	638 000	690 000	703 500	643 500	583 500
Выплата по кредиту		тыс. руб.	0	0	0	0	-60 000	-79 305
%	12%	тыс. руб.	0	0	0	0	0	-19 305
Период для рассчета выплат по кредиту	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*
тело		тыс. руб.	0	0	0	0	-60 000	-60 000
Период для рассчета выплат по кредиту	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*2*
Финансовый денежный поток		тыс. руб.	90 000	638 000	52 000	13 500	-60 000	-60 000
Финансовый денежный поток нарастающим итогом		тыс. руб.	90 000	728 000	780 000	793 500	733 500	673 500
Поток денежных средств		тыс. руб.	0	-2 214	-18 408	583 413	580 120	735 855

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА		Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Чистый поток денежных средств		тыс. руб.	-90 000	-640 214	-70 408	569 913	640 120	795 855
То же, нарастающим итогом		тыс. руб.	-90 000	-730 214	-800 622	-230 709	409 412	1 205 267
			-2	-1	0	1	2	3
Ставка сравнения и индексы дисконтирования	*25%*	*ед*	*1.129*	*1.063*	*1.000*	*0.941*	*0.886*	*0.834*
Дисконтированный чистый поток денежных средств		тыс. руб.	-101 602	-680 227	-70 408	536 389	567 027	663 510
То же, нарастающим итогом		тыс. руб.	-101 602	-781 828	-852 236	-315 848	251 179	914 689
Простой срок окупаемости		лет	1.0				1	
Дисконтированный срок окупаемости		лет	0.9					
Чистый дисконтированнный доход (NPV)		тыс. руб.	5 155 091					
Рентабельность инвестиций (PI)		%	969%					
Внутренняя норма доходности (IRR)		%	344%					

Приложение 9

Технико-экономические показатели инвестиционного проекта реманufактуринга автомобильных компонентов в РФ [Составлено автором]

Показатель	Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2 кв. 2019	3 кв. 2019	4 кв. 2019	1 кв. 2020	2 кв. 2020	3 кв. 2020	4 кв. 2020
Численность персонала	чел.	10	110	215	240	332	332	332	332	332	332	332	332
Среднемесячная заработная плата	руб./мес.	43500	34091	31126	31354	30795	30795	30795	30795	30795	30795	30795	30795
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21127, 21129	шт.	0	0	13856	13856	16442	16442	16442	16442	19413	19413	19413	19413
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21179, Н4М	шт.	0	0	8	8	211	211	211	211	285	285	285	285
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 21920, 11183	шт.	0	0	13585	13585	16739	16739	16739	16739	20348	20348	20348	20348
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 845006828	шт.	0	0	5	5	127	127	127	127	171	171	171	171
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 2181, 2180	шт.	0	0	13444	13444	16881	16881	16881	16881	20809	20809	20809	20809

Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 21807	шт.	0	0	3	3	39	39	39	39	51	51	51	51
Объем реманufактуринга Коробки передач автмат модели 21902, 21120	шт.	0	0	6	6	9	9	9	9	12	12	12	12
Выручка от реализации с НДС	тыс.руб.	0	0	1 474 022	1 474 022	1 886 530	1 886 530	1 886 530	1 886 530	2 368 492	2 368 492	2 368 492	2 368 492
Себестоимость производства с НДС	тыс.руб.	2 214	18 408	775 503	779 619	978 153	978 153	978 153	978 153	1 191 539	1 191 539	1 191 539	1 191 539
Валовая прибыль	тыс.руб.	-2 214	-18 408	698 519	694 403	908 377	908 377	908 377	908 377	1 176 953	1 176 953	1 176 953	1 176 953
Чистая прибыль (убыток) отчетного периода	тыс.руб.	-2 709	-22 683	551 186	546 944	715 046	715 046	715 046	715 046	929 907	929 907	929 907	929 907
Удельная выручка от реализации	тыс.руб./ шт			36,03	36,03	37,40	37,40	37,40	37,40	38,77	38,77	38,77	38,77
Удельная себестоимость продукции	тыс.руб./ шт			18,96	19,06	19,39	19,39	19,39	19,39	19,51	19,51	19,51	19,51
Платежи в бюджет и внебюджетные фонды	тыс.руб.	496	4275	147333	147459	193331	193331	193331	193331	247046	247046	247046	247046
Рентабельность производства	%			60%	59%	61%	61%	61%	61%	65%	65%	65%	65%

SAINT-PETERSBURG STATE UNIVERSITY

Manuscript copyright

Vetrova Maria Aleksandrovna

FOUNDAMENTION OF STRATEGIC AND OPERATIONAL DECISIONS OF ENTERPRISES UNDER THE CONDITIONS OF TRANSITION TO CIRCULAR ECONOMY

Specialty 08.00.05 – Economy and management of the national economy (economy, the organization, management of the enterprises, branches, complexes – the industry)

THESIS
submitted in conformity with the requirements
for the degree of Candidate of Economics

Research supervisor doctor
Physical and mathematical sciences, professor
Knut K. RICHTER

Saint-Petersburg – 2018

Table of contents

Introduction……... 224

Chapter 1. Formation of circular economy in the conditions of transition to the 4th industrial revolution and modernization of strategy of business…….238

1.1. Formation of circular economy upon transition to the 4th industrial revolution: systematization of scientific representations……..240

1.2. Circular economy as a response to global challenges and institutional conditions for its development ……261

1.3. Assessment of the level of development of circular economy and formation of circular business models ……..275

Chapter 2. Management of life cycle of production when forming circular economy ….288

2.1. Transition from linear to the closed life cycle of a product: systematization of approaches……...290

2.2. Formation of circular models of consumption……304

2.3. The model of making decisions on regarding the way of utilization of production at the end of its use taking into account ecological and economic factors……..312

Chapter 3. Justification of design decisions of the enterprises in the conditions of formation of circular economy (on the example of the Russian automotive industry) …….332

3.1. Comparative analysis of programs of a remanufacturing and utilization in the automotive industry of the Russian Federation …….333

3.2. System for supporting investment decisions on utilization of production on the example of automobile components ……. 339

3.3. Staged introduction of the principles of circular economy for the companies of the Russian automotive industry……..380

Conclusion ……390

List of references……...396

Appendix 1. Purposes in the field of sustainable development of the UN ……...418

Appendix 2. Classification of the products which are subject to recycling……..419

Appendix 3. Ecological effects from different methods of waste management and production at the end of use ……420

Appendix 4. Comparative characteristic of the ecological legislation of the EU and Russian Federation 1998-2014 ……421

Appendix 5. Automotive components to be recycled ……...423

Appendix 6. Closed chain of supply in the automotive industry …… 425

Appendix 7. The legislation in the field of the program of utilization of vehicles in the Russian Federation ……426

Appendix 8. The system of support for investment decision-making on the method of utilization …… 427

Appendix 9. Technical and economic indicators of the investment project of a remanufacturing of automobile components in the Russian Federation ……...430

Introduction

Relevance of the research subject. In 2016 at the World Economic Forum in Davos the Fourth industrial revolution which is characterized by deleting of borders between physical, digital and biological technologies [Schwab K., 2016] became one of the main subjects of discussion. These technologies include artificial intelligence, the Internet of things, pilotless transport, 3D - the press, nanotechnologies, biotechnologies, quantum computers. Before the idea of the fourth industrial revolution had been presented by the German Industry program 4.0 (Industry 4.0) which was developed in 2011 and was based on technologies of Clever production (Smart Manufacturing) based on global industrial network of the Internet of things (Internet of Things). However the fourth industrial revolution is connected not only with the clever and interconnected cars and systems. In its course fundamental breakthroughs in various fields of science and technology are being made. And one of the leading directions of the fourth industrial revolution is formation of the production and technological systems which are based on the circular principles, i.e. of no waste from production and consumption, ecological design of production for creation of its closed life cycle, reuse, restoration and processing of waste where each product at the end of use represents potentially renewable resource.

It is the synthesis of digital technologies and circular principles of production and also their interaction in physical, digital and biological spheres that make one of fundamental differences of the fourth industrial revolution from all previous revolutions, so in the fourth industrial revolution traditional directions of economic growth are transformed and new ones appear which increase economic efficiency of production and create new spheres of economic activity. As consequence of these processes are system changes which are shown in all spheres of public life, making essential impact on economy and business, including adoption of both strategic, and operational decisions. The changes accompanying transition to the fourth industrial revolution influence such macroeconomic indicators as investments and employment, price level and GDP, indicators of welfare and quality of life.

Within the fourth industrial revolution the digital economy is formed which represents transition of society to more and more digital form of operations, i.e. his digitalization which is understood as basic change of the main source of value added and structure of economy due to formation more effective commercial and the productions provided with digital technologies.

As a result of distribution of technologies of the fourth industrial revolution and digitalization of economy new opportunities open for development of the circular principles of production. So, infrastructure of the Internet of things is the cornerstone of digitalization which collects data and provide deeper understanding of a flow of information, materials and products for effective design of chains of deliveries, the systems of production, consumption of resources, etc. Use of technologies of digital economy is connected with obtaining the positive effects relating to use of raw material and energy resources. Positive effects are connected not only with rationalization of consumption of resources, but also with performance of operations on restoration and regeneration of the environment due to use of innovative digital technologies. All this promotes formation of essentially new model of economy which gains the restorative and closed character, being based on the principle "take, make, reuse" and being an alternative to the linear model dominating before, based on the principle "by take, make, waste". We emphasize that the wide circulation of the specified linear model has led to global environmental problems, large-scale emissions of pollutants, including greenhouse gases, to exhaustion of natural resources, huge volumes of waste and poor control of them.

In the second half of the 20th century these problems have drawn attention of society, scientists, the governments of the different states and businessmen. At the 2nd World conference of the UN on the environment and development in 1992 (Rio de Janeiro) the declaration on achievement of the principles of sustainable development based on the idea of interface of environmental protection and the ecological, economic and social targets was adopted. Later this concept was enriched with the new ideas, including a problem of transition to the principles of green economy which has been integrated into such documents and decisions as the Declaration of Leaders of the G20, strategy "Innovations for steady growth: bio economy – for Europe", the 7th action program of the EU on environmental protection (7 EAP). At the same time, under the green economy, literature refers to an economy aimed at increasing the welfare of society and social guarantees while reducing environmental risks and deficits. Simultaneously, the model of sustainable development was subjected to a certain modernization and expansion within the concept of inclusive growth, which places special emphasis on improving the quality of life and reducing inequality among people, the environmental orientation of innovation and structural reforms. But only at the present stage, taking into account the goals of sustainable development, the principles of green economy and inclusive growth, on the one hand, and the emergence of new opportunities arising from the formation of the digital economy and its infrastructure, on the

other, an environmentally, economically and socially effective model of the circular economy began to develop actively .

So, distribution of digital technologies improves exchange of information and cooperation, changes the process of production with emphasis on regeneration of resources, and accelerates system shifts which have the defining value for formation of circular economy, and achievement of the economic, ecological and social targets in the field of sustainable development.

The circular economy is aimed, first, at restoration of initial cost of products at the end of their use for ensuring economic efficiency; secondly, on decrease in negative impact on the environment due to operations of restoration of this initial cost that leads to implementation of social, economic and ecological requirements of sustainable development. Therefore for the formation of new model of economy the government of developed countries reform the legislation, realize special programs of support and projects for development of circular economy and its separate elements. For example, in the EU in 2014 the package of special measures for circular economy (Circular economy package)has been adopted directed to change the standard and legal regulation of waste management procedure with high target rates, including also measures for stability of buildings, ecological employment and so forth. High activity shows Ellen McArthur's fund, the Dutch Circle organization, etc. which seeks to combine efforts of the government, the advanced companies and scientists in the field of development of circular economy as well non-governmental organizations, for example.

Under the influence of new requirements the companies focused on the advanced practice develop more and more actively and use innovative business models of restoration and reuse of production and materials that leads to changes in structure of modern economy in which new branches are being formed.

One of such actively developing branches is the restoration of automobile details using Remanufacturing which allows by means of a combination of components being used and new ones make a ready-made product and to position its functionality and a marketable condition at the level of new one. The application of a remanufacturing brings positive ecological, social and economic effects. So, according to the experts, consumption of raw materials is reduced to 98%, energy – to 83%, emissions of CO2-up to 87%, and the cost of a finished product falls up to 40% [Smith V. et al., 2015; Automotive Parts Remanufacturing Market, 2016].

Also additional jobs are formed, for example, for the USA the predicted figure makes in 180 thousand people [Automotive Recycling Industry, 2015].

As for Russia, transition to the principles of circular economy is at the initial stage. So, only in 2014 the Government of the Russian Federation began to realize large-scale measures for

reforming of the ecological legislation, then the Federal law "Has been adopted about introduction of amendments to the Federal law "About Industrial and Consumption Waste" No. 458-FL which provided carrying out essential modernization of the operating system with waste management in the country. A basic role in this modernization has been allocated for a number of new administrative tools, including construction of facilities for utilization and stimulation of the process of recycling. According to the order of the Government of the Russian Federation No. 2491-r standards of utilization have been established and also rates of ecological collecting in case of refusal from utilization are entered. The great value for formation of civilized waste management system and increase in the level of efficiency resource and ecological safety of production had also been adopted in July, 2014 of FL-219 "About environmental protection" which provided transition to the principle of best available technology for the purpose of complex prevention and minimization of negative impact on the environment.

At the same time, analysis of the implementation of these federal laws shows that the transition to new principles of waste management as a necessary stage in the formation of a circular economy in the country is carried out with considerable difficulties, the introduction of a number of measures occurs with a noticeable delay from the originally planned terms. Besides, these laws do not provide for a number of measures necessary for a consistent transition to the principles of the circular economy, including the formation of the necessary environmental infrastructure facilities to service the introduced scheme. There is also no agreed plans to build facilities for collection, sorting and recycling to create an environmentally and an economically efficient waste management scheme as an integral part of the formation of a circular economy.

Moreover, the tasks of the previous stages of greening production and forming a resource-efficient economy have not been fully solved in the country. A number of the most acute problems attracted attention in 2016 at the State Council meeting on the ecological development of Russia in the interests of future generations. The following negative indicators are also recorded as problem zones in the Strategy of ecological safety of the Russian Federation: high share of burial (more than 90%); growth of the areas of unauthorized dumps and grounds (47,7 thousand hectares.), high level of a material capacity of economy and its commodity dependence. Thus, the share of production, manufacturing, recycling, transportation of natural raw materials accounts for 87% of greenhouse gas emissions, 77% of polluted water discharges and 97% of total industrial waste generated.

The economic losses and damage caused by environmental pollution and deterioration of natural resources in the country are reached by 4-6% of GDP, and taking into account negative consequences for human health – 10-15% of GDP. The urgency of these problems in a number

of positions has recently acquired even sharper forms, as evidenced by the spontaneous ignition of landfills in the Moscow region in June 2017, followed by a presidential decree on its closure, against which the number of unauthorized landfills increased. The aggravated environmental problems in the Russian Federation require immediate resolution, and the development of closed-cycle industries will help reduce the flow of waste and emissions into the atmosphere, increase resource and energy efficiency, and shift the emphasis from linear production and consumption patterns to circular models for the benefit of future generations.

Acceptance of the principles of circular economy, development of the innovative business models connected with it, introduction of new technologies of productions with the closed cycle assume not only timely and consecutive modernization of standard and legal regulation in the country and creation of adequate frame conditions for business, but it demands also from the companies qualitatively new approaches to justify and resolve issues at the strategic and operational levels. However formation of circular productions encounters considerable barriers and obstacles, among them are the lack of advanced technologies and the equipment for effective reuse, recovery and recycling, low innovative activity in the field of development of best available technology, lack of system of education and training for branches of utilization of production and also backwardness of ecological consumer consciousness.

Special attention should be paid to the fact that the transition to the principles of a circular economy from a financial point of view is associated with high investment costs and long payback periods that require a qualified justification. In the short-term period realization of such investments can lead to high expenses and, further, − to the growth of prices for the products of enterprises. This circumstance also complicates transition of the Russian business to the principles of circular economy. In foreign studies, economic and mathematical models and methods are used to calculate benefits and costs when companies make decisions on the step-by-step transformation of linear business models into circular ones. The experience of foreign countries in this field, as well as the justification of financial and economic results from the introduction of various methods for managing waste and products at the end of its life cycle, is of interest, but it cannot be used in Russian conditions without a certain modification due to the specifics of the Russian regulatory framework and institutional base and other significant factors.

All this has also caused the choice of a subject of the dissertation research which is devoted, firstly, to definition of the place and a role of circular economy upon transition to the fourth industrial revolution; secondly, to the development of the principles of the closed life cycle of a product and the system of adoption of operational decisions concerning a way of recycling of production because of the changing institutional conditions and reforming of the

ecological legislation of the Russian Federation; thirdly, to justification of strategic decisions and projects of development of circular economy on the example of a remanufacturing with development of recommendations of stage-by-stage formation of the principles of productions with the closed cycle in the Russian Federation.

Degree of scientific readiness of the problem. Scientific research in the field of justification of strategic and operational decisions of the enterprises upon transition to circular economy is on crossing of a number of the directions of economic sciences, including, along with operational and strategic management, also investment analysis, the theory of the branch markets and ecological management. The basic ideas of development of circular economy within the fourth industrial revolution and digital economy developed by such researchers as Schwab K., Pagoropalos A., Pigasso D., MakAylont., Sukhdev A., Vol U., Brendt T., Yoman R., Kupriyanovskiyv. V.P., Koneva A.V. ,Sinyagovs. S.A., Namiotd.D.E., Kupriyanovskiy P.V, Zamolodchikov D.G., Smorodinskaya N.V., Katukov D.D., have found the reflection in the thesis.

Sources of the concept of circular economy belong to studying of theoretical and practical aspects of ecological management and sustainable development, which basic ideas are reflected in researches of Fischer H., Vukherer T., Wagner B., Burshelya C., Müller K., Bobyliov S. N., Girusov E. V., R.A., Haydukov D. S., Tasalov K. A. Flight., Danilova-Danilyan V.I., Belyaeva I.U., Blagova U.E., Zubarevich N.V., Turkin S.V., Makarov St., Molchanova Y.P., Mochalova L.A., Pakhomova N.V., Richter K., Enders A., Babina U.V., GabovaI.Y., Daymana S. U., Zueva V.I., Krupinina N.N., Paulie D., Sovetkin V.L., Tikhomirova N.P., Tulupova A. S., Chizhikova V., Shapkina A. S., Yaroshenko U.G., etc. Development of initial ideas of economy with the closed cycle and also disclosure of a concept of circular economy are found in works of such scientists, as T. Boulding (The theory of the earth as spaceship), D. Meadows (Growth limits), U. Stakhil (Functioning of economy as the closed chain), M. Braungart, U. Makdono ("From a cradle to a cradle"), Pearce D. (concept "circular economy"), Frosh P., Gallopulos N. (Industrial ecology). These researchers, in the framework of the concepts which they developed, formed the theoretical foundations of the model of the circular economy. From the practical point of view features of circular economy are studied by Elaine McArthur's fund whose experts have made an essential contribution to development of the concept of circular economy, having presented, in particular, its theoretical model.

The research of features and specifics of a number of basic elements of circular economy, such as the closed supply chains and return logistics, was conducted in the works of Gungor M., Gupta S., Govindan K. works, Dobosh And., Gudye J., Vassenkhova L., Richter K., Hoks K.,

Shrivastava S., James R., Flyashmana M., Dekker R., Atasa A., Alyumura S., Alshamsi A., Daybata A., Jaber M., Bazana E., Chuanga S., Wu Z., Yuan T., Sousa G., etc. In the works of the above authors, the issues of modeling and design of closed supply chains, location of chain elements, planning and optimization of reserves and return flows, etc. were studied.

Along with the issues of return logistics and closed supply chains, researchers pay significant attention to the remanufacturing of products and individual components, as one of the key technologies of the circular economy model. So, problems of design of production for the purpose of a remanufacturing at the end of life cycle were investigated by Gungor M., Kasandary M., Terpeni J., Karl R., Dzhelesko J., Park of J., Ramani K., Ramanudzhan D., Bernshtyn V., Zhao F., Suzerlend D., Handverky C., Kim H., Tarston D. The analysis of the motives for the organization of the return, the uncertainty in the products received for recovery, modeling in view of stochastic demand and return were investigated by Spitser A., Johnson M., Naim M., Tang O., Tovil D. and etc. The analysis of the benefits and costs of product recovery, profitability, pricing for remanufacturing products, the impact of legislation on the recovery strategy were studied by Sarkis J., Guintini R., Gaudette K., Mondal S., Mukherjee K., etc.

Among the research which develop the paradigm of simulation modeling, it is worth mentioning the works of D. Forrester, D. Meadows, Behrens, M. Goodman, VL Makarov, A. R. Bakhtizin, V. V. Devyatkov, A.A. Emelyanova, A.V. Borschev, V.D. Boev, P. Nouton, G. Shieldt, and others. Simulation modeling as the tool of system of support of decision-making was used in works of Yemelyanov A.A.., Vlasova E.A., Duma R.V., Zaydvizhka R., Khrikhe H, Bandivadekara A., Gyunterak., Kumara B., Sutnerlanda J.

Together, the analysis of modern scientific literature has shown the insufficient level of study of the problem connected with transformation of the Russian linear model of economy in a circular form. In literature still there are no complete and at the same time complex researches in the field of development of potential of circular economy, and the barriers interfering its formation in Russia.

The system approach to determining the opportunities for the development of remanufacturing in the Russian automotive industry as an alternative to the recycling and disposal of products at the end of its life cycle has not yet been developed. There is insufficient scientific and methodological support for the companies' acceptance of companies in choosing the method of recycling the product in the face of changing requirements on the part of legislation. All this causes need of intensification of researches in the field of formation and development of the principles of circular productions in the Russian industry, economic-mathematical modeling of acceptance of strategic and operational decisions of the enterprises

upon transition to the principles of circular economy, including studying and assessment of ecological and economic effects at transformation of linear model of economy in a circular form.

Purposes and research problems. The purpose of work is justification of stage-by-stage process of formation in the conditions of transition to the 4th industrial revolution and as the answer to a number of global challenges of model of circular economy, with development by the enterprises of strategic and operational decisions on their integration into the closed valuable chains which are formed within this model functioning on the principles of a low-waste and complex economic and social-and-ecological efficiency. To achieve this purpose in a dissertation research the following tasks have been set and solved:

1. definition of the place and a role of circular economy upon transition to the fourth industrial revolution, including:

1.1. analysis and systematization of scientific approaches to category "circular economy" and its basic elements within the concept of sustainable development and in the conditions of digitalization of economy;

1.2. research of the ecological and social and economic effects of circular economy contributing to the solution of several global environmental problems;

1.3. study of the best practices of development of the principles of circular economy, a role of the state and necessary institutional conditions for transformation of linear model of economy in a circular one;

1.4. identification of problems and factors affecting the development of the principles of the circular economy in Russia, analysis of potential industries for the formation and development of circular business models

2. Development of the principles of a closed product life cycle at interrelated stages of design, production, use and eco-efficient recycling in the conditions of the development of the circular economy, including:

2.1. design of a prototype of a closed supply chain and the definition of its main elements for the production of vehicles;

2.2. development of the index of assessment of ecological design of a product, on the example of vehicles, fundamental elements of circular production and criteria of the choice of circular suppliers;

2.3. methodical justification of model of making operational decisions of the enterprise on the way of recycling of old products taking into account socio-ecological and economic factors;

3. justification of system of making strategic decisions of the enterprises of automotive industry in the conditions of introduction of standards of recycling and development of the principles of circular economy, including:

3.1. justification of need of development of the principles of circular productions in branches of automotive industry of the Russian Federation on the basis of the comparative analysis of programs of recycling and a remanufacturing;

3.2. development, the analysis and assessment of the investment project of development of a remanufacturing of motor transportation spare parts and details in the Russian Federation;

3.3. development of practical recommendations about stage-by-stage development of a remanufacturing in the Russian automotive industry.

Object and subject of research. The object of the dissertation research are enterprises and industrial complexes that make decisions in the conditions of transition to a circular economy in the Russian Federation taking into account the best foreign experience. The subject of the research are management decisions that arise during the formation of the circular economy, as well as the decisions of enterprises regarding the management of waste and products at the end of its life cycle, with an emphasis on remanufacturing as a priority method of recycling in the context of introducing progressive rates of environmental collection in the Russian Federation.

Compliance of the thesis to the passport of scientific specialty. The dissertation research is executed within scientific specialty 08.00.05 – "Economy and management of the national economy" of the passport of specialties VAK (economy, the organization and management of the enterprises, branches, complexes – the industry), and it corresponds to the following items: 1.1.2. Formation of mechanisms of sustainable development of economy of industrial branches, complexes, enterprises.1.1.4.Instruments of intra-corporate and strategic planning at the industrial enterprises, branches and complexes.1.1.13.Tools and methods of management of the industrial enterprises, branches, complexes.

The theoretical and methodological basis of the research were the works of domestic and foreign scientists devoted to the issues of sustainable development, environmental management, environmental and economic efficiency, the formation of the principles of the circular economy, closed supply chains and remanufacturing, as well as works revealing the nature and application of simulation modeling in the development of the system decision support. For the development of recommendations about modernization of state policy of the waste management at phased transition to circular economy the theory of outer effects, modern version of the concept of sustainable development and also the modern institutional and

economical and legal analysis were used. For the profound analysis of the new market segments of economy focused on the principles of circular production methods and approaches of economy of the branch markets, a number of methods strategic the analysis, including SWOT analysis and the analysis of life cycle are used.

During the dissertation research general scientific and special methods of a research were applied: analysis and synthesis of economic processes and phenomena, generalization of theoretical and practical material, cause and effect analysis, analogy and modeling, basic provisions of the economic, statistical and comparative analysis, forecasting of social and economic processes and graphic interpretation.

For construction and assessment of simulation model and also for the analysis of results of modeling a large number of various methods were used, in particular a method of analogies, heuristic methods, traditional methods of information processing, aggregation/disaggregation of data and so forth. Approbation of the received theoretical provisions has been carried out on the basis of the analysis and assessment of the specific investment project in the sphere of automotive industry. The software implementation of the simulation model is implemented and integrated into MS Excel.

Legislative and legal acts of public authorities of the Russian Federation, projects, initiatives, directives and resolutions in the field of the legislation of the EU have formed **information base of research**; official statistical data of Federal State Statistics Service of the Russian Federation, Rosprirodnadzor (Environmental monitoring) Audit Chamber of the Russian Federation and also statistical service of the European Union Eurostat, IFC, number of the international organizations (United Nations Environment Programme (UNEP), Automotive Recyclers Association (ARA), fund Elaine Mac Artur, etc.), analytical data of the consulting agencies (Russian Automotive Market Research, Avtostat and so forth), internal reports of the Russian and international companies (AVTOVAZ, Volvo, Renault, etc.), materials of scientific and scientific and practical conferences and forums, scientific and special industry Russian and foreign publications, analysis of the databases Scopus, Web of Science, E-library.

The scientific novelty of the dissertation work consists in theoretical justification of a role of circular economy in the solution of global problems upon transition to the fourth industrial revolution; justification of methodological approaches to management of the closed life cycle of a product; development of the theoretical and methodological basis of adoption of strategic and operational decisions of the enterprises for phased transition to the principles of circular economy.

The most important results of a dissertation research which have scientific novelty and submitted for defense are formulated in the following positions:

1. The role of circular economy is shown in the conditions of transition to the fourth industrial revolution taking into account the principles and requirements of sustainable development. The best international practices of development of the principles of circular economy are systematized. The main obstacles on the way of transformation of linear economy to a circular form to the Russian Federation are revealed and also potential branches of the Russian industry for formation of circular business models are presented.

2. The methods of assessment of ecological design of a product is developed for reuse, restoration or processing; fundamental elements of circular production on the basis of concepts of economical and "green" production, general quality management and corporate social responsibility; and also criteria of the choice of circular suppliers taking into account economic, ecological and social indicators.

3. The comparative analysis of the program of utilization of vehicles of the Russian Federation and the best practices of a remanufacturing is carried out, the social, economic and ecological priority of a remanufacturing of automobile spare parts and details is proved in comparison with operations of processing, burning and burial. The basic elements are determined and the scheme-model of a closed supply chain in the automotive industry is developed to implement the principles of the circular economy

4. Based on the analysis of the specifics of the organization and management of the system of recycling of production and consumption wastes in Russia, the international experience of realization of the principles of circular economy of features of application of economic-mathematical modeling in the considered sphere, economic-mathematical models of adoption of operational decisions are constructed concerning the choice of a way of utilization of production at the end of her life cycle.

A simulation model for strategic decision-making in the automotive industry was developed for investing in the remanufacturing of spare parts and details. The analysis of benefits and expenses from introduction of a remanufacturing of automobile components is carried out in the Russian Federation for the purpose of justification of financial and economic indicators at development of the principles of circular production.

6. On the basis of synthesis of experience of the advanced foreign companies, the analysis of financial performance of the investment project of a remanufacturing of spare parts and details the recommendations of stage-by-stage introduction of the principles of circular economy for the companies of the Russian automotive industry for the purpose of the balanced achievement of

ecological, social and economic benefits are given. A package of legal, economic and technological measures is offered in the short, medium and long term, which helps to transform of the linear model of the Russian economy into a circular one.

The theoretical significance of the thesis is the development of the concept of a circular economy within the framework of the theory of sustainable development and the transition to the fourth industrial revolution, taking into account the implementation of its principles in countries with an undeveloped institutional environment, in developing methodological principles for product management, taking into account the closed life cycle and in justifying the algorithm for strategic and operational decisions by the enterprises of the industry in conditions of stage-by-stage transformation of the dominant linear economy in a circular pattern to achieve positive environmental, social and economic effects.

The practical significance of the dissertation research is the development of a toolkit for justifying and supporting the adoption of strategic and operational decisions by enterprises when choosing the method of utilization of waste and products at the end of its use, taking into account the stricter environmental legislation of the Russian Federation, introducing standards for the utilization of products and progressive rates of environmental charges in case of non-recycling. The presented decision support system of the enterprise allows solving the tasks of sectoral strategic planning, analyzing possible options for utilization in terms of benefits and costs, and developing recommendations for improving the norms of environmental legislation.

The results of the dissertation research can be useful both to the legislative authorities and to the manufacturers of vehicles and their individual components, to large industry associations and self-regulatory organizations in the sphere of automotive industry, the recycling of production and consumption waste, etc.

Testing and implementation of research results. The main provisions and results of the dissertation research were reported at 11 scientific and practical conferences, forums and round tables, including all-Russian and international: participation in a session of the Global Challenges "Lack of resources" program (Open university Skolkovo); Ninth All-Russian forum "science and innovations at the technical universities" (St. Petersburg State Polytechnical university); Tenth All-Russian forum "Science and Innovations at the Technical Universities" (St. Petersburg State Polytechnical university); II International research seminar "Efficiency of economy, ecological innovations, climatic and power policy" (St. Petersburg State University); International scientific conference of students, graduate students and young scientists Lomonosov-2016 (Moscow State University); The International spring conference of young scientists-economists "Natural resources and economic development" within the International

scientific and practical conference III "Sustainable development: society and economy" (St. Petersburg State University); XXI international conference of young scientists-economists "Business and reforms in Russia" (St. Petersburg State University); XXII international conference of young scientists-economists "Business and reforms in Russia" (St. Petersburg State University); IV International scientific and practical conference "SUSTAINABLE DEVELOPMENT: SOCIETY AND ECONOMY" (St. Petersburg State University); VIII Nevsky international ecological congress (on May 24-26, 2017, St. Petersburg); 14th International scientific and practical conference of the Russian society of ecological economy "Ekologo-economic problems of regions and countries" (on July 3-7, 2017, Petrozavodsk).

Publication of research results. The main provisions and results of the research were published in 12 works with a total volume of 6.5 pp (author - 3.8 pp), 4 of them in the publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation with a total volume of 4.9 (aut.-2.3 items), from them in the core of the RICC (WoSRSCI and WoS CC) 2 articles

Structure and volume of work. Dissertation work consists of the introduction, three chapters, the conclusion, the list of references with 266 names, 9 applications and it contains 50 drawings and 37 tables. Total amount of work –221 pages.

In the introduction, the relevance of the chosen topic is proved, the essence of the problem is revealed, the purpose and tasks are determined, as well as the object and subject of research, the scientific novelty, the theoretical and practical significance of the work are defined.

In chapter 1 theoretical approaches to circular economy and its key element – remanufacturing are considered, the history of emergence and development of the concept within the theory of sustainable development, approach of the fourth industrial revolution and digitalization of economy is studied. The analysis of theoretical model of circular economy and its fundamental elements is carried out, classification of the circular business models corresponding to theoretical model is presented in the context of which a specific place takes remanufacturing . Positive ecological, economic and social effects of development of circular economy and a remanufacturing are also studied, attention is paid to negative outer effects ; the international experience of application of a remanufacturing is analyzed and the potential of its formation in the Russian industries is revealed; technological, economic and standard and legal barriers on the way of development of remanufacturing in Russia are presented.

The second chapter presents the design of a closed supply chain in the automotive industry in interrelation with the life cycle stages, the selection criteria for suppliers and the main elements of the circular production for the development of a closed cycle economy are given.

And also the model of decision-making of management of production at the end of its use is developed taking into account ecological and economic factors.

The third chapter presents a comparative analysis of the consequences of the car recycling program in the Russian Federation and the effects of the practical application of remanufacturing of vehicles; a simulation model for designing, analyzing and evaluating the effectiveness of making decisions about investing in the development of remanufacturing of spare parts in the Russian automotive industry has been developed. Also, recommendations are given for the phased development of remanufacturing in the Russian automotive industry . In conclusion, the main conclusions that have scientific and practical significance are presented, the solution of the purpose and the tasks is submitted which are set in a dissertation research.

Chapter 1. Formation of a circular economy with transition to the 4th industrial revolution and modernization of business strategies

The concept of the circular economy was formed on the one hand within a paradigm of sustainable development, the ideas of green economy and inclusive growth, and on the other side, its implementation became possible based on technologies of the fourth industrial revolution and digital economy. Therefore, in the first paragraph of the first chapter, the literature analysis was carried out according to the scheme presented in Fig. 1.

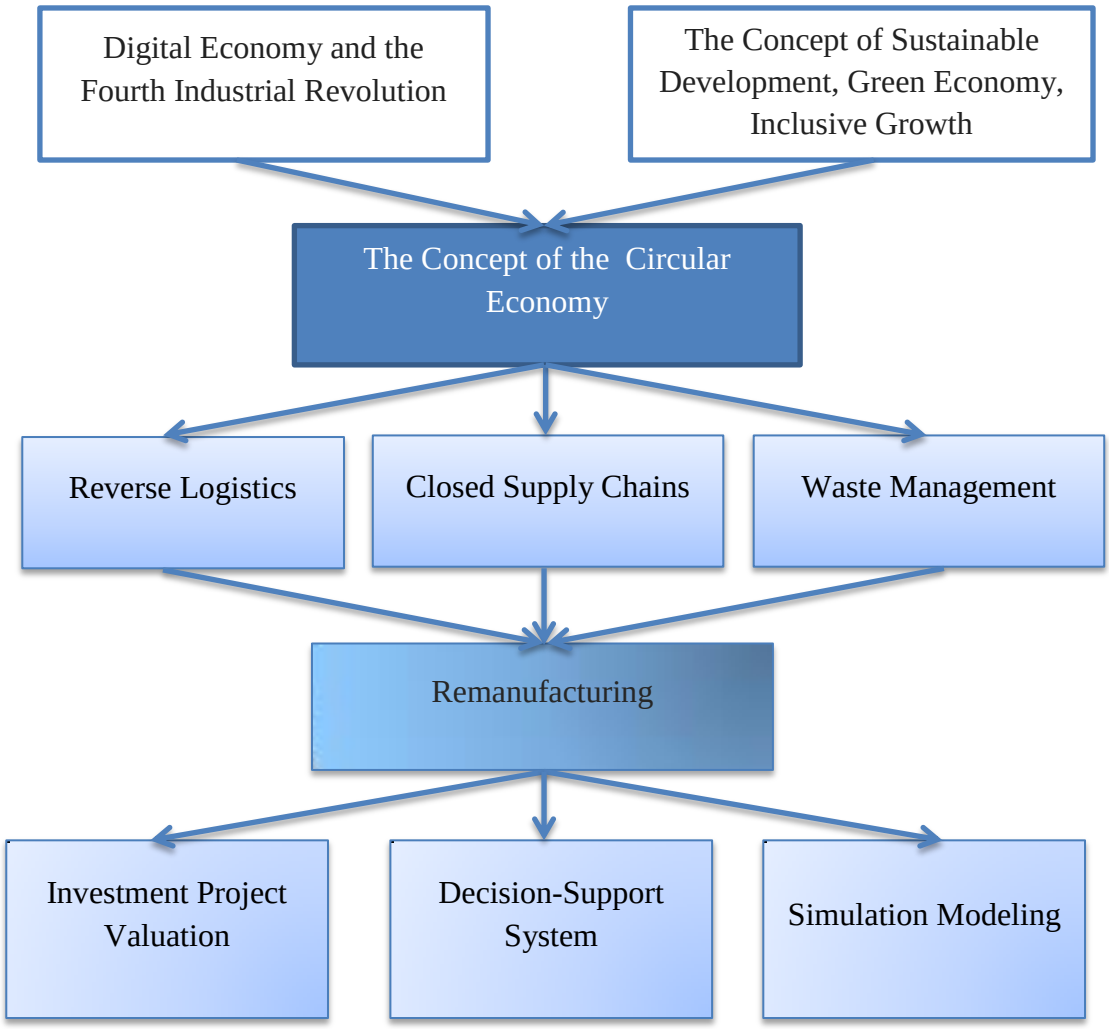


Fig.1. Steps in the Analysis of Literature.

Within the concept of the circular economy, its key elements were analyzed. They are reverse logistics, closed supply chains, waste management, with a focus on remanufacturing to systematize scientific concepts, as well as the rationale for further research directions. There were also studied the problems of simulation modeling, decision support systems,

remanufacturing investment project valuation with the purpose of developing the principles of the circular economy in Russia.

In the second point of chapter 1 the analysis of positive social, economic and ecological effects of development of the principles of circular economy for the purpose of justification of need of transformation of the linear model of economy is carried out to a self-contained form for Picht against global problems of the modern civilization and also attention is paid to the negative outer effects of circular model of economy.

The best international practices on creation of necessary institutional conditions for transition from the linear economy to circular model are studied and also the comparative analysis of the environmental legislation of the EU and the Russian Federation, for identification of gaps in a normative and legal and statutory basis of development of circular economy of Russia is carried out. Special attention is paid to the analysis of the formation of the modern scheme of wastage handling as an integral element of the development of the circular economy.

In the third point of chapter 1 indexes of assessment of level of circular economy are studied, their shortcomings are revealed and characteristic way of calculation taking into account theoretical model of circular economy of Ellen McArtur fund is developed. By means of the offered index assessment and the comparative analysis of the level of development of circular economy is manufactured in Russia and Germany. Special attention is paid to the reasons of low level of development of circular economy in the Russian Federation which are grouped on three types: economic, technological and normative and legal. Circular business models, their main characteristics, experience of application by the foreign companies and possibilities of development in the Russian branches of economy taking into account barriers and the available industrials on the basis of which already today perhaps formations of the principles of circular economy and innovative business models are investigated.

1.1. Formation of a circular economy with transition to the 4th industrial revolution and modernization of business strategies

Due to exhaustion of natural resources, destruction of an ozone layer, environmental and other environmental problems of a global civilization in 1992 at the Conference of the UN the concept of sustainable development which is understood as harmonious development of industrial, the social sphere, the population and the environmental environment [The Federal law of 19.06.96 of N 78 Federal Laws, Art. 1 was accepted] at which use of natural resources, priorities of investment policy both scientific and technical development, and the corresponding institutional changes are coordinated with each other and designed to strengthen the present and future potential for satisfaction of human wants and aspirations [United Nations Conference on Environment and Development. The Earth Summit. June 3–14, 1992.]. The Declaration Rio accepted on UNCED during the fissile discussion of the report by Brundtland was based on the idea of interface of environmental protection and development, ecological and economic targets [Pakhomova N.V., Richter K.K., Malyshkov G.B., 2013]. After adoption of the concept of sustainable development, her interpretation and contents, instruments of realization and institutional conditions were actively discussed and investigated by scientists of the different countries. Such scientists as, Anderson M., Diamond J., Strendzh of T., Bailey A., Razgulyaev V., Guryeva M., Runner T., etc. nomenclatures and contents of the concept of sustainable development dealt with issues. Conditions, the mechanism and programs of realization of sustainable development on macro - meso - and microlevel were investigated by Turova A., Yarotskaya E., Baskin A., Kondaurova D., Panova S., Arsenova E., Kryukova O., Lviv D., Drozdov In, Matrosov V., Pitelin A., etc. Problems of assessment of level of stability of regions and the separate enterprises were investigated by Komendantova-Amann N., Likhacheva T., Osipova M., Rasteryaev K., Balyshkov N., Ivanitska I.

In parallel with the concept of sustainable development in connection with the increasing interest in ecological methods of industrial and management of the served industrial and a wastage the concept of a green logistics (green logistics) was created. This concept originates in the mid-eighties and seeks to characterize the organization of logistics systems and approaches which use advanced technologies and an inventory to minimize damage to a surrounding medium from industrial [Thiell M., Zuluaga J., Montanez J., van Hoof B., 2011]. Various authors define this term unequally, combining in it an economic and ecological component of process of value creation of a product (tab. 1).

Table 1

The term «Green» Logistics [Omelchenko I.N., Aleksandrov A. A., Brom A. E., Belova O. V., 2013]

№	The used term	Definition	Authors	Years
1	Ecological logistics	One of types of the modern logistics aimed at integration of an economic benefit, social and ecological aspects	G. Young, H. Pan	2000
2	Green logistics	Set of actions by assessment and minimization of ecological consequences of logistic activity	G. Rogers, R. Tibben–Lembke	2001
3	Green logistics	Ecologically acceptable and efficient transport system of distribution	J.-P. Rofrige and others	2001
4	Ecological logistics	The system of scheduling, projection and management with use of advanced technologies of a logistics and methods of ecological projection in the sphere of decrease of pollution and a resources consumption dictated by the ecological principles. A main objective – coordination of logistic activity and social-and-ecological effect	L. Yanbo, L. SongHian	2008
5	Green logistics	The recent scientific trend assuming use of progressive technologies of a logistics and the modern inventory for the purpose of minimization of pollution and increase in effectiveness of use of logistic resources. From the point of view of business, methods of a green logistics generally include: management of the system of transportation (the joint transportations, a 3PL-logistics), packing process control (with the purpose to reduce impact of packing materials on a surrounding medium), the organization of "green" communications and industrial, management of warehouse economy and a wastage	-	-
6	Ecological logistics	Science and package of measures which provides driving of material at exercise of any industrials up to its turning into goods and waste products with the subsequent bringing a wastage to utilization or to safe storage in a surrounding medium and also collecting and sorting of a wastage of consumption, their transportation, utilization or safe storage in a surrounding medium	A. Mckinon	2010

Thus, the concept of a "green" logistics passed a path from a comprehension it as a complex of actions for minimization of ecological consequences of transportation to the perspective scientific direction which is on a joint of ecological management and a logistics, and seeking to reach compromise between economic and environmental efficiency. The green logistics concentrates on the solution of environmental problems: decrease in consumption of non-renewable natural resources, recycling, use of pollution-free materials and transport.

The "green" logistics is aimed at environmental friendliness of all chain of value creation of a product, its use and "after use", i.e. at creation and management of green chains of deliveries (*Green Supply Chain Management, GSCM*). First time the term *Green Supply Chain Management* it was given in 1996 in the USA in Michigan State University by Handfild R. in article about the advanced practice of the furniture industry then various aspects of management of green line-ups of deliveries began to be studied. Diradge N. и Vichal N. *Green Supply Chain Management* (*GSCM*) described as an equation:

GSCM = Green Purchasing + Green Manufacturing + Green Planning + Reverse Logistics.

The idea of GSCM is to reduce or minimize energy, emissions, chemically hazardous, solid waste along the supply chain, which is consistent with the principles of sustainable development.

To support and implement sustainable development goals related to combating inequality and discrimination in order to achieve political and economic stability, the United Nations initiatives in 2008 developed and presented a model of inclusive growth. An inclusive model of economic growth is an economically viable business scheme that includes the poor as consumers, buyers, workers, producers and entrepreneurs at all stages of the value chain, ensuring mutually beneficial development for all its participants [Gradl S., Knobloch C, 2009] . Among the scientists whose research is devoted to the problems of inclusive economic growth, one can single out Spense M., Raniri R., Ramos R., Knobloh K., Graddle K., Michelini L., Kazakov A., Pakhomova N., Rikhter K., Malyshkov G.

Over the past decades, the principles of sustainable development have been taken into account in the development of legislation by governments of different countries, changing the institutional conditions and rules of doing business, and the priorities of the concept itself have changed. For example, in 2011, emphasis was placed on the issue of social justice in its relationship with the degradation of environmental systems, resulting in the formation of a green economy concept designed to address the problems of depletion of natural resources, climate change, greenhouse gas emissions and ozone layer depletion, as well as other global problems,

including increasing social inequality. Different theoretical and practical aspects of the implementation of the concept of green economy in conjunction with sustainable development were engaged by such scientists as Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Malyshkov G.B., Bautin V.M., Kuzina L.V., Sycheva I.N., Poltarykhin A.L., Tarasova A.U., Anopchenko T.U., Zhuravel V.F., Savon D.U., Chernyshev M.A., Gassy V.F., Paytaevaва K.T., Chalova A.I., Moshkin I.V., Temirkanova A.V., Karibganova E.L., Marker E.V., Sidoriuk A.V., Temirkanov A.R.

Four years later, on November 25-27, 2015, the UN General Assembly launched 17 key sustainable development goals (Appendix 1), which are designed to solve three blocks of problems: economic, social and environmental. One of the objectives is to ensure sustainable patterns of industrial and consumption, the implementation of which is associated with positive socio-economic and environmental effects. Achieving this goal requires a revision of the dominant linear model of the economy, based on the "take, make, waste" principle, which has been the basis of social and economic development since the industrial revolution, to transform industrial and consumption patterns into a closed form, where all products and the materials are designed with the possibility of processing or reusing. And today, more and more attention is being drawn to the concept of a circular economy based on the "take, make, reuse" principle, which focuses on the reuse and recycling of products at the end of its use.

Conceptually, the model of the circular economy was formed within the framework of the paradigm of sustainable development. For the first time, the concept and concept of the circular economy have been mentioned in the literature since the 1960s. So, in 1966 the American economist K. Boulding put forward the theory of the Earth as a spaceship (Fig. 2). "The earth," the author asserted, "has become a single space ship on which there are no unlimited reservoirs, so a person must find his place in a cyclic ecological system." In 1972, D. Meadows and co-authors presented the work "Limits of Growth", the main ideas of which included the need to develop and manufacture products for efficient reuse and recycling. In the late 1980's. a group of scientists W. Stahil, M. Braungart and W. McDonough revived the idea of the functioning of the economy as a closed chain, and explored its impact on the competitiveness of companies, saving resources, creating new jobs and reducing waste. In the 1990's. a clear definition of the concept of "circular economy" tried to give the famous economist-ecologist David Pearce. Later, Cradle-to-Cradle and industrial ecology, similar in importance, also came to prominence, which also influenced the development of modern ideas about the circular economy. Industrial ecology studies the interaction of enterprises' activities on the environment, as well as the reverse: the environment for their activities. The birth of the term industrial ecology is attributed to an article written by R. Frosch and N. Gallopoulos, published in the journal Scientific American in 1989.

The term Cradle-to-Cradle (C2C) is a registered trademark of McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC) consultants. The idea of the "cradle to cradle" model is a biomimic approach to the development of products and systems that considers the circulation of natural and industrial elements within the framework of safe metabolism of all nature, perceiving these elements as nutrients.

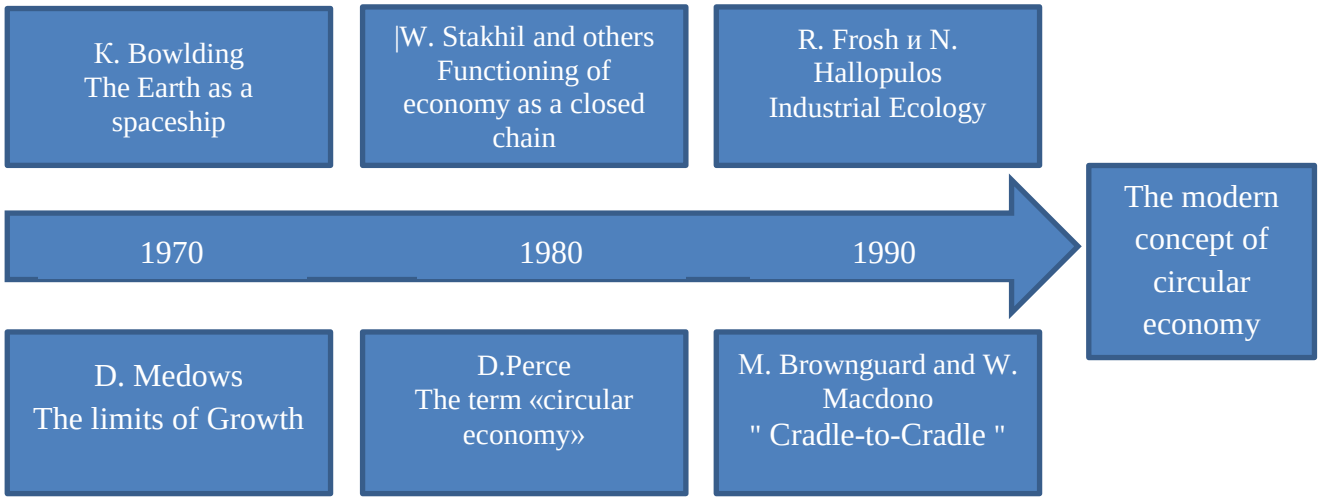


Fig.2. The sequence of development of scientific thought in the field of economics with a closed cycle [Compiled by the author]

Today, under the circular economy, specialists are understood as an economy that has a restorative and closed character. It is characterized by minimizing the consumption of primary raw materials and maximizing the use of volumes of processed resources, which are accompanied by a reduction in waste directed to disposal, as well as a reduction in the areas of unorganized landfills and landfills. Thus, the concept of a circular economy is aimed at solving the problem of simultaneous increase of environmental and economic efficiency.

The circular economy is based on three key principles, first, monitoring of terminating stocks of resources and streams of renewable resources for the purpose of saving the natural capital. Secondly, optimization of consumption of resources by development and distribution of industrial, components and materials at the highest level their re-using. Thirdly, prevention negative external effects of the current industrial for the purpose of increase in effectiveness of economic and ecological systems [Sauvé S., Bernard S., Sloan P., 2015]. In the last decade the printing activity on problems of circular economy among scientific many countries grows, so various aspects of circular economy are studied Gisellini P., Cialini K., Uldgiati S., Ali S., Pishulov G., Rikhter K., Pakhomova N., Sergienko O., Buryak I., Pavlova K., Podvoyskaya L., Osipenko N.D., Platonova I.S., Esipova O.V., Sausheva O.S and others.

The increased attention to the concept of circular economy in many respects is bound to a possibility of its implementation in the present thanks to fast distribution of technologies of the Industry 4.0 which are intimately bound to digital economy and the fourth industrial revolution.

Large technological developments in scientific literature received the name "industrial revolutions". For the first time the French economist Adolf Blanca began to use this concept in the 1830th, and today given the term emphasizes the fast and explosive nature of changes of technologies, institutes, structures of the market and society which considerably transform contents, ways and mechanisms of the organization of industrial, exchange, consumption and communications. Today scientists mark out four industrial revolutions which characteristic is presented in Table 2.

Table 2

The characteristic of the industrial revolutions [It is made by the author]

Period	Title	The Main driving force	Characteristics
The End XVIII – the beg XIX of cent	The First Industrial Revolution	The Invention of steam energy, mechanical devices, development of metallurgy	Transition from agrarian economy to the industrial industrial
The second part of XIX cent – the beginning of XX cent	The Second Industrial Revolution	The Invention of electric energy	Line industrial and division of labor
Since 1970 till nowadays	The Third Industrial Revolution	Invention of information systems and Internet	Automation, transition to renewables
Since 2011 till nowadays	The Forth Industrial Revolution	Robotics, artificial intelligence, Internet of prophetic (IoT), cloud computing, analytics of larger data and three-dimensional (3D) printing	Development of digital economy, convergence of technological, digital and biological spheres

At the beginning of XXI cent. scientists actively began to research questions and problems of the third industrial revolution which is bound to transition to renewables, to introduction of computers in industrial and automation. The American economist Rifkin D. became one of the first scientists studying a subject of the third industrial revolution. In a research "The third industrial revolution: As horizontal interactions change power, economy and the world in general" it marked out five principles which are a basis of the third industrial revolution: transition to renewables; creation of all buildings as mini-power plants; use of hydrogen energy; development of Internet technologies; industrial of electric vehicles [Rifkin J., 2014]. In a trace

behind a research J. Rifkin, a problem of the third industrial revolution Marsh P., Andersen K., Glazyev S. Yu. began to study., Kharitonov V.V., Inozemtsev V.L., Goryunov I.A., etc.

In spite of the fact that the principles of the third industrial revolution are not extended around the world yet, the developed countries pass into a phase of new industrial revolution for which designation the concepts "fourth industrial revolution", "industry 4.0", "sixth technological way" are used.

The term "Industry 4.0" was injected when developing the program of development of economy of Germany in 2011 (Platform Industry 4.0) therefore most often this term is used in German-speaking literature [Kagermann, H., W. Lukas and W. Wahlster, 2011]. In English-speaking literature the similar idea and policy of support of scientific research of the USA under the name "production Internet" (Industrial Internet Consortium, 2013) which basis was made by the idea of the Internet of things (Internet of Things) formulated by Ashton K. in 1999 is formulated. The Internet of things is the idea of connection to the Internet of household objects thanks to what they can interact with the external environment and with each other, to collect necessary data and on their basis is autonomous (without participation of the person) to take actions and to make operations [Ashton K., 1999]. The analysis of scientific research shows that in recent years there were works about influence of the Internet of things on development of health care, city infrastructure [Rose D., 2015], certain functional spheres of the organization [M.B. Yanenko, M.E. Yanenko, 2014] and also instruments of formation of business models for commercialization of IoT-products and applications [R. Alguliyev, R. Makhmudov 2013; R. M. Dijkman, B. Sprenkels, T. Peeters, A. Janssen, 2015]. There were also researches devoted to social consequences of introduction of these technologies for development of society, organization and the individual [P. Boronin, A. Kucheryavy, 2014; N. Lukyanova, 2014; Markeeva A. V., 2016]. In the Russian researches the main attention is paid to the analysis of foreign sources and also researches of separate aspects of informatization and intellectualization of economic activity in the context of modernization of domestic economy [Ryzhkova K. N., 2015; Ivanenko M.A., 2015].

The philosophical and methodological basis of the Fourth industrial revolution is made in convergence of three peace – technological (material), digital (virtual) and biological [Schwab K., 2016]. The key technologies which are the cornerstone of the developing digital economy include robotics, an artificial intelligence, the Internet of prophetic (IoT), cloud computing, analytics of larger data and the three-dimensional (3D) press. Their distribution revolutionizes traditional and generates recent trends of economic body height, increasing economic efficiency of production and expanding possibilities of consumption, creating new spheres of economic

activity [Glazyev S. Yu., 2013]. So the Fourth industrial revolution makes impact on all large macrovariables: GDP, investments, consumption, employment, trade, inflation, welfare and quality of life. And today more and more scientists investigate problems of digital economy which in narrow sense is understood as the economic activity constructed on the basis of electronic commerce and also electronic monetary exchange [Harchenko A., Konyukhov V., 2017]. As a rule, mean work of the electronic services focused on realization of electronic goods and services, often with exchange of electronic money between participants of electronic transactions by these terms. In a broad sense the digital economy is a systemic set of the economic relations concerning production, distribution, exchange and consumption of goods and services of a techno-digital form of existence [Zaburev A., 2017].

The first concepts and also the concept of the modern digital economy appeared in 1995 when the American information scientist N. Negroponte used a metaphor about transition from processing of the atoms making matter of physical substances to processing of the bits making matter of program codes. N. Negroponte said that the material substances considered in the form of raw materials and products have the shortcomings, such as: physical weight of production, the need for resources for its production, in use of the areas for its storage, logistic costs and problems, the bound to transportation of goods. Advantages of digital economy as "new" type of economy, according to the information scientist, could become: lack of the physical weight of production replaced by informational volume, lower costs of resources of production of electronic goods, several times the smaller space occupied by production (usually electronic media) and also the instantaneous global movement of goods through the Internet [Yumayev E., 2017]. Possibilities of development, positive and negative effects of digital economy, tools and mechanisms of its realization in the last decade of steel actively to be studied by scientists of the different countries, it is so possible to allocate Zubarev A., Gasanov E., Panshin B. works, Kolodey Yu., Korshunova O., Kulik A., Koryakova D., Rozhanskoy A., Harchenko And., Konyukhov V., Karpov O., Akatkin Yu., Konyavsky V., Mikerinp D., etc.

The convergence of the physical, digital and biological worlds lying in the center of the Fourth industrial revolution assumes changes in use of resources which are bound to high potential for restitution and regeneration of a surrounding medium due to use of intellectual technologies and systems. Potential consists in an opportunity to switch producers and consumers from the linear model of use of resources: "take-make-waste" which relies on a large number of readily available resources to the new production model in which efficient streams of materials, energies, a manpower, and now and information interact with each other and promote functioning of the strengthening, regenerating and more productive model of circular economy.

The circular economy is a prerequisite and at the same time the driver of the new production revolution. Conceptually she pursues two main objectives. On the one hand, the complete value of the used products has to be restored for ensuring maximum economic efficiency. On the other hand, restitution of this value causes decrease in negative impact on a surrounding medium and by that keeping of social and economic and ecological requirements of sustainable development. In total it leads to steady formation of value [Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A., 2017].

The theoretical model of circular economy operating today in practice was presented by Elaine McArthur's fund (Fig. 3.), it demonstrates that the circular economy can develop on the basis of different approaches in the industry and agriculture taking into account creation of Closed-loop supply chain . So, within model of circular economy there is a stage-by-stage closed circuit which begins with development of mineral deposits, preparations and processing of raw material and energy resources then production of accessories follows, to the intermediate and finished goods, its transportation, sale and terminating consumption and use, and at the end of life cycle there is collecting the used products and a realization of the subsequent reduction operations.

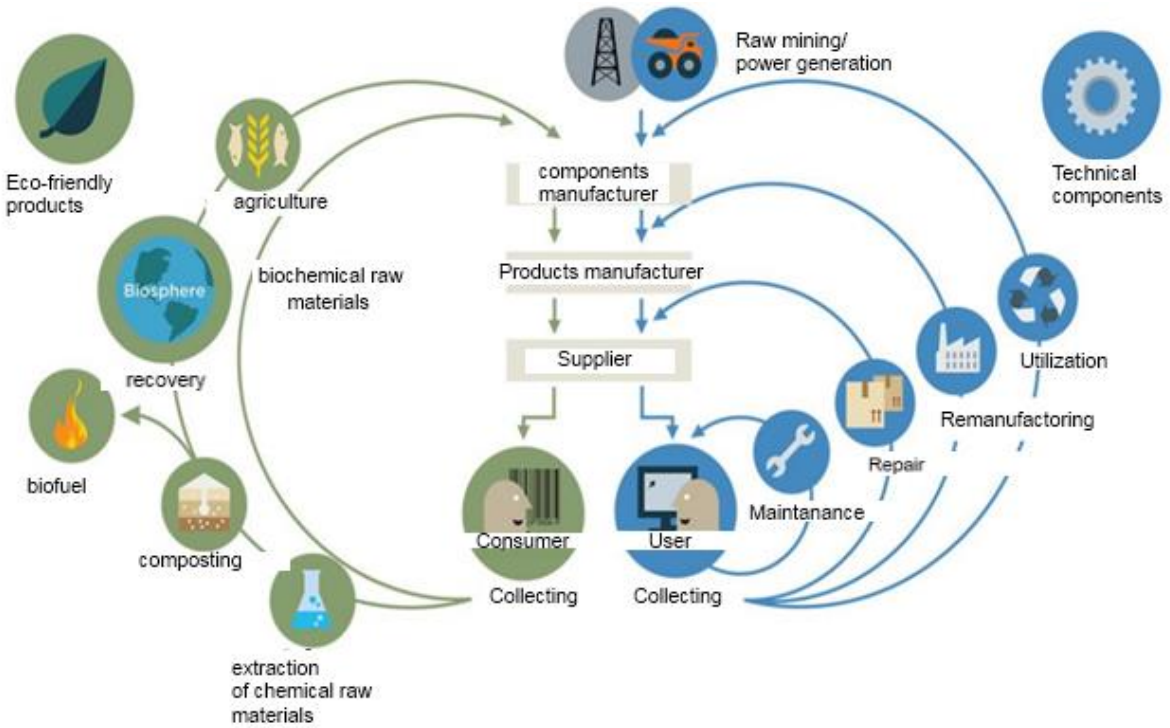


Fig. 3. Theoretical model of circular economy [Ellen MacArthur Foundation, 2013]

In the industry Closed-loop supply chain are formed based on the following main approaches:

5) *maintain* - an effective method of maintenance or renewal of goods to the desired level of the productivity with the purpose of her protecting from a further damage and extension of life cycle, plugs in itself diagnostics and repair [Ajukumar V., Gandhi O., 2013];
6) *reuse of goods* - a product is reused for the initial or new purposes and in the original form, or with some changes and improvements [Amelia L., 2009];
7) *remanufacturing* - the process of dismantling and restoration of a product at the level of its components; the details which are subject to restoration are withdrawn from the product which was in use, undergo cleaning, repair, and are built in a new product, at the same time the ready-made product is positioned "as new" [Gray C., Charter M., 2008];
8) *recycling*: any operations of restoration by means of which waste and the served production are processed into materials, resources, substances for initial or other purposes; main types of processing is the following:

- *upcycling* − transformation of materials and waste to high quality materials;
- f*unctional recycling* − restoration of materials for the initial purpose or other purposes, except for obtaining energy;
- *downcycling* − transformation of materials and waste to new materials of low quality [Braungart M., McDonough W., 2010].

In agricultural industry formation of circular economy happens on the basis of the following approaches:

7) *Cascading of materials*: the process of processing of waste and production in the new products which are brought closer to the initial purposes and with higher value, than receiving raw materials (for example, processing of food recycling to a pet food) [Cascading use of biomass: opportunities and obstacles in EU policies, 2010].
8) *Extraction of biochemical*: power generation and technological fuel, energy and chemicals from biomass. These processes are united in a uniform cycle to make more than one product or energy type at the plants.
9) *Anaerobic digestion*: the process in which microorganisms destroy organic materials, such as organic recycling, rainfall of sewage, etc., without oxygen, for the purpose of biogas generation.
10) *Composting*: the form of processing of waste in the natural way for the purpose of receiving fertilizers and energy.

11) *Soil restoration*: process of ecological restoration of the site of natural landscapes and the habitat, safe for people, wild animals and plants.
12) *Farming/ collection*, the processes of hunting, fishery, agriculture, etc. having economical character.

At the same time, not all products and their components are subject to restoration and recycling (Appendix 2), some part of them constitutes waste and it is subject to burial or burning. However these methods of management of waste do not belong to processes of formation of circular economy since do not promote preservation of raw material and energy resources, and on the contrary deaden them, besides are followed by emissions of greenhouse gases and other harmful substances, and burial leads to pollution of the soil and sewage.

The basic elements of circular economy were investigated within ecologically conscious production and recycling of products to which high importance a number of leading experts with the international reputation in the late nineties paid attention, including Gungor M. and Gupta S. which coordinated them with formation of the interconnected links which kept the relevance so far following four secttions: ecological design of a product, reverse logistics , chains of deliveries with the closed contour and a remanufacturing [Gupta S.M., 1999] which are an integral part of theoretical and practical development of circular economy.

Recycling of goods can be widely used with eco-design which is a process of development of a product with special accounting of its impact on the environment during all life cycle

[Lacoste R., Robiolle M., 2011]. Eco-designed goods and its elements are developed with emphasis of no waste not only during production, use of a product, but also at the end of life cycle. Thus, the ecological design is directed to extension of life cycle of production and plays an important role in formation of circular economy.

Three principles are the cornerstone of ecological design of production: first, establishment of requirements to a product design for effective dismantling and dismantling; secondly, use of materials and components for repeated use, restoration or processing; thirdly, absence in a product of dangerous substances which can interfere with a possibility of reuse or recirculation. Observing the the principles of ecological design makes a number of demands to the producer and its product:

- Performance requirements: taking measures to fight against obsolescence of production, increasing of guarantee maintenance terms, certification and marking of production and its separate components, informing the chemical composition for the purpose of effective reuse and processing:

- Technical requirements: using of uniform materials and the simplified design for fast and effective dismantling of production, dismantling, repair or restoration.
- Material requirements: an exception of the chemical composition of production of harmful substances, providing materials in production taking into account further restoration and processing.

Thus, the circular economy in general and ecological design of production in particular are directed to extension of life cycle of a product as opposed to the concept of the planned obsolescence of production at which there is a creation of goods to unfairly short term of operation with the purpose to force the consumer to make repeated purchases [Bulow J., 1989]. It can be used as direct restriction of term of operation (the goods break, ceases to work), and various indirect ways (gets out of fashion, support, etc. stops). The idea of strategy consists in increase in sales volume because of reduction of time between purchases, but at the same time the company can use at the same time the cheapest components which it, however, will be enough for the planned goods life. Finally it leads to growth of volumes of the spoiled production and waste which restoration and processing is a difficult task. Problems of ecological design within the concept of sustainable development were investigated by Lacoste R., Rabiol M., Bae N., the Charter N., Tishner U., Katts R., Bukchin Yu., Sergienko O., Zhukova L., Kuznetsov L., Pankina M., Zakharov S., etc. One of topical issues of the circular economy is formation and management of returnable streams. *Reverse logistics* is studying this issue.

Reverse logistics – it is process of planning, implementation and control of processes of the movement of raw materials, materials, work in progress, a finished product and also the information streams serving them from a consumption point back to an origin point for the purpose of further use of useful properties and material resources [Stock J.]. And with the processes of reverse logistics there is possible a transformation of linear economy to the closed form while the closed and cyclic look is not always inherent in green chains of deliveries. But at the same time the reverse logistics not always has ecological character, return to the seller of the clothes which did not approach by the size can be an example.

However returnable and green logistics are crossed among themselves, for example, when processing, restoration of the products which were in the use at repeated use of a container, etc. Therefore, the reverse logistics can be regarded from the point of view of ecological production and also decrease in costs in case of recycling of production and waste (Fig. 4). On the basis of what the steady reverse logistics as which it is possible to understand processes of management of waste of production and at the end of its life cycle for the purpose of recycling and pressure decrease on the environment, economy of resources and energy is formed.

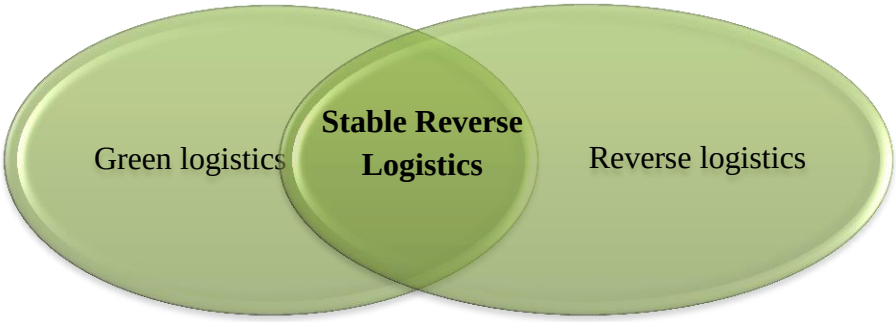


Fig. 4. The ratio of returnable and green logistics [Made by the author]

Thus, the formula of components of GSCM given by Dheeraj N. and Vishal N., including reverse logistics , along with green purchases by production and distribution, is wrong as GSCM is included only stable reverse logistics, but not reverse logistics in general. At the same time the reverse logistics appeared much earlier, than GSCM for the purpose of cost cutting, without paying attention to environmental problems while GSCM the main aims at decrease in negative impact of economic activity on the environment.

All operations GSCM can be presented in the form of the scheme (Fig. 5). If the producer, accepting practice of "green" logistics, seeks for recycling of production, then there is a steady reverse logistics in which material streams are not unilateral, and represent, the whole cycle of use of production (Fig. 6) that completely answers formation and development of model of circular economy.

So, the traditional supply chain is transformed to the closed chain (*closed-loop supply chain). Closed-loop supply chain* or CLSC is focused on return from buyers of products and restoration of their value added by recycling of the whole products or some of their modules, components and parts [Guide D., Wassenhove L., 2008].

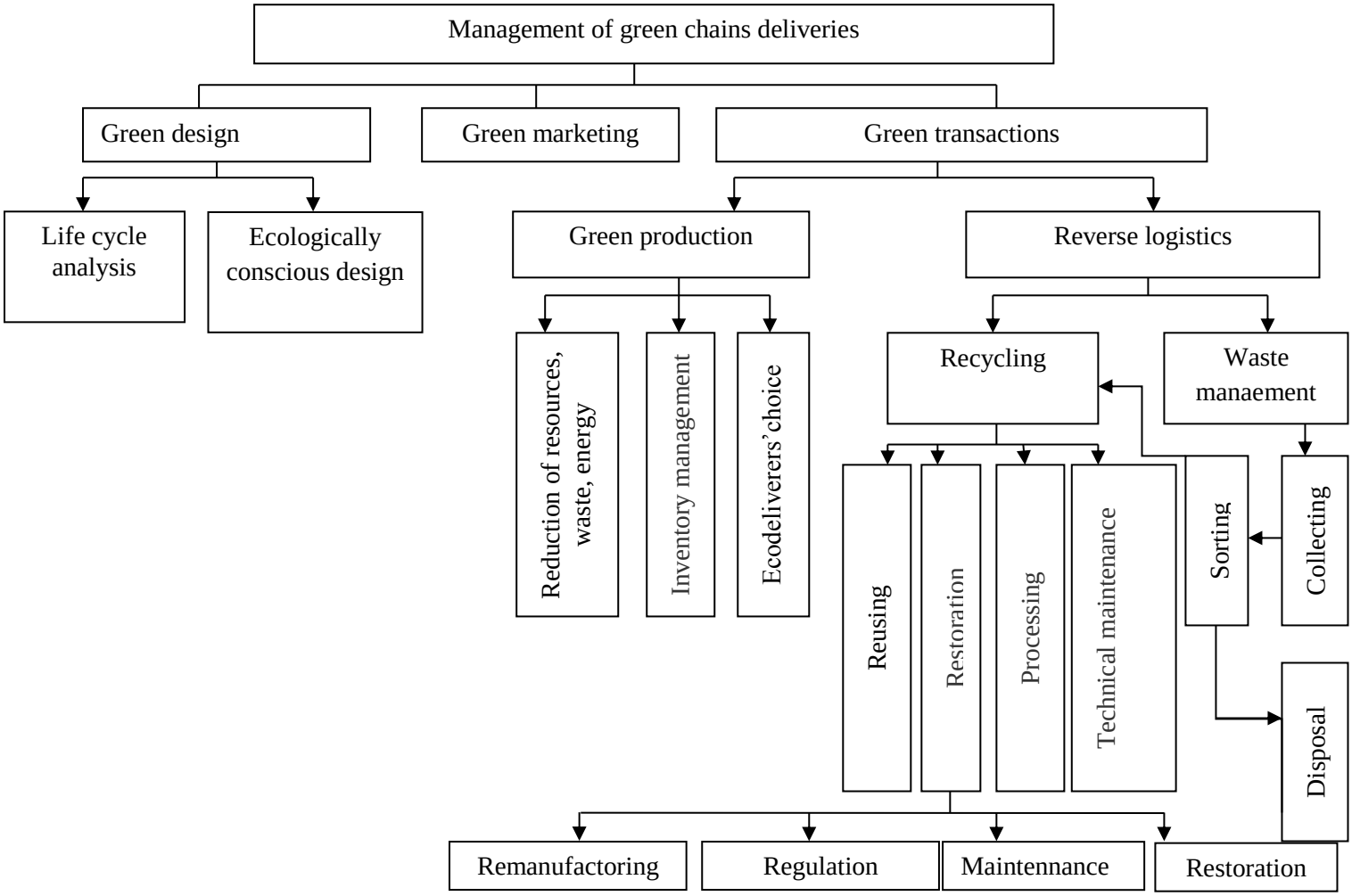


Fig. 5. *GSCM* Operations [the Scheme is modified by the author on the base of Gupta S.M., 2011]

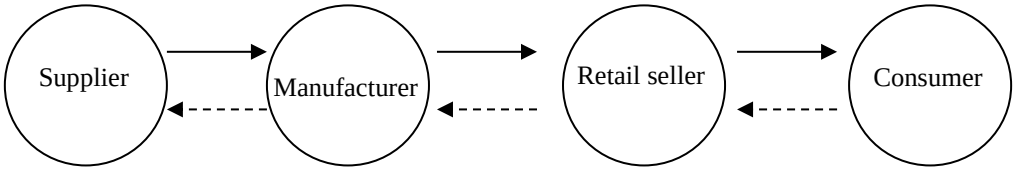


Fig.6. The Simplified Scheme of material streams in the *Closed-loop supply chain* [by the author]

Closed-loop supply chains make fundamentals of circular economy. And the Closed-loop supply chain are understood as the chains of deliveries providing maximizing value added during all life cycle of a product with dynamic restoration within rather long time intervals of values of various types and volumes [Guide J., Wassenhove L., 2009]. In a perfect way the Closed-loop supply chain formation assumes zero waste, and development of the Closed-loop supply chain in all branches does possible formation of circular economy in general. At the

same time the circular economy is beyond only processing of waste at the end of life cycle of production, and gives an impetus for technological, organizational and social innovations on all chain of value creation for the purpose of ecological design of production and prevention of formation of waste. Thus, the circular economy assumes use of essentially new models of production and consumption for achievement of welfare of society with low material, power and ecological inputs.

Despite the fact that the first scientific works on reverse logistics began to appear approximately in the sixties the 20th century, this subject received special attention only from 90th years. The research shows that only 14 articles were published between 1971 and 1995, and 99 articles – between 1996 and 2005 [Pokharel S., Mutha A., 2009]. During the period between 2007 and 2013 years 382 articles were published [Kannan G., Soleimani H., 2015].

In total during the period from 1971 to 2016 more than 600 articles published in the leading foreign editions, in the field of reverse logistics and Closed-loop supply chains as fundamental elements of the circular economy were analyzed. So, since 2000th years of a research increase from year to year if in 1999 only 6 articles were issued, then by 2015 their number considerably increased and made more than 100 publications a year. Seriously the number of publications depending on the country accessory of researchers (Fig. 7) differs. Absolute leaders in the number of researches are scientists from the USA, twice fewer works belong to the Chinese researchers, scientists from India are in the third place. First of all, it is the fact that the ecology of these countries significantly suffers from large-scale production, consumption of raw materials and emissions of greenhouse gases, therefore, scientists seek to find a balance between economy and ecology. It is not coincidental, Asian region is differing in the polluting productions is the leader in the number of researches in the field of reverse logistics and Closed-loop supply chain , the scientific activity of Asian researchers significantly increased for the last 5 years. It is followed by Europe and the reason for that the tough ecological legislation, initiatives in the field of sustainable development, circular economy, resource-and energy efficiency. Nevertheless, from the middle of the 2000th years of the most important, there is an integration of scientists from the different countries, exchange of experience and joint researches.

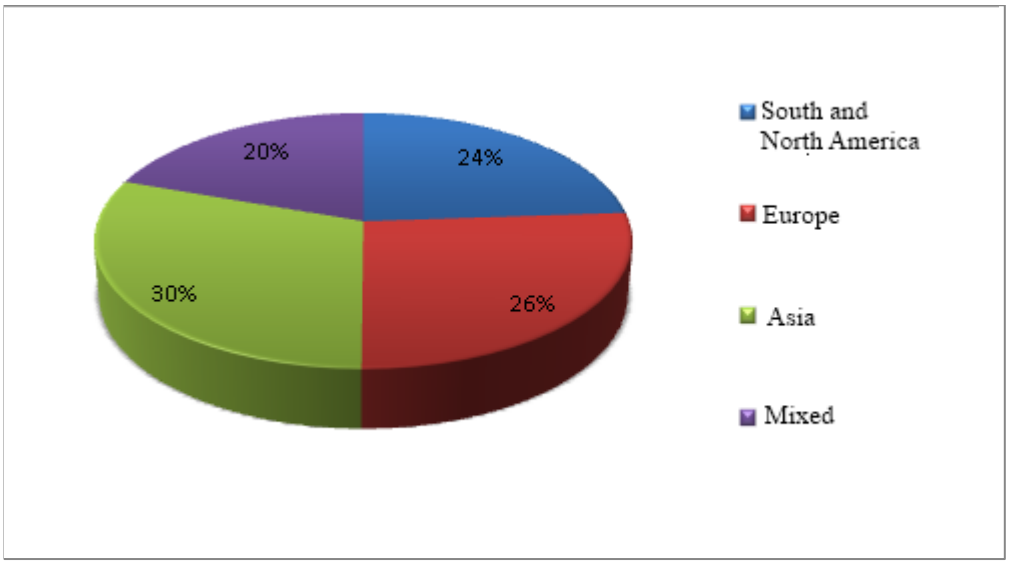


Fig. 7 The quantity of Publications according to regional organization of researchers 1978-2015. [Made by the author]

The Russian scientists insufficiently studied questions of reverse logistics and Closed-loop supply chain as basic elements of circular economy, so in 2012 Karkh D. and Potapov S. and in 2013 Potapova S. and Shakhnazaryan S. addressed theoretical questions of definition and interpretation of reverse logistics . The conclusion was that the reverse logistics at the current stage is obviously allocated as the certain area of logistics, but its theoretical bases and the practical importance are still insufficiently clear for most the enterprises. Zaretskaya L.M. gave interpretation of the term "green" logistics and gave an assessment of problems of introduction of "green" logistics in activity of the Russian trade bodies. L.S. Tomenko, G.V. Zakhodyakin addressed practical questions of reverse logistics , the reverse logistics on collecting and processing of worn-out tires was investigated, the closed chain of deliveries is developed. Today the majority of the Russian researches is devoted to questions of waste management, a part of scientists is engaged a research of utilization of solid municipal waste, for example, Ivanov A.V., Volynkina E.P., Kuznetsov S.N., Lyubarskaya M.A., Chekalin V.S., Nefedova I.D., Petrovsky N.Ya., Serpukhov E.P., Chokla I.S., etc. Others pay attention to various methods of utilization and also assessment of level of their efficiency and opportunities of application for waste of higher level of danger, for example medical, chemical, to waste of industrial production, etc., for example, Sergienko O.I., Sultankulova R.Ch., Brykina M.S., Panov S.A., Shcherbo A.P., Mironenko O.V., Real K.K., Kosyrin K.I., Soprun L.A., Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S., Lobachev D.A., etc.

In English-language editions the importance of researches in the field of circular economy, management of green supply chains and reverse logistics constantly increases, then in the Russian scientific literature these questions remain not studied.

The most popular products for researches in the field of reverse logistics is production of automotive industry (Fig. 8) which is subject not only to utilization, but also maintenance and repair, restoration and restoration. Since cars and their components are expensive and resource-intensive, operations on their recycling bring not only obvious ecological, but also economic efficiency.

Due to the reduction of life cycle and fast moral obsolescence of computers, household appliances and electronics, production of the computer, electronic and electrotechnical industry is an important object of researches of ecological design, reverse logistics and reuse. In addition management of reuse of a container and packing materials is of particular importance.

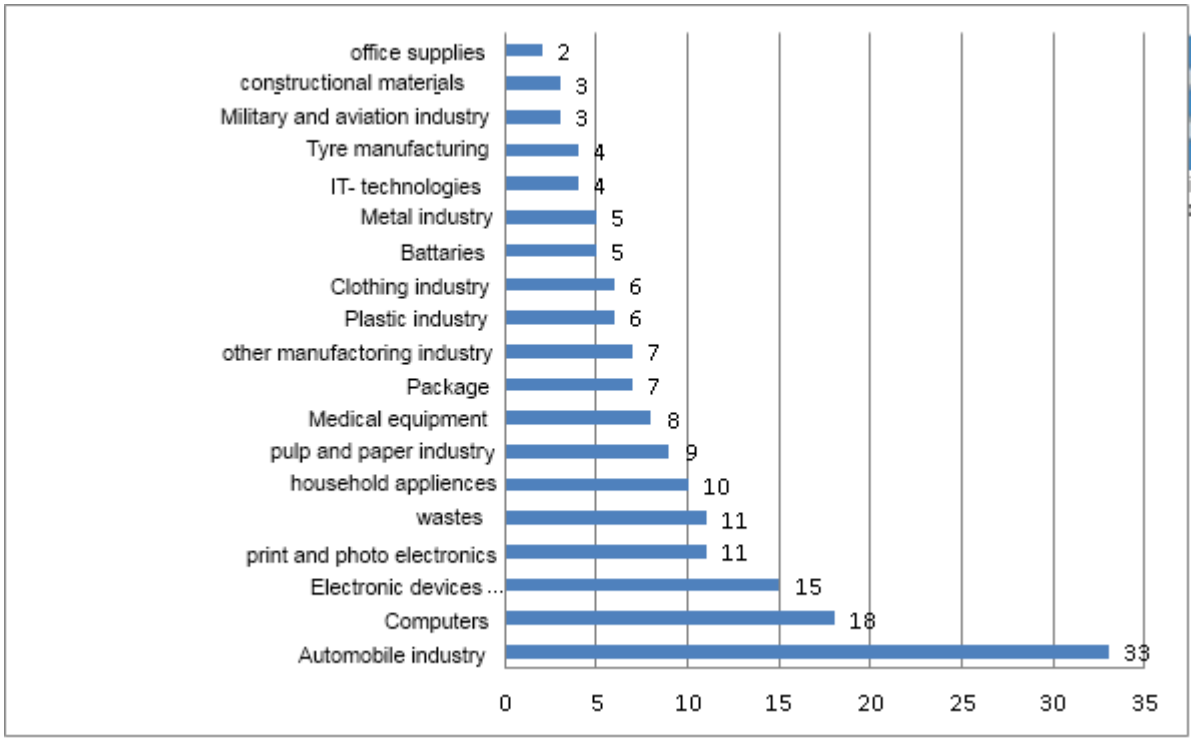


Fig. 8 The number of researches on branches and products, 1978-2015. [my the author]

Nevertheless, production expired to which it is possible to carry food, pharmaceutical medicines, household chemicals and cosmetics did not gain special development in researches in the field of reverse logistics, possibilities of their recycling, a problem of utilization and influence on the environment are not studied.

The most popular perspectives of researches are planning and design of Closed-loop supply chains (27%), minimization of expenses (18%), and planning and optimization of stocks and production (16%) (Fig. 9). In spite of the fact that each problem has the specifics of a research and methods of the decision, all of them are interconnected among themselves and

come down to one global purpose of circular economy – simultaneous ensuring environmental and economic efficiency.

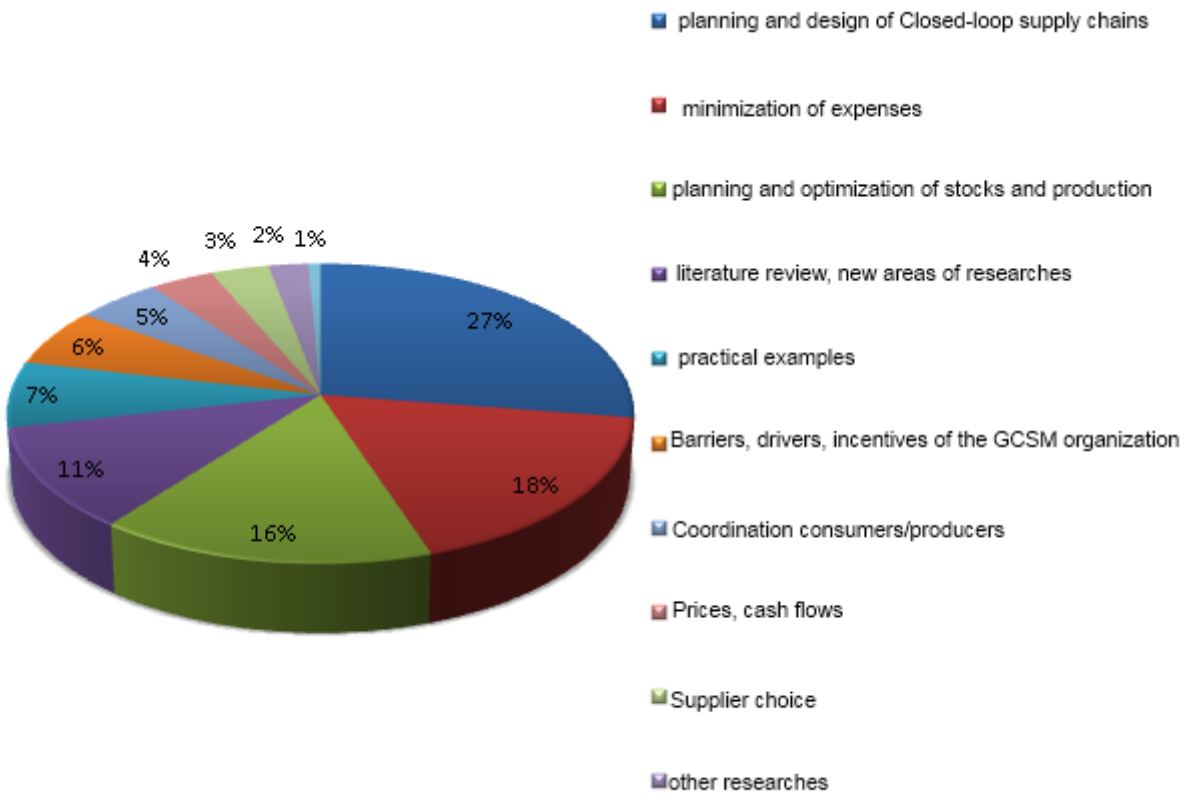


Fig. 9 Share of publications depending on a perspective of researches, 1978-2015 г.г. [by the author]

Along with questions of reverse logistics and Closed-loop supply chains, significantly the attention is drawn to a remanufacturing of products and separate components. The Remanufacturing is one of the most important elements of circular economy (Fig. 4) and a basis for transition from traditional linear model of economy to closed in a number of industrial branches [Matsumoto M., Yang S. Et al., 2016]. The remanufacturing is the highest form of recycling of the served production and waste [Steinhilper R., 1998] since in comparison with traditional production of costs of production of a finished product by means of a remanufacturing for the companies reducers below, the cost of the restored production for the consumer is less, benefits also are essential to the environment since restoration of production, its separate knots and details, reduces consumption of raw materials and energy [Seitz M., 2004].

Due to its considerable advantages remanufacturing draws the increasing attention around the world from business as well from the scientific community. The first scientific publications on a remanufacturing appeared in the late nineties of the XX century, and already today in the

leading foreign editions there are full reviews of literature on problems of restoration of production to which publications of such authoritative scientists as Govindan K., Hetcher G., etc. belong [Govindan K., 2016; G. Hatcher, 2014]. All researches in the field of a remanufacturing can be divided into the directions presented in the picture 10.

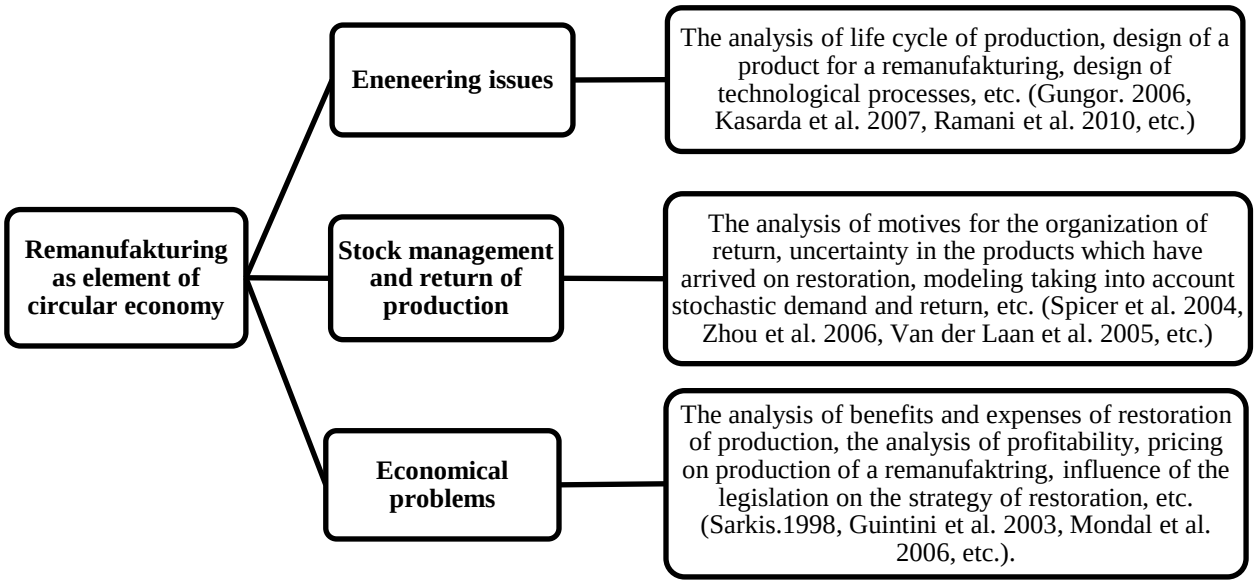


Fig. 10. The directions of researches in the field of a remanufacturing as element of circular economy [Made by the author]

Many foreign publications are focused on the modeling of stochastic demand and return of production, stockpile management for a remanufacturing, coordination of participants of the closed chains of deliveries at a remanufacturing, modeling of price policy on the new and restored production and design of the closed chain of deliveries and the product.

The automotive industry is one of the leading industries where the principles of returnable logistics and restoration are accepted. 70% of all remanufacturing are the share of the companies of the automobile sector [Steinhilper R. et al., 2011], [Zhang X. Et al., 2013]. What generates a large number of researches in the field of the closed chains of deliveries and returnable logistics in automotive industry (Fig. 8). The potential benefit from restoration of automobile knots and details was investigated by several groups of scientists. For example, Smith V., Keliyen G. [Smith V., Keoleian G. Et al., 2012] used methodology of life cycle to show that the restored engines can be manufactured with saving 68%-83% of energy and with decrease in emissions of carbon dioxide by 73%-87%.

However, in the Russian scientific literature the topical issues connected with remanufacturing do not play a significant role, as it can be seen by the analysis of the databases *E-library, Google Scholar, Scopus, Web of Science* etc. The interest to this high-tech industry of

remanufacturing is also not large from businesses of all sectors of the Russian industry, there are some companies practicing a remanufacturing in Russia in automotive industry: *ZF*, *Renault*, *Volvo*; in the sector of household appliances: *Robert Bosch*. At the same time, it is accurately expressed by stating that the first steps in the field of a remanufacturing are taken in the Russian Federation based on direct foreign investments. While in developed countries works already thousands of the companies which accepted the practice of a remanufacturing.

Due to the insufficient development of the principles of circular economy and a remanufacturing in the Russian industry assessment of the efficiency of investment projects on the formation of the branch of a remanufacturing in Russia is relevant. The set of researches is devoted to assessment of efficiency of investment projects, for example, the technique of assessment of investment projects and the principles of decision-making were studied by Kossov V.V., Livshits V.N., Shakhnazarov A.G., Smolyak S.A., Kovalyov V.V., Panferov G.A., Lomakin N.I., Malenkov Yu.A. To a problem of calculation of a discount rate such scientists as Galasyuk V. addressed, Vishnevskaya And., Smolyak S., Doroshenko Yu., Avilova I., G.F. Grafova, S.A. Shakhmatova. Batenin K., Ivanov T were engaged in questions of accounting of a factor of uncertainty and risk., Chelmakina L., Kisileva N., Borovikova T., Zakharova G., etc.

One of the methods of the analysis of economic systems when developing investment projects is imitating modeling. Generally, understand the process of carrying out on the COMPUTER of experiments with mathematical models of difficult systems of the real world as imitation. The only difference of a similar experiment from real consists that it is carried out with system model, but not with the system. It is necessary to distinguish D. Forrester, D. Meadows, Berens, M. Gudman, V.L. Makarov, A.R. Bakhtizin, V.V. Devyatkov, A.A. Yemelyanov, A.V. Borshchyov, V.D. Boev, P. Nouton, G. Shildt's works from the researches developing paradigms of imitating modeling, etc. Imitating modeling as the tool of system of support of decision-making was used in Yemelyanov A.A. works., Vlasova E.A., R.V. Duma, Zaydvizhka R., Shout of X., Bandivadekar A., Günter K., Kumar V., Sutnerland J. Imitating modeling of operations of a remanufacturing was carried out by Buttser S., Kemnittserom Y., development of investment projects of a remanufacturing in industrial branches and their imitating modeling was not carried out by Kutts S., Shteynilperom R., Azadivar F., Ardubadi Sh. Odnako for the Russian conditions.

Sabreymoniam P. and coauthors [Subramanian P. et al., 2011] [Subramanian P. et al., 2013] consider that to acceptance of the practice of a manufacturing, returnable logistics and to the modeling of circular economy the analysis of technical, market, economic, standard, ecological and administrative aspects must precede. However today there is no complex research

which would include the analysis of above-mentioned aspects of the development of the model of the circular economy as each of the available researches specializes in the solution of a limited number of questions. Therefore in a dissertation research the analysis of institutional conditions and a role of the state in development of circular economy is carried out, barriers and drivers of transformation of linear model of economy in the closed form are investigated, the level of development of circular economy is estimated, the industry analysis of opportunities of development of a remanufacturing is carried out, the prototype of the closed chain of deliveries in automotive industry and the system of support of decision-making at the choice of a way of utilization of a product is developed and also imitating modeling of the investment project of a remanufacturing of automobile spare parts and details is carried out.

1.2. The circular economy as answer to global challenges and institutional conditions for its development

Nowadays global agenda is a set of social-natural problems on which solution social progress of mankind and preservation of a civilization depends. These problems are characterized by dynamism, arising as an objective factor of development of society and for the decision demand the combined efforts of all mankind [Yakovtsev Yu.V., 2001]. Development of the circular economy will be able to help with the solution of such global problems as ecological, food, raw and power and a problem of use of the World Ocean. So, the principles of circular economy cover all life cycle of a product from production and consumption before the recycling and production which was in the use, at the same time due to reuse of production positive ecological and social and economic effects (Fig. 11) are reached.

Economic benefits are expressed in reduction of consumption of raw materials and energy and as result – in decrease in volatility of the prices of resources. Thanks to development of circular economy the new sectors of the industry connected with utilization of production that leads to growth of number of jobs [Beuren F are formed., Gomes F., 2013]. Introduction of practice of recycling, restoration and other elements of circular production increases innovativeness and creates additional competitive benefits of the companies and leads to emergence of new sources of receiving profit, increases loyalty of clients and strengthens the relationships with contractors on all chain of value creation [Firnkorn J., Müller M., 2016; Shafiee A., Stec T., 2014]. For the consumer of advantage of development of circular economy are expressed in use and consumption of environmentally friendly products and in decrease in their cost. In addition, positive effects and for the environment thanks to decrease in emissions of greenhouse gases, reduction of the areas of dumps and grounds of waste disposal, emission reduction to oceans and to decrease in consumption of limited resources. Also, the principles of circular economy extend to agricultural industry, for example, receiving fertilizers and biofuel by composting of waste reduces the cost of production of agricultural industry, and re-cultivation of lands increases productivity that helps to deal with a global food problem.

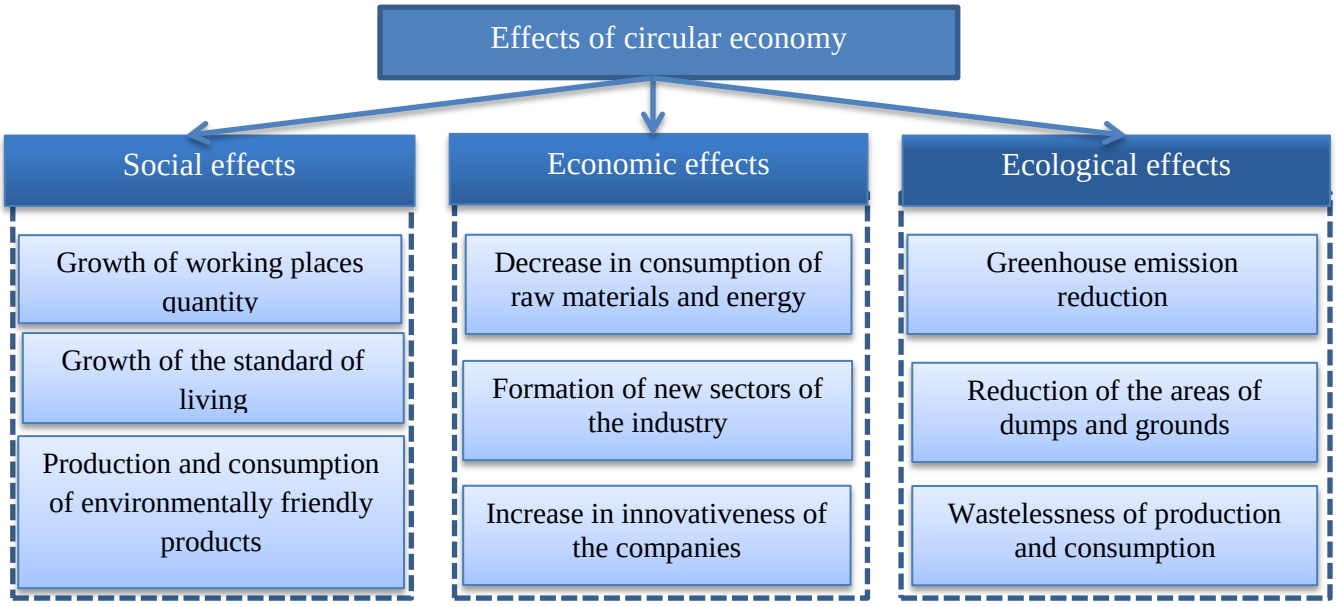


Fig. 11 The effects of the circular economy [by the author]

Considering the effects of circular economy in Pictures, for example, by TNO estimates, in general the annual effect of circular economy in the Netherlands is 7,3 billion euros, and 54 000 additional jobs. In Great Britain according to the report of WRAP, development of circular economy will promote creation of 500 000 jobs in the country, and economic benefits at the same time will make 12 billion euros. Researches of the Roman club with assistance of MAVA Fund showed that in only one Sweden thanks to development of circular economy decrease in emissions of CO2 by 70% is possible.

However not all benefit from formation of circular productions, there are also "losers". Since by what more goods will be reused or restored, demand for new goods will be that less that will lead to loss of income of producers of new production and suppliers of raw materials, the enterprises of logistics, etc. The set of the positive and negative effects characteristic of model of circular economy is presented in Tab. 3.

Tab. 3.

External effects from implementing The circular economics model [Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Vetrova M.A., 2017]

Positive external effects	Negdtive external effects
Decrease in load from waste of the environment, reduction of grounds	Additional consumption of resources and energy at a recycling of waste and production
Reduction of extraction of ischermayemy minerals	Decline in income of the resource-extraction countries
Opening additional working places in areas with the circular economy (in the EU, etc. developed countries)	Reducing of working places in the developing resource-extraction countries and certain sectors of economy

Common positive effect for society from establishmaent of the circular economy is significantly higher than a consequence. Therefore the governments of many countries create special strategy and apply measures at the national, regional and local levels to formation of productions with the closed cycle.

So, for the solution of global environmental problems, in many developed countries, for example, in the Netherlands, Japan, Austria, Germany and Great Britain prekta, programs and initiatives of development of trailers of circular economy in general and a remanufacturing in particular are adopted [by Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S., 2016]. The analysis of the best international practices of development of the principles of circular economy demonstrates that the state and nongovernmental organizations, scientific and business of community and also citizens (Fig. 12) participate in creation of institutional conditions.

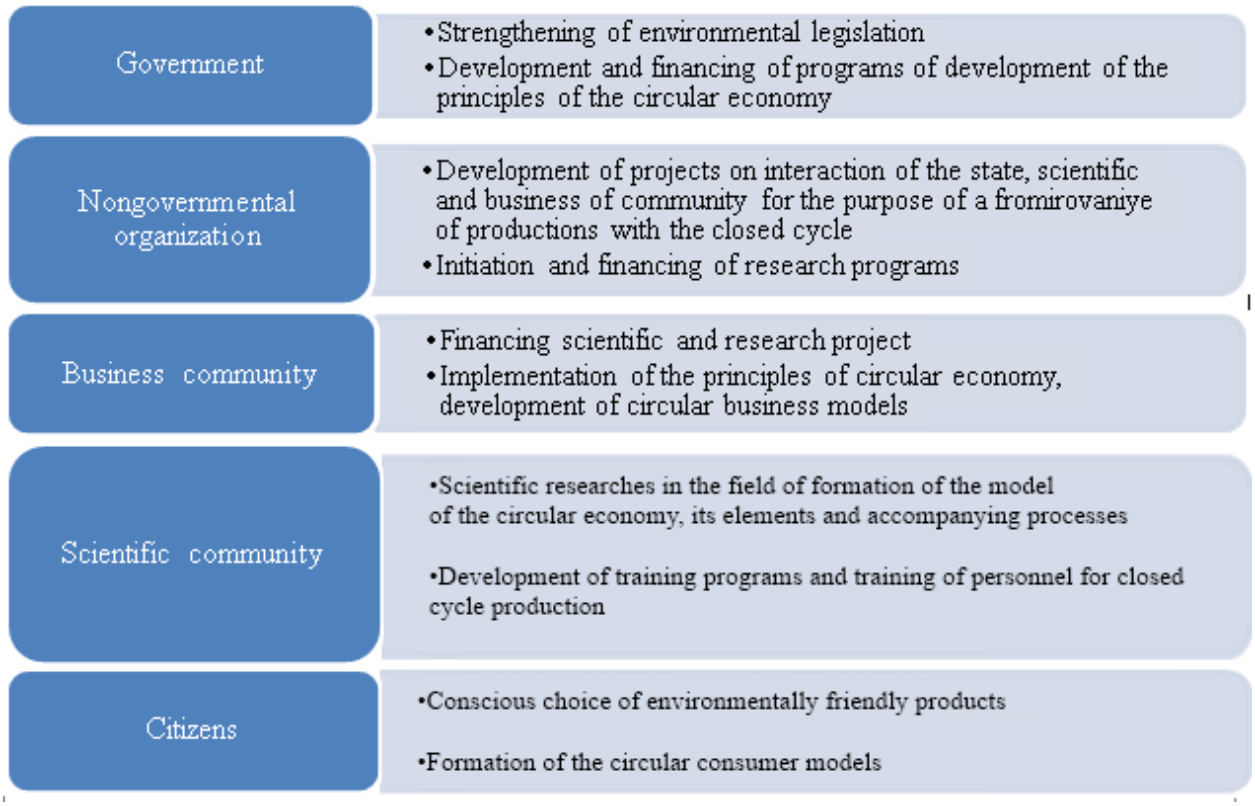


Fig. 12 Conditions for development of the circular economy [Made by the author]

Let's take a look at the best practices of formation of conditions for development of circular economy according to the structure presented in the picture, in more details.

So, in the EU the Project of the European network of a remanufacturing (ERN) in 2015 was started and the practician and business models is directed to implementation of interaction of the government, producers and scientific community for development of a remanufacturing in the region, by means of researches of the market, collecting and analysis of the best. Also in the

EU a number of initiatives by the state and individuals from whom are distinguished are accepted:

- The circular economy case was published in 2014 which includes the general communication (COM 2014)398), the offer on amending aspects of six directives of the EU on waste (COM(2014)397) and also provides measures for stability of buildings (COM(2014)445), ecological employment (COM(2014)446) and other ecological actions (COM (2014) 440);
- Implementation of the road map for resource-saving in the EU (COM(2011)571), the Seventh action program of the EU on the environment – 7th EAP (Decision No 1386/2013/EU) and the recommendation for the platform about a resource-effieciancy of EREP;Работа на период после 2015 года программы развития и разработки глобальных целей в области устойчивого развития;
- Realization of strategy "Europe 2020", including corresponding road maps and flagman initiatives of increase in efficiency of use of resources, (*Innovation Union, Industrial Policy, Skills and Jobs*);
- Taking part in the Unit *G7 (G7 Alliance)* by efficiency of use of resources.

Interaction between the initiatives given above is reduced by barriers on the way of transformation of linear economy to a circular form. Thus, one of the priority activities within the G7 is development of a remanufacturing and the ecological design of production which are key components of circular economy. One of main objectives of the Seventh action program on the environment of the EU is increase in efficiency of use of resources, formation of green economy that also fully answers problems of formation of circular economy. Besides, the Package on the circular economy accepted in 2014 serves coordination of various standard acts and decrease in contradictions between the adopted programs and initiatives. This Case included the Action plan which covers all production and economic cycle, beginning from production and consumption of production and finishing recycling and the market of secondary raw materials and includes change of standard and legal regulation of an order of waste handling with high target rates. Among these indicators it is possible to allocate – utilization of 65% of household waste and 75% of packing materials by 2030, reduction of the areas of dumps for 10%, etc. All this demonstrates that the Action plan is directed on involvement of a wide range of interested parties in various sectors and not only EU Member States, but also other states.

During the process of circular economy formation and development of her principles in practice an active role is played by participants of a number of non-governmental initiatives and the organizations whom Ellen MacArthur's fund, the *Dutch Circle* organization, the research program of the European Union of *Horizon* 2020, etc. treat.

The government of Singapore also finances development of a remanufacturing, so in 2012 the ARTC Center for development of the best technologies and opportunities of restoration was organized. Several leading multinational corporations, such, as *Rolls-Royce, Siemens Industry, ABB, TruMarine и JPT Electronics* signed the memorandum of cooperation with ARTC for collaboration over the solution of technological problems of a remanufacturing in space, oil and gas, sea, power and automotive industry. The Malaysian government also financed market research for development of a remanufacturing and the industry in the country. As George D. with coauthors claims [George D. Et al., 2015] the government of China develops the concept of circular economy as the vital strategy for achievement of the goals of sustainable development.

All mentioned above indicates the growing attention to development of circular economy from the governments and nongovernmental organizations in many countries that it is caused by high positive ecological, social and economic effects.

The activity from scientific community is expressed, first, in increase in number of the researches and publications devoted to problems of circular economy and its elements (see Chapter.1, item 1.1), and secondly, in interaction with the state and business concerning formation of institutional conditions for development of circular economy and productions with the closed cycle. For example, the Technological university of Nanyang interacts with the research center ARTC, for fast creation of technologies of industrial application of a remanufacturing. In addition, the universities create programs of training of experts of productions with the closed cycle, for example, in Scotland the university of a remanufacturing (SIR) which is one of the global centers of the best practices of a remanufacturing is created and directed to increase in innovations in the field of restoration of production.

Citizens also participate in formation of circular economy, for example new models of consumption thanks to which pressure upon the environment decreases develop. For example, the consumption model "a product as service" at which the goods are bought not in property and is rented with the pact of services in maintenance and repair that on the one hand focuses the producer on creation of more durable production which is subject to restoration. And on the other hand, this model of consumption guarantees returns of production at the end of use for its remanufacturing, repair or other ways of utilization that provides creation of the closed cycles.

Moreover, among citizens demand for integrally clean products grows, so, retails of what food and drinks exceeded $81 billion in 2015 – it is almost four times more, than was in 2000 ($18 billion) [The statistical report of FiBL and IFOAM; 2016]. Integrally clean products, as a rule, are more expensive, residents of the different countries make the choice in their advantage for various reasons, main of which – care of health, of animals, pressure decrease on the

environment since production of what products creates less emissions, and their packing is completely biodegradable or suitable for processing and reuse.

There are numerous ecological clubs and citizens' initiatives, meetings, demonstrations and pickets in support of environment protection, for example, against waste disposal and the organization of dumps become more frequent that focuses the state on toughening of requirements to the enterprises in the field of utilization and expanded liability of the producer which are important elements of circular economy.

It should be noted that in Russia the activity among the government and nongovernmental organizations and representatives of business in formation of circular economy is insufficient that is confirmed by low values of reuse and utilization of production and waste, and low requirements of the ecological legislation for formation of productions with the closed cycle. At the same time the analysis of circular economy, projects of introduction of its separate elements and development of strategy of its development in general is topical issues for Russia in connection with vital environmental problems from which it is possible to distinguish the following:

- according to official data, in Russian Federation there are about 35 billion t of waste which volume annually increases by 5 billion tons.; in addition to it, 8-9 million tons are the share of not centralized export of the solid municipal waste (SMW) with burial on uncontrollable dumps; the volume of hazardous waste per capita by 4 times exceeds the level characteristic of the countries entering the EU [Federal State Statistics Service];
- more than 90% of the solid municipal waste go for burial; export on waste recycling plants makes a little more than 8% (2014) of total amount [EMIS, 2016]; organized grounds and unauthorized dumps totally occupy the space in 47,7 thousand hectares that is equivalent to a quarter of the areas of the Russian reserves [Portsenko A., 2016];
- a key factor of essential load of the environment serves an unacceptably high level of material capacity of economy and its commodity dependence; 87% of emissions of greenhouse gases, 76% of harmful emissions in the atmosphere, 77% of dumping of the polluted waters and 97% of total amount of the formed industrial wastes are the share of a share of production, production, processing, transportation of natural raw materials [The state report "The condition and environmental protection of the Russian Federation in 2015"];

the economic losses and damage caused by environmental pollution and deterioration of natural resources in the country are reached by 4-6% of GDP and taking into account negative consequences for human health – 10-15% of GDP [A meeting of the State Council about ecological development of Russia for the benefit of future generations].

The global environmental problems which are shown in the Russian Federation and requiring the immediate solution can be overcome by means of development of circular economy. However only in 2015 the Government of the Russian Federation has paid attention to formation of the modern scheme of waste handling as to the integral step on the way to circular economy.

The modern scheme of waste handling has been offered the EU, and it represents hierarchy of various stages and forms of handling of the production which was in the use and waste taking into account priorities in the field of environmental protection, resource-and energy saving (Fig. 13).

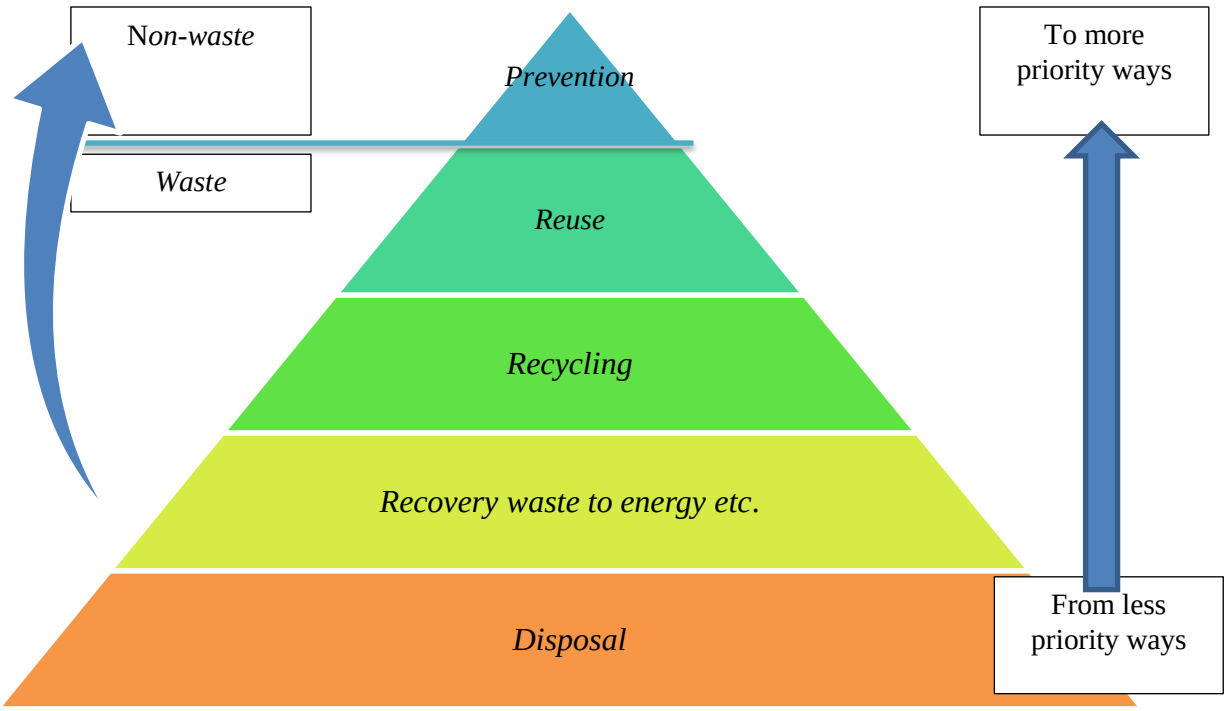


Fig. 13 The hierarchy of the Purposes and Issues within the system of the connection with waste taking into account standard and legal regulation in the EU [Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A., 2016]

In fact, the existing scheme of the address with waste and the served production is directed to maintenance and development of circular economy since includes her basic elements by means of which the closed life cycle of a product, except for burial on grounds is formed. It should be noted that the legislation in the EU was formed for many years, the first Frame Directive on waste 75/442/EEC has been accepted on July 15, 1975, and the general installations of the European Union on environmental issues and resources consumptions (to which also the address treats with waste) are stated in the foundation agreement of the EU in 1957. At the same

time obligatory to execution all standards become some years later for a possibility of economic and technical training of the enterprises.

Improvement of a control system of waste was recognized the main problem in the field of environmental protection at the end of the first – the beginning of the second millennium therefore to the EU the first measures have been directed to safe placement of waste on the available grounds and in 1999 the Directive 99/31/EU "About waste disposal on grounds" is accepted. But in 2008 in the directive 2008/98 / the EU "About waste" prevention of formation of waste became the basic principle. Creation of conditions and incentives for reuse and restoration of production became the following purpose. Several legislative normative legal acts to which the Directive 2000/53/EU on the served vehicles and the Directive 2012/19/EU on the electronic equipment belong has been focused on it. In modern conditions the solution of this task is promoted by adoption of the new version of the international standard of ecological management of ISO 14001:2015 in which the emphasis on the concept of life cycle of production taking into account a possibility of her use or restoration on completion of operation is placed.

Not all types of production, products can be restored and reused, so, unsuitable for these purposes goods need to be overworked for receiving raw materials. And in 1994 the Directive 94/62/EU which ordered processing by 2008 of 50% of metal, 60% of glass, a paper / cardboard, 22,5% of plastic and 15% has been accepted. As a result, today some types of production, for example, automobile accumulators, must be processed for 100%.

That part of production which was in the use and waste which isn't suitable for processing, agrees the scheme of waste handling formed in the EU, must be used for obtaining energy and fertilizers by burning or is directed to composting. Therefore in 2000 the Directive of the European Parliament and Council of Europe 2000/76/EU "About burning of waste" where maximum permissible norms of emissions for the waste burning plants have been established has been accepted. And only in case of exhaustion of the opportunities connected with application of all listed methods, waste in the EU it is possible must be cleaned and neutralized, and later are buried in the ground (Fig. 13) that however doesn't belong to processes of circular economy and must be cancelled at distribution of her principles.

It should be noted that the modern scheme of working with wastes doesn't display variety of the forms of government the served production which is considered by the circular economy. Repair, restoration of production and its separate components, etc. belong to such forms of handling of the served production maintenance. In the Fig. 14 these forms are presented. Here

you can see influence on emissions of CO2, economy of resources and energy and economic effects which are expressed in depreciation of production (Appendix 3).

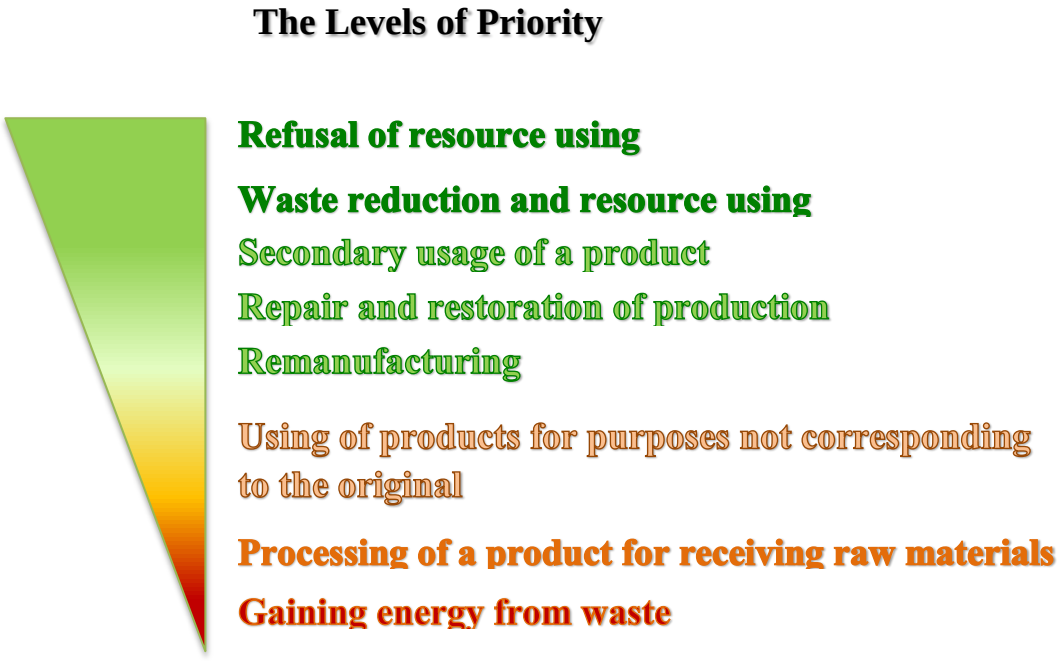


Fig.14. The hierarchy of waste and the served production in circular economy [Modified by the author based on Fogarassy C., 2017]

Even though the circular economy goes beyond the modern scheme of waste handling, however it is the first step on the way of transformation of linear economy, from development and modernization of management of the served production and waste formation of circular economy in practical area originates.

In Russia only in 2014 initial steps in the field of formation of the steady scheme of the address with waste as main link of circular economy with acceptance the Federal law from 12/29/2014 No. 458-FZ "About introduction of amendments to the Federal law "About Industrial and Consumption Waste", separate acts of the Russian Federation …" have been taken (further – the Federal Law No. 458-FZ). The new Federal Law provides the list of actions in the field of the address with waste: stimulation of construction of facilities, intended for processing, utilization, neutralization, waste disposal, joint financing of construction of facilities on collecting, transportation, processing and recycling from use of goods; recycling stimulation; identification of places of unauthorized placement of waste. However, the law doesn't provide the provision on formation of system of separate collecting waste that seriously complicates recycling and leads to her rise in price.

Recycling which according to the Federal Law No. 458-FL (Art. 1, the item D)) is understood "as recycling – use of waste for production of goods (production), performance of

work, rendering services, including repeated application of waste, including repeated application of waste for the intended purpose (recycling), their return to a production cycle after the corresponding preparation (regeneration) and also extraction of useful components for their repeated application is distinguished from system links according to the address with waste in the context of model of circular economy in Russia (recovery)".

Thus, the term "utilization" includes all modern forms of waste handling and the used production opposite to burial on grounds and the organization of dumps. However, such approach excludes priority of forms of the address with waste, at the same time innovations don't mention the paramount purpose – prevention of formation of waste. Thus, the control system of waste formed in Russia will have two levels: burial and utilization (Fig. 15), while the EU has 5 levels now (Fig. 13).

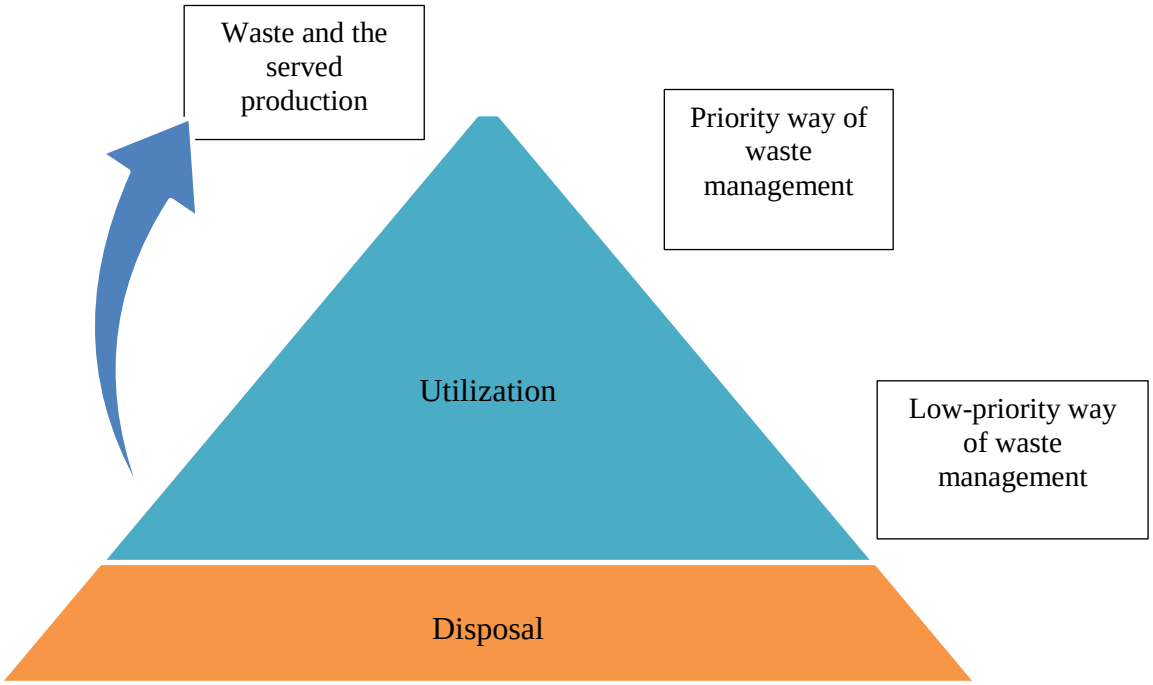


Fig. 15 A control system of waste management formed in the Russian Federation [Made by the author]

The resolution has also established the standards of utilization for 36 groups of production, initially for paper, rubber, plastic products at the level of 80%, machines and the equipment, the electric equipment – 50%. But, after numerous claims of producers and importers standards have been lowered: in 2015 standards remained zero by all types of goods. According to the order of the Government of the Russian Federation No. 2491-r (from 12/4/2015) "About the approval of standards of recycling from use of goods" the minimum standards of utilization with their

gradual increase have been established. So, for 2016 for paper and a cardboard of 10% and 20% – for 2017; for tires and tires of 15% and 20% respectively; metal container of 20% and 30%; for glass, bottles from plastic and waste of printing houses of 5% and 10%. Electronics will be processed only since 2017 for 5%.

The negative moment is the absence transitional the period for training of producers for independent utilization of the production at the end of her use and for other reasons. In comparison with the EU where the directive according to the address with waste has been accepted in 1994, and its application has begun only in 2001, and the transition period lasted seven years. Thus, without enough time the Russian producers won't be able technically to be trained for implementation of the established standards for recycling that will cause payment of ecological collecting.

According to the resolution of the Government of the Russian Federation No. 1073 (from 10/8/2015) "About an order of collection of ecological collecting" establishment of rates of the ecological collecting on each group of the goods which are subject to utilization after loss of consumer properties by them paid by producers, importers of goods which don't provide independent recycling from use of goods is provided. For paper, rubber, plastic products, wood, metals, oil collecting makes 1,5% of prime cost of 1 ton / 1 commodity units; machines and the equipment, the electric equipment – 4,5%. To be necessary to note that such way of formation of collecting will have rather negative character since for goods which are more expensive and, as a rule, have higher quality and safety for the environment, it is necessary to pay higher collecting, than for cheap and less qualitative goods. It in turn can lead to decline in quality of goods, including his ecological component that in a root contradicts a main objective of the law – pressure decrease on the environment. Besides this point contradicts article 24 Federal Law No. 458 which says that the rate of ecological collecting is formed based on the average sums of costs of collecting, transportation, processing and utilization of a single product or unit of mass of the product which has lost the consumer properties.

The fact that in point 11 of Art. 24 of the Federal Law No. 458 the mission of the means which have come to the federal budget because of payment of ecological collecting for is noted is positive: constructions, reconstruction of the complexes which are carrying out the address with waste; developments and deployments of the industrial equipment of the Russian production for utilization and neutralization of waste. However, the Russian legislation accurately doesn't tie a concrete type of income to a certain expense therefore it is optional that the means which have come to the budget will be spent for creation of waste-processing complexes and recycling what the lack of the corresponding line of an expense in the budget of

the Russian Federation testifies to. In addition, one of the most discussed problems is the lack of necessary objects of ecological infrastructure for service of the entered scheme, including modern grounds for reception and processing, especially, as for rural areas with dispersion of the origins of waste on hundreds of kilometers. There is no detailed plan of creation of capacities for recycling also.

Thus, the new legislation needs completion for creation of ecologically effective system of the address with waste since ecological advantages, decrease in emissions of CO2 and economy of resources provide enough bases for formation in Russia of production with the closed cycle. Already today in the adopted normative legal acts the aspiration to solve the saved-up problems, including to reduce the waste sent to dumps in a short time and with application of all basic methods (Appendix 4) is traced. As a result, implementation of the made decisions has to promote a reducing the environmental footprint by reductions of volumes of waste disposal, to involvement of the goods which are subject to utilization in economic circulation as additional sources of raw materials and energy.

As it is possible to conclude, the Russian Federation still should make transition to broad application of modern methods of the address with waste on the way of transformation of linear economy to circular model. It can be promoted by measures for the approval of expanded responsibility of producers which was taken by the European countries in the 1980th years with stage-by-stage and systematic development of the relevant standards in favor of environmental protection, resource-and energy saving that makes a contribution to formation of circular economy. An idea of scale of the tasks facing Russia in this regard by comparison to the level of a solution in the EU is given by information which is contained in table 4.

Table 4.

The comparative analysis of standards of responsibility of producers in the Russian Federation and the EU within schemes [Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A., 2015]

	EU	Russian Federation
Legalization	Packing Directive (94/62/EU) the Served vehicles directive (2000/53/EU) Battery Directive of the Battery (2006/66/EU) Electronic equipment Directive (2012/19 / EU)	The Federal Law N 458-FZ "About introduction of amendments to the Federal law "Industrial and Consumption Waste …"; The order from 12/4/2015 of N2491-r "Procedure of approving recycling standards of post-consumer wastes"; The resolution from 10/8/2015 N 1073 "Procedure of

		collecting ecological fee"
Norms of utilization on separate commodity groups	• 60% recycling of packaging by 2008, 55% recycling of packaging waste by 2008. • 100% of vehicles, restore 95% and 85% of the processing, including re-use by 2015. • 100% utilization of collected batteries by 2009, collection rate of 45% by 2016. • 65% recycling of lead-acid batteries, 75% recycling of nickel batteries and 50% recycling for other batteries by 2011 • Since 2016, target collection of electronic equipment should be 45%, since 2019 - 65%; Recycling / preparation for the re-use goal 55-80% since 2015	Since 2017 standards of utilization have to be established on 36 groups of goods, including: • Cans up to 50 l – 30%; • Oil products, plastic bottles from 2 l, electric accumulators, glass sheet safe, glass hollow – 20%; • Paper packages, plates, packing, Plastic bags / bottles not> 2 l, newspapers / magazines / periodicals – 10%; • Machines and the equipment, computer and household appliances, plastic products, wooden windows / doors / a container – 5%; • textiles, lamps, Plastic doors – 0%.
Ecological fee	The rate for waste disposal depends on the country and the type of waste and ranges from 44 euro / ton to 1500 euro / ton.	The rate of the environmental fee varies from 2,378 rubles per ton to 26,469 rubles per ton.
Penalty for violation of producer responsibility	Responsibility depends on the specific violation, its impact on the environment, company size, etc. .: • In France, for the lack of marking and non-conformity of products to the RRR norms, the fine is from 450 to 1500 euros. • *Volkswagen*, there is a penalty for violating the rules set by the EPA, and underestimating the emissions, could exceed $ 18 billion.	An untimely submission of declarations administrative is under penalty3 000 to 50 000 RUB. A deliberate distortion of declarations administrative is under penalty from 10 000 to 100 000 RUB.

We can see from the table that the standards of utilization of production and waste entered the Russian Federation and ecological collecting, significantly lags behind the European standards. In addition, punishment for non-compliance with standards of responsibility in the EU is more essential, than in the Russian Federation, and it stimulates the European producers in many cases to adhere to requirements of the legislation, including application of innovative approaches for observance becoming tougher standards of responsibility to which safe utilization of the served production on completion of her use belongs. In Russia for many producers evasion from responsibility for ecologically safe end of life cycle of production can cheaper cost, than implementation of requirements in the field of utilization which are connected with additional

expenses and investments that significantly reduces possibilities of fast and effective development of circular models of production and consumption.

Despite updating in recent years of the legislation in the field of the address with waste, institutional support of phased transition to the principles of circular economy needs further essential modernization. At the same time in the Russian Federation there are opportunities for transformation of the linear model of economy dominating today in ecologically and economically effective circular model. So, with extraction of energy and fertilizers and also processing in the Russian Federation food and municipal waste has the potential for development of composting, the remanufacturing can develop in automotive industry, in the sector of major appliances, in the aviation industry and in military industrial complex on the basis of the existing productions. However in the country the economic mechanisms focusing the enterprises on use of the principles of circular economy aren't created. So, waste disposal cost on grounds is more attractive in comparison with investment into development of productions with the closed cycle today.

Support by the state of the ecological focused business, formation of the infrastructure facilities serving the advanced forms of the address with waste, essential increase in ecological charges for evasion from use of the best practice on waste management is necessary for improvement of a situation. In turn development of circular economy in the Russian Federation will bring positive ecological effect from reduction of dumps and grounds, economic effect of increase power - and resource efficiency and also owing to receiving profit by the companies in new branches and kinds of activity, social effect – from creation of additional working places.

1.3. Assessment of the level of development of circular economy and formation of circular business models of firm

Earlier in point 1.2. the thesis about the insufficient level of development of circular economy in the Russian Federation has been given. For a specification of this conclusion and assessment of the level of development of circular economy in literature special indexes which allow interested parties to define began to be used in recent years, how consistently there is a process of formation of circular economy. The following indexes are among them: *The Material Circularity Indicator (MCI) [Ellen MacArthur Foundation, 2015]; The Regional Circular Economy Index System [Jia Zhang, 2011]; The Circular Economy Performance Index [Ruiter, 2015]; A Circular Economy Index for the Consumer Goods Sector [Verbeek L., 2016]* (Table 5).

Table 5.

Indexes of assessment of circular economy [by the author]

Name	Description	Limitations and assumptions
The Material Circularity Indicator, MCI, 2015 г.	The indicator measures a degree in which the linear stream of waste and materials is minimized, and a circular (recovery) stream to a maximum, and LFI – the index of a linear stream, F(X) – the efficiency of a product constructed as function F from usefulness of X is estimated on the following formula $MCI = 1 - LFI \times F(X)$, The usefulness shows, how longer and more intensively this product is used in comparison with a usual product of the same type. The usefulness is derivative of service life and functional units of a product (in comparison with the industry average indicators of analogs). At the same time, $LFI = \frac{(V+W)}{2M}$ where, V – new raw materials used in a product; W – waste (non-recoverable) connected with a product; M – total amount of a product.	It is supposed that the restored material at the end of use can be processed to the level of the same quality as original material; that there are no essential losses in preparation of collected products for reuse; that the mass of a product does not change from production until the end of use.
The regional circular economy index system, 2011 г. [Jia C., Zhang J., 2011]	The index is used to assess the development of the circular economy in some provinces of China, it is based on material-element analysis and modeled with fuzzy values, the index includes three indicators: reduction (CO2, TCO, sewage, energy consumption / tons, monetary units .); processing (industrial water, TCO /%); reuse (TCR /%).	In the offered model a limited circle of indicators which not completely characterizes address methods with waste and the processes happening in circular economy, prevalence of solid municipal waste management
The Circular Economy	The index is based on 25 key performance indicators (KPI), which are devided into three categories of	The index is applied at the level of the separate

Performance Index, 2015 г. [Ruiter C., 2015]	importance, depending on influence on the environment and efficiency of business. KPI are accompanied by application of circular business models by the companies, by way of poll the importance of circular economy in the company, in interaction with suppliers, development of the closed chains of deliveries is estimated.	companies, by poll that is accompanied by subjectivity in assessment. At the choice of KPI and companies for an interview any criteria for selection are not used.
A Circular Economy Index for the consumer goods sector, 2016 г. [Verbeek L.]	The *Circular Economy Performance Index* is the cornerstone of the index, however KPI are used only for assessment of circular business models in a consumer sector therefore selection of indicators of efficiency directly depends on their value for a consumer sector.	In accordance *The Circular Economy Performance Index*, the companies' surveyhas subjectivite level of the received results.

It should be noted that the provided indexes are characterized by incompleteness in assessment of set of the elements and processes proceeding in circular economy and also some of them have subjective character. Thus, indexes *The regional circular economy index system* and *The Material Circularity Indicator* are assessed the principles of circular economy in the field of the address with solid municipal waste. *The Circular Economy Performance Index* uses *KP*I, when it is time to choose *KPI* and the companies don't используются четкие критерии отбора.

Therefore for decrease in uncertainty and assessment of the current level of development of circular economy in the separate company or branch we will enter *Circular Economy Development Index, CEDI*, which will be corresponds to theoretical model of circular economy of fund of Ellen MacArthur (Fig. 3). For this purpose the index will reflect basic elements the closing chains of deliveries in theoretical model, namely maintenance, reuse, restoration and processing in quantitative indices of volume of production and waste that corresponds with *The regional circular economy index system* и *The Material Circularity Indicator*, but the coverage of methods of the waste handling and the used production more widely than solid municipal waste handling, thanks to it possibilities of assessment to the level of the separate company and branch extend. At the same time each of address methods with waste and the served production exerts different impact on total social, economic and ecological effects at development of circular economy therefore to each method присовоен weight coefficient depending on economy of resources, decrease in emissions of CO2 and profitability. The distinction on categories of importance depending on influence on the environment and efficiency of business was already seen in *The Circular Economy Performance Index* with ranging *KPI*, in *CEDI*

assessment of the importance of methods of management of waste and the served production is carried out for designation of priority in their use. It is explained by the fact that total ecological and economic effects will be various depending on election of this or that way of transformation of a linear chain of deliveries in closed (maintenance and repair, restoration or processing of the served production and waste). Thus, the index of development of circular economy for industries (CEDI) is offered to be calculated by the following formula (1):

$$CEDI = \frac{(L \times i_1 + R \times i_2 + M \times i_3 + C \times i_4) \times 100\%}{W \times S} \quad (1)$$

Where,

L – the amount of products that have been served (tons, monetary units)

R – the amount of usable products (tons, monetary units.);

M – the amount of recovered products (tons, monetary units);

C – the amount of processed products and waste (tons, monetary units);

$i_{1,2,3,4}$ – coefficient of weight of the applied method of management of waste and the served production for industrial branches;

W – the total amount of waste of industrial branches and production which has left operation (tons, monetary units);

S – quantity of the applied methods (maintenance, restoration, processing, reuse) to handling of production and waste in industrial branches.

Weight for the indicators used at creation of the index are defined, proceeding from degree of priority of this or that method of management of waste (tab. 6) corresponding to the principles of circular economy and also with their ecological and economic advantages.

Table 6.

Weight coefficients for methods of management of waste and the served production in case of industrial branches [by the author]

Element of circular economy	Resource saving, %	CO_2 reduction, %	Profitability, %	Total	weight ($i_{1,2,3,4}$)
Production maintenance (i_1)	P_1	P_2	P_3	ΣP_n	$i_1 = \frac{\Sigma P_n}{\bar{i}}$
Products reusing (i_2)	K_1	K_2	K_3	ΣK_n	$i_2 = \frac{\Sigma K_n}{\bar{i}}$
Products recovery (i_3)	T_1	T_2	T_3	ΣT_n	$i_3 = \frac{\Sigma T_n}{\bar{i}}$

Recycling of post-consumer productsand waste (i_4)	H_1	H_2	H_3	ΣH_n	$i_4 = \frac{\Sigma H_n}{\bar{i}}$
			Average value ($\bar{i}$):	$\bar{i} = \frac{\Sigma P_n + \Sigma K_n + \Sigma T_n + \Sigma H_n}{4}$	

The Level of a priority considers the sum of all three components since they have the identical importance and if, for example, instead of economy of resources and decrease in emissions of CO2 their growth is observed, then such circular economy will lose the main meaning - pressure decrease on the environment, and in the absence of profitability, business will not introduce the presented approaches in the activity. CEDI changes from 0% to 100% and the closer the index approaches 100%, the level of development of circular economy is higher. With the help of the offered method and a possibility of a variation of scales it is possible to estimate the level of development of circular economy, both in the separate company, and in separate branch, or in the country or the region.

Let's estimate by means of the CEDI index the level of development of productions with the closed cycle at the areas and we will compare it with the indicators characteristic of developed countries on the example of Germany. As it was already partially noted earlier, in the Russian Federation in 2015 60 million tons were saved up, sent to dumps, grounds of 56,4 million tons, 3,6 million tons [IFC, 2016] are processed. With the specified parameters, in Russia the level of development of circular model of economy of solid municipal waste management, estimated by the index entered, is: $CEDI = \frac{(3{,}6\times1{,}36)\times100\%}{60\times1} = 8\%$. Расчет весовых коэффициентов для применяемого метода обращения с ТКО представлен в табл. 7.

In 2015, in Germany there were 50,064 million tons , sent to grounds of 0,5 million tons, 23,53 million tons are processed, kompostirovano 8,51 million tons, other 35% were burned [by Municipal waste statistics, Eurostat, 2016]. Thus, in this country the level of development of circular model of solid waste management is: $CEDI = \frac{(23{,}53\times1{,}36+8{,}51\times0{,}64)\times100\%}{50{,}064\times2} = 37\%$.

Table 7.

Calculation of the weighting coefficient of the TOC treatment method applied in Russia

[Made by author on the base: Smith V. et al., 2015; APRA, 2015; Hog D., 2015]

Element of the circular economy in the field of TCR management	Resource saving, %	CO_2 reduction, %	Profitability, %	Total	weight ($i_{1,2,3,4}$)
Processing of TCR (i_1)	90%	86%	80%	256%	256/188,5

					= 1,36
Composting and anaerobic digestion (i_2)	36%	30%	55%	121%	121/188,5 = 0,64
			Average value:	188,5 %	

At the same time It should be noted that such gap in the levels of development of circular economy in the Russian Federation and in Germany and also in the EU in general, can be observed not only regarding management, but also by other types of waste and production which was in the use. The insufficient level of development of circular economy in the Russian Federation is caused by existence of a number of barriers from which can be distinguished technological, economic, standard and legal (Fig. 16).

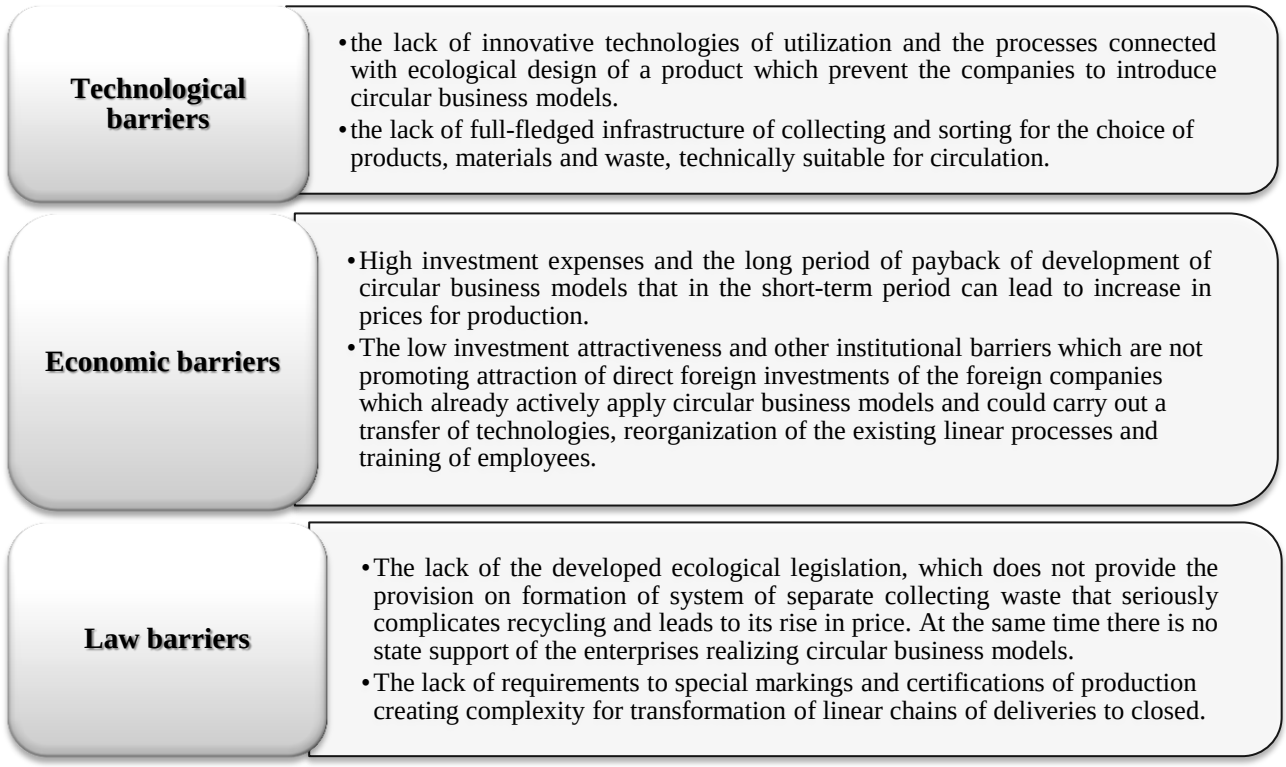


Fig. 16 Barriers of realization of the principles of circular economy in the Russian Federation [It is made by the author]

Technological barriers belong to the processes and technologies necessary for creation of the closed chains of deliveries by means of which technical and biological cycles of materials, production and waste have to be created. In the Russian Federation there are not enough innovative technologies of processing and processes connected with ecological design of a product which prevent the companies to introduce circular business models. In general according to the global innovative index Russia in 2016 takes the 69th place that testifies to the low level of innovative activity in general. In addition, insufficient knowledge of processing of materials

complicates transition to use of new technologies in connection with uncertainty in new quality. The management of the companies has no system thinking that prevents to see all benefit from introduction of circular models in the long term and allows to optimize only the applied linear models. Also in the Russian Federation there is no full-fledged infrastructure of collecting and sorting for the choice of products, materials and waste, technically suitable for circulation, thus it becomes too difficult to close a chain.

Technological barriers belong to the processes and technologies necessary for creation of the closed chains of deliveries by means of which technical and biological cycles of materials, production and waste have to be created. In the Russian Federation there are not enough innovative technologies of processing and processes connected with ecological design of a product which prevent the companies to introduce circular business models. In general according to the global innovative index Russia in 2016 takes the 69th place that testifies to the low level of innovative activity in general. In addition, insufficient knowledge of processing of materials complicates transition to use of new technologies in connection with uncertainty in new quality. The management of the companies has no system thinking that prevents to see all benefit from introduction of circular models in the long term and allows to optimize only the applied linear models. Also in the Russian Federation there is no full-fledged infrastructure of collecting and sorting for the choice of products, materials and waste, technically suitable for circulation, thus it becomes too difficult to close a chain.

Economic barriers and low investment attractiveness significantly interferes with development of circular economy in Russia as does not promote attraction of direct foreign investments of the foreign companies which already actively apply circular business models and could carry out a transfer of technologies, reorganization of the existing linear processes and training of employees. In the rating of investment attractiveness of the Russian Federation takes the 87th place therefore many Russian companies have to carry out independently investments into development of circular economy. From the financial point of view transition to circular economy often leads to high investment expenses and a progressive tense of payback, and in the short-term period it can lead to increase in prices for production.

The barriers demonstrate that the circular economy represents the poor-selling concept that is the reason of her low level of development in Russia. However technological progress and a transfer of technologies, new design methods of products and materials and other measures are capable to stimulate development of the principles of circular production. Legal tools, such as toughening and development of the ecological legislation on the one hand, and the state support in the field of subsidizing of the companies, are one of the most powerful drivers for

transformation of linear economy in circular. Cooperation and integration of the Russian companies into global networks of ecologically responsible business will help to organize the closed chains of deliveries in Russia, to obtain more exact information on suppliers, to lead to decrease in potential economic risks, to divide expenses between all participants of again organized closed chain. Decrease in consumption of resources and according to demand for them will give understanding that the current model of economy will not be able to support more economic growth, to improve welfare in the long term and the company will begin to diversify the activity and to use circular business models.

In the world literature they allocate 5 types of the circular business models applicable with global manufacturers (Tab. 8) today. At the same time business models are understood as the conceptual description of an entrepreneurial activity [Osterwalder A., Pigneur Y., 2012]. Gassman O. allocates 55 templates of business models some of which treat circular business models, for example Platforms of exchange and sharing and also "A product as service", other business models of circular economy are innovative and are investigated in specialized literature [Gerholdt J., 2015; Linder M., Williander M., 2015; Lacy P., Rosenberg D., Drewell Q., 2014]. It is necessary for 100% of introduction of circular economy applications of all 8 models listed in the Table by the companies of the whole world therefore today there are no both 100% of linear economies, and 100% of circular economies.

Table 8

Business models of circular economy [by the author]

Business models	Description and purpose	Companies
Circular supplies	The supplier provides delivery of completely processed or biodegradable resources which are the cornerstone of the circular system of production and consumption.	*Ford, Fairphone, 3D Hubs, Desso, Toyota, Cisco*
Resources recovery	Promotes elimination of losses of resources in view of formation of waste and increases profitability of production from returnable streams	*Coca-cola, Maersk, Michelin, Philips, Walt Disney World Resort*
Sharing platforms	Serves promotion of platforms for interaction between users of a product, individuals or the organizations.	*Patagonia, Bla Bla car, Nearly New Car, BMW, Drivy, Daimler, Lyft*
Product life extension	Provides preservation or improvement of the product which was in the use due to its repair, modernization, reconstruction or restoration	*Bosch, Caterpillar, Volvo, Renault, Apple, BMA Ergonomics, Michelin*
Product as a service	Serves as an alternative of purchase of a product, providing it in use, for example,	*Rolls-Roys, Mud Jeans, De*

	through the lease contract, leasing, etc. that raises incentives for creation of durable production, extension of its life cycle.	*Kledingbibliotheek*

The circular business models presented in the table correspond to theoretical model of circular economy (Fig. 3). So, circular suppliers are necessary for development, production and distribution of the processed materials which prevents burial and burning of waste and production which was in the use. Technologies of restoration of resources help to process production and waste into new raw materials and to use it in a new manufacturing lead time. For exchange the reuse of production, and a business model connected with extension of life cycle of production allow to develop development of platforms represent industrial restoration, a remanufacturing and repair of production which was in the use, their separate knots and details. Use of a business model "the product as service" allows the companies to provide production to the clients in temporary use with a package of services, one of whom is maintenance. At the same time the companies can use them separately or in a combination for reduction of energy consumption, increase in efficiency of use of resources, increments of consumer value and profit.

Already today the best practice and business models of circular economy can be used by the Russian companies (Fig. 17). Let's consider 5 available business models of circular economy and a possibility of their application in the Russian industry.

1. *Circular suppliers.* In the Russian agro-industrial complex, branch of production of food and packings use of the processed or biodegradable resources and waste which are the cornerstone of the circular system of production and consumption therefore the companies have to look for and sign contracts with suppliers of what raw materials and materials, it was possible to them to return production or waste for processing is possible. Return to the producer of the served or outdated equipment and electronics, cartridges for the printing equipment is especially relevant for the Russian consumers, however it demands special contracts with foreign producers.
2. *Processing of resources.* Use of composting and an anaerobic sbrazhivaniye in the Russian agrarian and industrial complex for receiving fertilizers and energy and also processing and production unsuitable for restoration and reuse are necessary for avoiding of a necrosis of resources, expansion of dumps and grounds therefore in the Russian Federation development of infrastructure of collecting and sorting of waste and also creation of capacities is necessary for processing.
3. *Platforms for exchange.* In Russia platforms of exchange can be created for food, clothes and footwear, books it will help to prolong life cycle of production and its use

and will help to reduce quantity of necessary products and materials for production on the one hand, and the number of waste – with another.

4. *Extension of life cycle of a product.* The branch of a remanufacturing can be created in the Russian automotive industry, in production to major appliances, in the aerospace industry and in military industrial complex because production of these sectors is made in the territory of the Russian Federation and respectively there are potential capacities for its restoration on the basis of production of new production. And taking into account internal investment into new technologies and also direct foreign investments and import of technologies, interaction of production sites and scientific centers in the Russian Federation the high-tech industry of a remanufacturing which is applied already today by thousands of the companies worldwide as one of basic elements of circular economy can be created.
5. *Product as service.* This business model in Russia can be used in a segment of leasing of large-capacity and low-tonnage cars, agricultural machinery since instead of purchase of an expensive product it is more favorable to consumer to get a package of services, and the producer has an opportunity to sate the market with the production on the one hand, and to get profit due to selling service, service in usage time of production and at the end of use, thereby the producer bears responsibility for utilization of production at the end of its life cycle, the closed chain of deliveries is so formed.

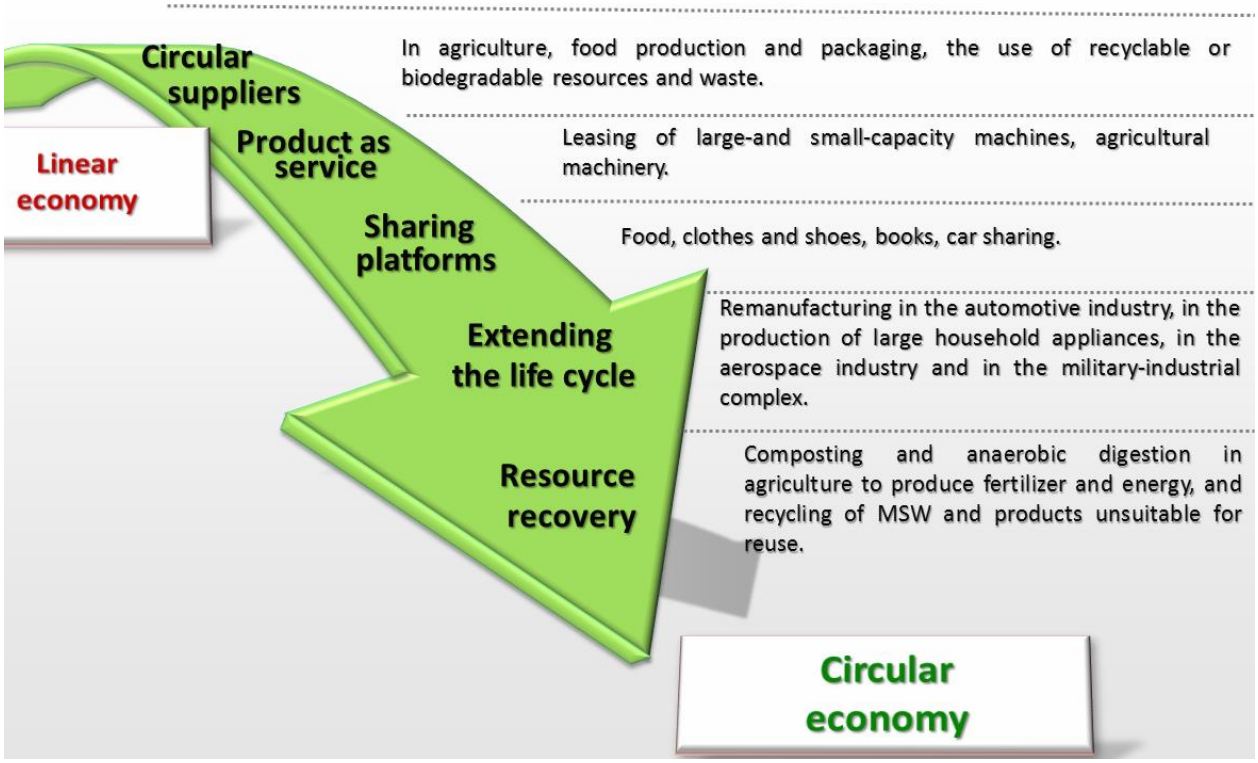


Fig.17. Possibilities of application of circular business models in the Russian Federation [by the author]

It should be noted that transformation of linear model of economy in circular in the Russian Federation has to be carried out step by step with development of short-term, medium-term and long-term measures since today in the country technologies, infrastructure and the institutional environment for fast and high-quality transition to circular economy are not created.

Development of the principles of circular economy connected with transformation of models of production and consumption demands from the companies of investment into development of effective process of production with the closed cycle, including effective returnable logistics, sorting, dismantling and dismantling of a product that it introduces in the company technological and organizational innovations and also creation of incentives for return of production from consumers.

At the same time, development of circular economy depends not only on the technological and organizational innovations entered by the companies but also on initiations of bills in the field of formation of the institutional environment adequate to these innovative processes. Expansion of scales of circular economy at the global level demands a combination of business models, technological achievements and innovations and also joint efforts of interested parties, representatives of business and the states.

Conclusions of the First Chapter

Proceeding from the analysis of literature, it is possible to draw a conclusion that the concept of circular economy was formed within a paradigm of sustainable development, the ideas of green economy and inclusive growth on the one hand and also within the fourth industrial revolution and digital economy – with another.

The concept of circular economy which received special relevance in the last decade became subject to close attention from scientific community, public agents, nongovernmental organizations and business in developed countries. However in Russia theoretical and practical aspects of circular economy, returnable logistics, productions with the closed cycle stay together not studied at the same time are most studied among the Russian researchers – a waste management problem. As well the attention of the Government of the Russian Federation since 2014 is riveted on problems of formation of the modern scheme of the address with waste standards of utilization of production are, so, entered is in the use and also ecological collecting in case of refusal from its utilization that confirms expansion of liability of the producer for the turned-out products and also focuses on short circuit of a chain of deliveries and transformation of linear economy in a circular form. At the same time the updated legislation does not provide distribution of various methods of the address with waste on priority that is a gap in standard and legal regulation of waste management and also does not focus the producer on use of the best available technologies which make the smallest negative impact on the environment at utilization of production which was in the use and waste.

The comparative analysis of the ecological legislation of the EU and the Russian Federation shows softness of administrative punishments and penalties in the territory of Russia and also the low level of ecological collecting that in turn does not stimulate producers on transition to more expensive principles of circular production on the one hand. Also does not protect from violation of the restrictions ordered by the government in the field of responsibility for the made production at the end of its use with – other party. All this testifies to need of toughening of the ecological legislation in Russia for further transformation of linear model of economy in circular. Since development of the last in the Russian Federation can solve not only the collected environmental problems connected with inefficient expenditure of resources and waste management but also to gain positive social and economic effects. As shows the best international practices, formation of circular economy influences decrease in consumption of resources, in some branches at the level up to 98%, emission reduction of CO2 and other harmful

substances in the atmosphere in a number of productions up to 70% and also leads to formation of innovative productions and growth of jobs.

Besides the gaps in the ecological legislation formation of circular economy in Russia is interfered by the economic and technological barriers which are expressed in the lack of innovative technologies of processing and processes connected with ecological design of a product, and activity of the Russian business also low investment in creation of the closed chains of deliveries and low efficiency of the institutional environment. While in formation of the institutional environment for development of circular economy the government and nongovernmental organizations, representatives of business and scientists actively participates in the EU, in Russia there is low even a research activity in the field of development of the principles of circular economy, and the high level of waste disposal demonstrates prevalence of linear models of production and consumption. This conclusion is also confirmed by calculations of the level of development of circular economy by means of the developed index corresponding to theoretical model of fund of Elaine McArthur. So, in Russia the level of development of circular economy in the field of management of solid municipal waste was 8%, and in Germany 37%.

For development of circular economy and application it in practice of the company is introduced by innovative business models from which it is possible to distinguish inclusion in the chain of deliveries of circular suppliers which provide completely processed products and materials and also participate in their processing at the end of life cycle of a product. Thanks to development of circular suppliers there is possible a formation of a business model of restoration of resources where the products which were in the use are considered not as waste, and as potential resources which can be received by means of processing. Also models of consumption will be transformed, for example, the product business model as service in which the product, being used by the consumer, remains in the property of the producer that aims the last at creation of qualitative and durable production is created and expands its responsibility for a product at the end of its use. Actively also platforms of exchange and sharing where the product is used both on direct, and on other appointment that prolongs its life cycle develop.

It should be noted that in Russia there are possibilities of development of circular business models on the basis of the existing productions. So with extraction of energy and fertilizers in the Russian Federation food and municipal wastes have the potential for development of processing, composting, and the remanufacturing can develop in automotive industry, in the sector of major appliances, in the aviation industry and in war industrial complex. However burial cost for the producer is today more attractive, than investments into the best available technologies therefore

the Russian companies use ecologically inexpedient type of waste management. For improvement of a situation the ecological legislation of Russia demands serious changes in the field of stimulation of investment activity, introduction of essential ecological charges for evasion from use of the best practice on waste management, toughenings of responsibility for violation of the legislation and harming the environment. Development of circular economy in the Russian Federation will bring positive ecological effect from reduction of dumps and grounds, economic effect of decrease in energy use and resources and also of a possibility of receiving arrived the companies in new branches and kinds of activity, social effect of creation of additional jobs. Thus, development of the concept of circular economy in the Russian Federation is very important task, both for the state, and for scientific community, the separate enterprises and society in general.

Chapter 2. The management of manufacturing life cycle within forming circular economy

The practician of circular economy helps introduction and development application of the approach connected with assessment of life cycle of a product. According to standards of ecological management of ISO 14000 life cycle of a product (life cycle) is understood as the consecutive and interconnected stages of system of production of products (or services) from acquisition of raw materials or development from natural resources before final utilization. Stages of life cycle include raw materials acquisition, design, production, transportation/delivery, application, processing after loss of the validity and final utilization [ISO 14001:2015]. Assessment of life cycle of a product is the scientific tool for measurement of influence of new and advanced products and business models both on indicators of the company, and on the environment. Results give estimates of life cycle understanding and help the companies to establish priorities and to define activity key performance indicators that also helps to establish basic requirements for a product or service with which any improvements or deviations can be compared.

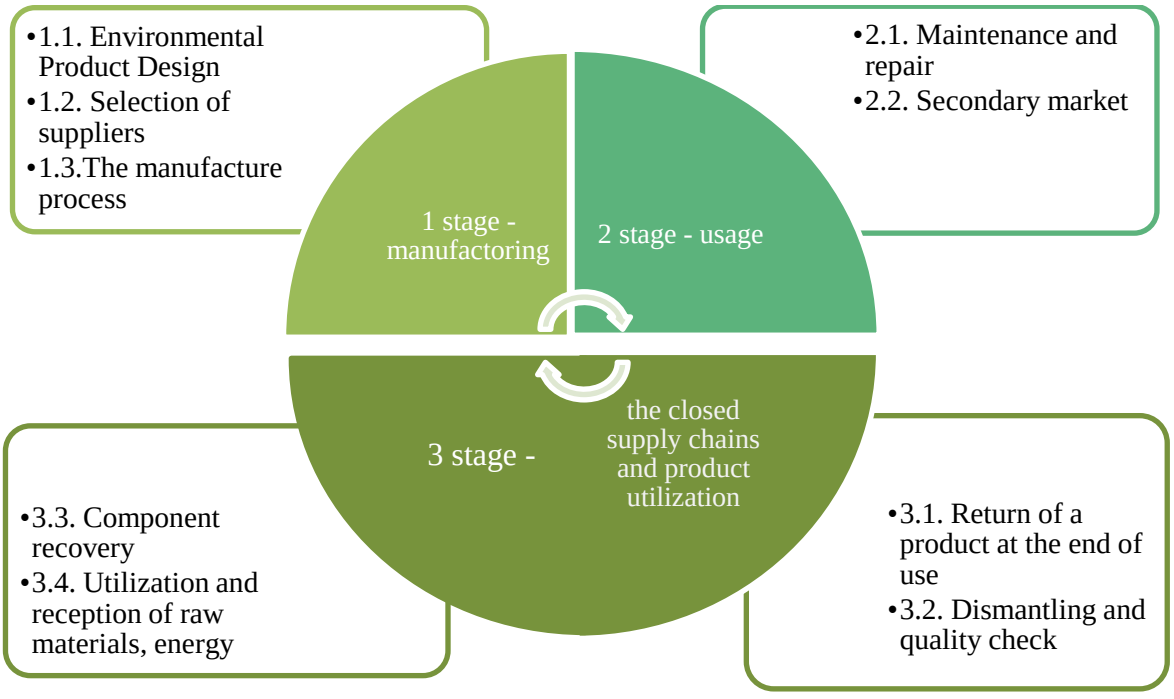


Fig. 18 Simplified close chain lifecycle of a product. [by the author on the base of ISO 14001:2015]

Any product passes three stages of life cycle: production, use, the end of life cycle, but depending on priorities of the company, each stage can make various impact on indicators of the

company, relationship with consumers and suppliers and also on society in general and the environment. In Fig. 18 it is presented, taking into account adoption of the principles of circular economy, life cycle of a product at the end of which the product instead of burial is reused or utilized. In chapter 2 each stage is considered separately on the example of automotive industry. So, in the first point of chapter 2 the first stage – circular production where the principles of ecological design are analysed is studied and the index of assessment of ecological design of a product, criteria of the choice of circular suppliers and a way of their assessment is developed. And also fundamental elements of circular production are developed on the basis of concepts *Lean Manufacturing, Green Manufacturing, Total Quality Management* and *Corporate social responsibility*).

In the second point of chapter 2 the second stage of life cycle of a product – consumption and use of production, namely formation of circular models of consumption is investigated. At an operational stage two standard models are applied: consumption and use of a new product, i.e. primary use to which extension of a length of life maintenance and repair is applied; recycling and consumption of the product which was in the use. At the same time innovative business models within circular economy offer new forms of use of a product: product as service and platforms of sharing. In this section opportunities and threats of each model of consumption of circular economy are investigated.

In the third point the third stage of life cycle, namely short circuit of a chain at the end of use of a product by utilization is investigated. At the end of use of a product there are various models of management of it which are considerably transformed under the influence of the state, toughening of the ecological legislation, expansion of liability of the producer and introduction of circular business models. If burial of production as the most favorable form of government of production which was in the use prevailed before, then various ways of utilization of production and waste from restoration and processing before composting and burning with energy extraction are used today. So, in automotive industry of developed countries technologies of a remanufacturing for restoration of separate elements and parts to a state "as new" are actively used. At the same time at the end of use the product passes such stages as direct return to the producer or other party, responsible for utilization, taking into account the strategy of relationship of the producer with the consumer on return of production, dismantling and quality check, making decision on a way of utilization and process of utilization, these stages are studied in the third point of chapter 2. And also the model of making decisions on the choice of a way of utilization of production at the end of its use taking into account ecological and economic factors is developed.

2.1. Transition from linear to the closed life cycle of a product: systematization of approaches

The first production phase with the closed cycle is the ecological design of production which assumes the solution of social, ethical and environmental problems taking into account economic factors during life cycle of a product [Curtis H, Walker J., 2001] that provides a requirements satisfaction of business, consumers and societies on condition of environment protection. As note Carlson R.I Lutropp S. the ecodesign combines economic priorities of business and the importance of ecological aspects of conducting this business (Fig. 19).

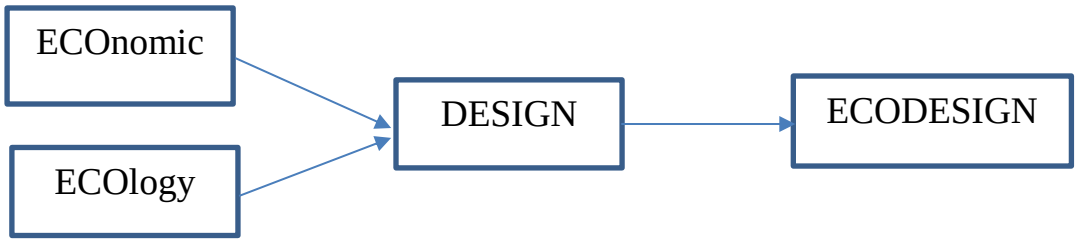


Fig.19 Ecodesign . [Karlsson R., Luttropp C., 2006]

Usage of ecological design in practice leads the producer to transformation of business processes at design of a product at three levels:

1. Optimization of production for the purpose of decrease in impact on the environment;
2. Change of a configuration of goods, the materials and parts used in it;
3. "Radical" intervention, for example, elimination of production of separate goods or services.

Factors which motivate to accept practice of ecodesign are not limited only to ecological benefits. The companies realizing practice of ecological design can cut expenses due to reduction of consumption of raw materials and energy, to get competitive advantages, to improve the corporate image, to increase quality of the production, and sometimes even to reduce legal requirements to which they are exposed [to Vercalsteren A., 2001]. Therefore, despite need of changes of business processes which are demanded by introduction of ecological design the companies seek for realization of the purposes and the principles of ecodesign in practice.

Making the decision on acceptance of practice of ecodesign of the company estimate the internal factors including motivation especially from top management; innovative abilities of the company and possibility of modification of a product; existence of initiatives of ecodesign and the available technologies in other companies of branch, and access to experience of other organizations. Besides internal factors, external factors to which the standard requirements creating an important incentive of development of ecodesign belong exert impact on acceptance

of practice of ecodesign also; presence of what suppliers and possibility of cooperation with them. Besides, the product has to be subject to ecodesign, i.e., it has to have the potential for redesign on the basis of ecological factors.

The ecological design is used for increase in energy efficiency of production and production, minimization of expenses of material, decrease in waste and harmful emissions in the course of production and use of production, for recycling of production at the end of life cycle.

3. Design for the purpose of increase power - and resursoeffektinvost in automotive industry. Today, the average weight of the car is 1-1,4 tons, the most part of this weight is the share of cast iron and steel. The average weight of the car was lost approximately from 1527 kg in 1980 up to 1400 kg in 1991, during this period producers tried to use less steel by production of vehicles. The current weight reduction of the car a main objective has not only increase in efficiency of use of automobile fuel, but also improvement of its road performance at simultaneous decrease in emissions. Researches prove that weight reduction of the car for 10% allows to increase by 5% the number of kilometers on fuel liter [the Report of European Aluminium Association, 2016] what in turn reduces exhausts in the course of use of the car. Therefore reduction of amount of the material used throughout life cycle of a product is an effective method of decrease in its impact on the environment. In case of fuel consumption, this strategy can be applied due to reduction of the physical sizes of the car when it is possible, or weight reduction can be reached due to use of alternative materials, such as aluminum, carbon fibers, the reinforced polymers. So, development effective a design of vehicles concentrates in three main areas: use in a product of light materials (smaller density, than cast iron and steel), such as aluminum and plastic; use in a product of the modified alloys with a high durability, but smaller thickness and weight; optimization and increase in productivity of spare parts without increase in their weight.

4. Design for restoration and processing of vehicles. Reuse of materials – in the Russian legislation is classified as one of types of utilization of production though technically differs from processing. Restoration is more priority way of reuse of production in comparison with processing (see chapter.1. Appendix 3). In case of unfitness of knots and details to restoration, they need to be overworked.

As practice shows, today the car cannot be for 100% recycled. It is connected with its complexity and a material variety. Steel and plastic of which the car body consists cannot be completely remade in products of the same quality as the original. They can be processed into materials of lower class or are mixed with others material for formation of new substances. For

example, steel is an element which can be restored in the quasi-closed chain of deliveries, i.e. more than 90% of the processed steel from automotive industry find application in construction of buildings and bridges while aluminum can circulate and be reused in completely closed system, i.e. only in production of the car.

From the economic point of view restoration and processing are necessary as an additional source of materials in the market and for reduction of waste. So, use secondary material not only reduces consumption of primary raw materials, energy and water and also plays a role in reduction of waste, and harmful emissions in the atmosphere.

Taking into account reuse and processing, products have to be designed so that to facilitate dismantling and recovery processes therefore the ecodesign is aimed on:

• Designing of a product for dismantling at the end of its life cycle with the minimum expenses and efforts.

• Use of materials for reuse, such materials have to be more uniform. So, various plastic and nonplastic materials used in a product have to be minimized.

• Modularity of a design and the standardized design, certification and marking of separate parts and details.

Ecological design of a difficult and technical product for the purpose of formation of circular economy and the closed chains of deliveries components of this production have to be considered not only from the point of view of power - and resource-efficiency, but also at an angle possibilities of restoration and processing. The car elements which are subject to a remanufakutring and processing are presented in the appendix 5. Thus, production can be designed taking into account opportunities of recycling and processing and also requirements of an enregoeffektivnost, however for this purpose the design of a product has to adhere to a number of the principles which are presented in table 9.

Table 9

Principles of ecodesigned product [by the author]

Principle	Description
Resource-efficiency	Decrease in material capacity of a product. Use of nontoxical materials which make less pollution and harmful emissions in the course of production, uses and also at restoration, processing and burning. Use of the secondary and already processed raw materials or materials which demand less energy for production them. Extension of useful service of a product
Energy efficiency	Use of renewables, such as energy of the sun, wind, and hydroelectric power station at all stages of life cycle of a product. Use of the equipment which is energy saving and also functions of

	economy of energy, such as natural lighting, automatic switching off of lighting, etc. Design of products which turn on mechanisms for decrease in consumption of energy, such as more effective engines. Optimization of process of transportation of raw materials and delivery of a finished product.
Multifunctionality of a product	Possibility of parallel use of a product at the same time for several purposes. The consecutive functionality of a product where the product at first serves a main objective, and then is supposed recycling of the product and also its separate parts and components.
Simplicity of assembly and dismantling for restoration and processing	Design of a product for the purpose of its simplification and modularity Possibility of replacement of components in case of malfunction without the need for utilization of all product Simplicity of access to components by production Certification and standardization of components of a product Leaving from use of non-uniform materials which complicate division of components for restoration and processing. Use of materials which allow to reuse components. Glue use, etc. ways of coupling of separate parts taking into account simplification of dismantling of a product in the future.
Priority of use of the best practice of waste management from available	Wastelessness of production, for example, use of metal scraps for production of more fine details, etc. Reuse of production and packing helps to prolong life cycle up to wear-out and obsolescence. Restoration of production and its separate components at the end of life cycle of a product, or at breakage of a product is more priority way in comparison with processing. Processing of production and waste is used in case of impossibility of restoration and reuse. While burning is the least preferable way of waste management, it is the best option, in comparison with burial on grounds and the organization of dumps, at the same time all components should not contain the toxic impurity interfaced to negative emissions in the course of burning.

For assessment of ecological design of a product some companies use specially developed indexes, for example, the car maker Ford developed methodology of assessment of stability of production of the company, namely the PSI index consisting of eight indicators (table 10):

• the impact exerted on global warming for life cycle (generally emissions of CO2);

• the impact exerted on quality of air for life cycle (other emissions in the atmosphere);

• use of ecologically rational materials (processed or renewed);

• quality of air in inside of the vehicle (including certification on TÜV allergens);

• external noise level (noise from the passing car);

• mobility potential (the number of places and capacity of the luggage compartment in relation to the car sizes);

• Safety (for the driver, passengers and pedestrians);

• the total cost of possession for life cycle (full expenses of the owner for the first three years of operation).

As a result of an independent research the *PSI* index of the *Ford* company was called "step taken for full assessment of rationality of production" and recognized as ISO 14040 conforming to the international standard according to life cycle of production. The new Ford *S-MAX* and *Galaxy* models became the first cars when which developing the PSI index was applied. In comparison with the previous *Galaxy* model they have bigger efficiency in each of three areas in which оценивается рациональность: природоохранной, социальной и экономической.

Table 10

Indicators of *Ford's PSI* index [PSI Index, 2006]

	Indicators	Assessment metrics / Method	Inclusion incentives
Environment and Health	The impact exerted on global warming during life cycle	Emissions of greenhouse gases during life cycle in compliance of ISO 14040	The main issue in automotive industry – decrease in intensity of emissions of carbon.
	The impact exerted on quality of air during life cycle	The emissions causeded by a summer smog in techny life cycle according to ISO 14040	Potential of compromises between CO2, etc. emissions.
	Use of ecologically rational materials	Use of the processed and natural materials in all polymers	Resource shortage
	Air quality inside a vehicle	Car hypoallergenic interior	Risk management of toxic substances
	External noise level	Noise measurements in ditsebella	The main social issue
Society	Safetiness	Passengers and pedestrians protection	Direct Impact
	Mobile potential	Number of seats and capacity of the luggage compartment according to the car sizes	Overcrowded city
Economics	The total cost of possession for life cycle	The sum of cost of the car and 3 years of service without residual cost	Customer focus, Competitiveness

Nevertheless, the index used by the Ford company has an essential shortcoming – excessive simplified nature of assessment, which consists in narrow number of the used stability indicators. At the same time, the cost of life cycle is estimated proceeding from the cost of the car and three years of field service, but not the general life cycle of the car. For removal of the

above-stated shortcomings we will enter own index of assessment of ecological design of a product with emphasis on formation of circular economy which consists the indicators exerting impact on ecological, economic and social effects for all society (Table 11).

Table 11

Indicators of the index of assessment of ecological design of a product (car) [Made by the author]

Group	Indicator	Description	Measurement
Economical indicators	Initial cost (P)	Price	Monetary units
	Maintenance costs (P_e)	The cost of maintenance for 5 years, taxes	Monetary units
	Ecological fee in case of refusal of recycling of the product (T)	The environmental fee is calculated by multiplying its rate by the weight of the finished product or by the number of units of the finished goods to be disposed.	Monetary units
	Remanufacturing costs (R_m)	Product recovery costs less revenue from the sale of recovered components	Monetary units
	Recycling costs (R_c)	The cost of processing the product after deduction of revenues from the sale of recycled components	Monetary units
Ecological Indicators	Share of completely recycled components (D_{Rc})	Components of the product that can be recycled in various ways to avoid burial	%
	Share of potentially reparable components (D_{Rm})	Product components that can be recovered and re-used	%
	Fuel consumption level (C_t)	Average fuel consumption for 5 years	Liter
	Damage from exhausts CO2 (C_c)	Environmental damage caused by exhaust in 5 years	Monetary units
Social Indicators	Workplaces for product processing (J_{Rc})	The number of workplaces that are required for the processing of the product and its components	Quantity units
	Workplaces for product recovery (J_{Rm})	The number of workplaces that are required to remanufacture components	Quantity units
	Safeness (S)	Safety level of the driver and passengers	%

For reduction of all indicators to the uniform percentage system of measurement we will compare all indicators which are estimated in monetary and quantitative units to the best indicator of an analog in branch by division of the best indicators into indicators of the studied object.

$$P = \frac{P_b}{P} \times 100\%;\ P_e = \frac{P_{eb}}{P_e} \times 100\%;\ R_m = \frac{R_m}{R} \times 100\%;\ R_c = \frac{R_c}{R} \times 100\%;\ J_{Rc} = \frac{J}{J_{Rc}} \times 100\%;\ J_{Rm} = \frac{J}{J_{Rm}} \times 100\%;\ C_t = \frac{C}{C_t} \times 100\%;\ C_c = \frac{C_{co2}}{C_c} \times 100\%;\ T = \frac{T_b}{T} \times 100\%$$

P_b – the minimum cost of a similar product, Monetary units

P_{eb} – the minimum operating costs for a similar product, Monetary units

R - the maximum number of jobs involved in the disposal of the product, quantity units.

J – the minimum cost of recycling the product, Monetary units

C – the minimum fuel consumption of a similar analogue for 5 years, liter

C_{co2} – Minimal environmental damage caused by the exhaust of an analogue for 5 years, Monetary units

T_b – Minimal environmental fee when refusing to dispose of a similar product, Monetary units

Thus, assessment index of eco designed product (*Product Eco-design Index, PEI*) will look like (2):

$$PEI = \frac{P+P_e+T+R_m+R_c+D_{Rm}+C_t+C_c+J_{Rc}+J_{Rm}+S}{n} \qquad (2)$$

Где, *n* – количество показателей оценки, ед.

So, PEI can change from 0 to 100%, the closer the index approaches 100%, the efficiency of a product is higher during its use and at the end of its life cycle from the economic, ecological and social points of view.

Success of ecological design depends on external cooperation with partners in a chain of deliveries (Lenvis and Gretsakis, 2001), for example, environmentally friendly materials and components are the most important factors of success in production of environmentally friendly products and close cooperation with suppliers allows to raise requirements to ecological indicators of the delivered materials. Therefore, the degree of the involvement of the supplier into realization of ecological design of a product is higher, the it is better ecological indicators of the projected product, it concerns as direct supply of raw materials, materials and components, and realization of opportunities of the organization of a returnable chain of deliveries for restoration and processing at the end of life cycle of a product. Therefore between suppliers and producer company creation of the whole network of deliveries in which material and information

streams exchange in such a way that all participating firms throughout life cycle of a product are involved is important. Therefore, the cooperative strategy of interaction with the supplier environmentally friendly the practician have to be determined by realization as the main objectives of development of circular chains of deliveries since high degree of the involvement of suppliers will allow to introduce more effective environmentally friendly practicians. Thus, it is necessary to build in the supplier the circular chain of deliveries for what it is necessary to develop the system of ecological indicators for assessment and the choice of suppliers.

Process of assessment of suppliers is an important element in formation of the closed chains of deliveries and draws attention, as in scientific literature, and a work practice. The decision on the choice of the supplier is one of the major questions for formation of competitive advantages [Wu T., Shunk D., Blackhurst J., Appalla R., 2007] since helps to develop the effective system of supply of the company with necessary materials and components in a direct stream and also to organize the closed chain thanks to the return stream of the components and materials which were in the use for processing or restoration. Assessment of suppliers helps to reveal not only ecological aspects of their activity, but to reduce risks of deliveries, to reduce time of a lead time and stocks, to thereby increase competitive lead [Gordon S., 2006].

There are researches helping to estimate what suppliers, for example, Buyukozkan S. [Buyukozkan C., 2012] in the research marks out five criteria for evaluation of ecological indicators of suppliers to which ecological technologies and control of pollution, existence of system of ecological management, production of environmentally friendly production, development of ecological cooperation and ecological kompetentnost belong. However, such assessment does not consider various costs connected, with formation of orders at this or that supplier. Dobos I. distinguishes two set of vendor evaluation criteria (management criteria and ecological criteria) Fig. 20.

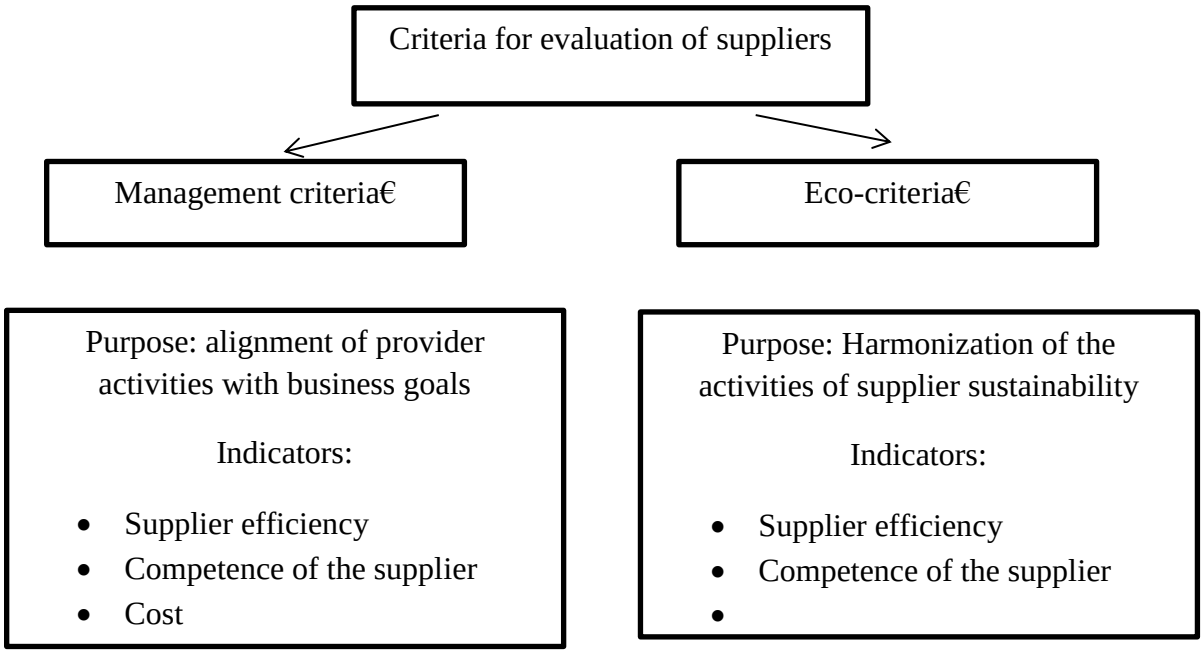


Fig.20. Criteria for evaluation of suppliers [Dobos I., Vorosmarty G.,2018]

Other scientists, for example, Kuo R. [Kuo et al., 2010] for assessment of suppliers along with ecological indicators include also factors of cost and quality of production. Nevertheless, not all criteria correspond to model of circular economy and respectively estimate circular suppliers. Therefore for assessment of the suppliers corresponding to model of circular economy we will enter own methodology of their assessment which will include social, economic and ecological indicators (Fig. 21, tab. 12).

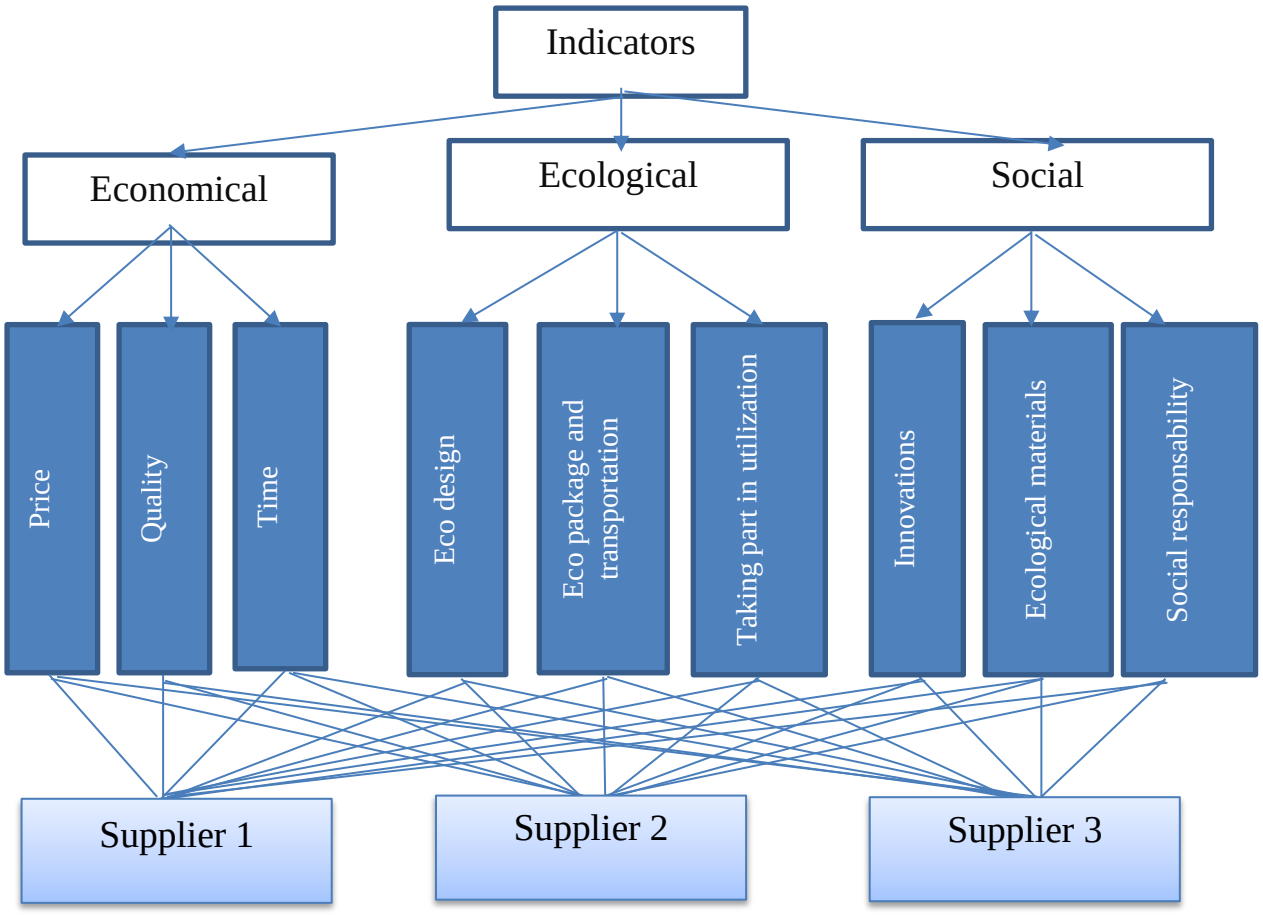


Fig. 21 The hierarchical structure of indicators for the evaluation of circular suppliers [Compiled by the author]

Table 12

Description of selection criteria for circular suppliers

Indicators	Assessments criteria	Description
Economical	Price	The cost of the materials and components which are purchased from the supplier, conditions of calculations, a possibility of a delay of payment, etc.
	Quality	The high consumer properties of goods aimed at durability and reliability of use.

	Time	Speed and reliability of delivery, possibility of unplanned deliveries.
Ecological	Eco design	Possibility of cooperation with suppliers on ecodesign for design of components and materials for reuse, processing and a remanufacturing.
	Eco package	Cooperation with the supplier on green logistics and transportation; Reuse of packing or its utilization
	Taking part in utilization	Certification of materials and components according to ISO 1400 and also for restoration, processing or reuse of ISO 1400; Participation of the supplier in utilization of a product at the end of his life cycle.
Social	Innovations	The innovative materials and components differing in high efficiency, efficiency and simplicity.
	Sfety for life and Health	Lack of unhealthy substances of the person in the delivered materials and components.
	External social responsibility	Participation in programs for environment protection, guarantee and responsibility to clients and consumers on quality of products, etc.

The mark and rating method at which assessment of each supplier is made on a mark scale is the cornerstone of assessment. Ponderability of each criterion is defined by an expert way. The rating of the supplier pays off as the total amount of works of assessment of the supplier by each criterion on ponderability of this factor. Comparing the received values of rating the best circular supplier is defined most.

The following step of the first stage of life cycle of a product is production. Circular production combines the principles of L*ean Manufacturing*, *Green Manufacturing*, *Total Quality Management, Corporate social responsibiliyt*) [Jawahir I., Badurdeen F., Rouch E., 2013].

L*ean Manufacturing* is a tool which thanks to continuous improvement seeks for elimination of waste in the course of production, to profit markup by reduction of expenses, increase in release and reduction of waste and also time of delivery of production to the client [Matthias H., 2007]. So, the concept of economical production based on constant aspiration to elimination of all types of losses (overproduction, expectations, transportations, excess stages of processing and stocks, defective production), assumes involvement in process of optimization of business of each employee and the maximum orientation to the consumer.

The term "green" production can be considered from two parties: production of the "green" products, in particular, used in the systems of renewables and the equipment for all types of environmentally friendly technologies; and production "gardening" – reduction of pollution and waste by minimizing of use of natural resources, to recirculation and reuse of waste. According to broader understanding of the purposes of green and circular economy, it the methodology 6R

is taken as a principle (reduce, recover, redesign, reuse, remanufacture, recycle). According to methodology 6R, reduction of a stream of resources is reached already at the first stage of life cycle of a product by decrease at its design and production of an expense of raw material and energy resources and also the formed production waste (DRMU). Delay of streams of resources in a chain of deliveries is carried out at the end of life cycle of a product (PU) by means of reuse, restoration of a product in general or its components for reduction of consumption of resources for production of production and its separate parts in new manufacturing lead times. "Closing" of resources in a chain of deliveries happens due to processing not subject to reuse and restoration of products and their separate parts in new materials which are treated in a linear stream as waste. As a result within approach 6R the closed chain of deliveries as the integral element of circular economy with the material stream used for a long time is created. It at the same time promotes optimization of use of energy and raw material resources, minimization of waste and emissions of pollutants throughout all life cycle of a product.

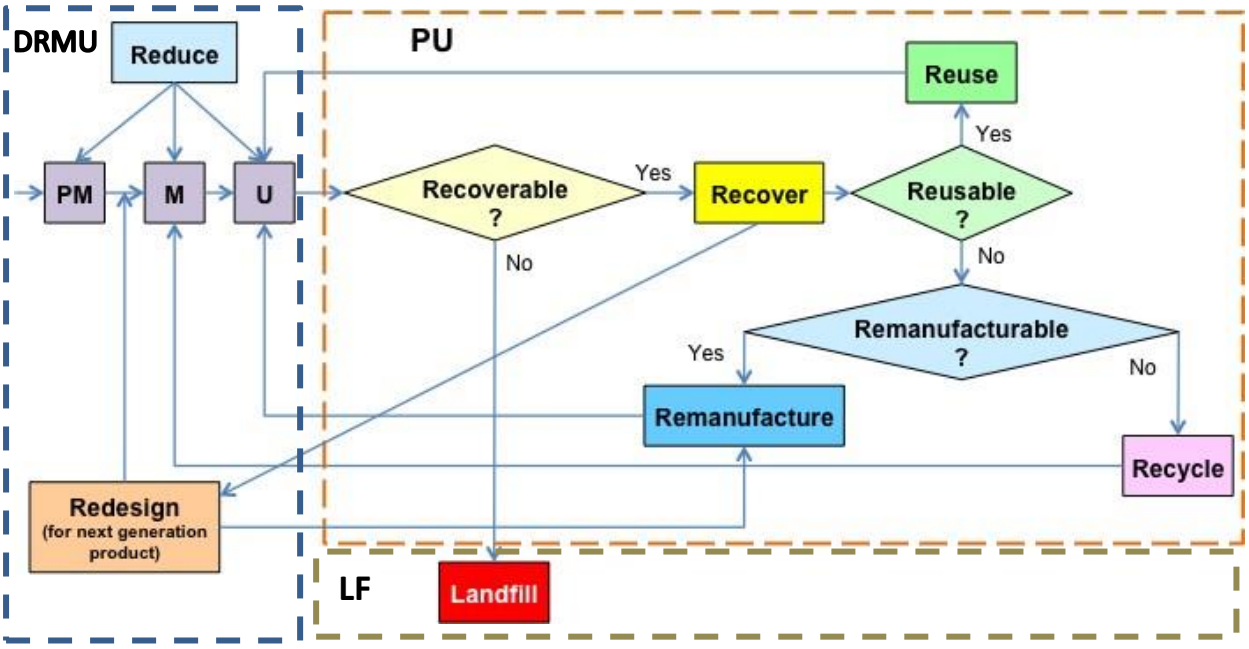


Fig. 22. Sequence of application of 6R throughout the life cycle of the product [Pakhomova NV, Richter KK, Vetrova MA, 2017]

Total Quality Management, TQM – all-organizational method of continuous improvement of quality of all organizational processes.

The main idea of TQM consists that the company has to work not only on quality of production, but also on quality of the organization of work in the company, including work of

personnel. Constant parallel improvement of 3 components allows to reach faster and effective development of business:

• qualities of production

• qualities of the organization of processes

• skill level of personnel

The quality is defined by the following categories:

• extent of implementation of requirements of clients

• values of financial performance of the company

• level of satisfaction of employees of the company with the work

TQM turns on 2 mechanisms:

Quality Assurance (QA) – assurance quality – maintains necessary level of quality and consists in granting by the company the certain guarantees giving to the client confidence in quality of these goods or service.

Quality Improvements (QI) – improvement of quality – assumes that it is necessary not only to maintain level of quality, but also to raise, respectively raising also the level of guarantees.

Two mechanisms: quality control and improvement of quality – allow to improve, develop constantly business that allows to create production with high ecological characteristics and to improve its circular properties.

Corporate social responsibility is a concept according to which the company considers the interests of society, conferring on itself responsibility for influence of their activity on quality of life of separate social groups and society in general. It is the voluntary contribution of business to development of society in social, economic and ecological spheres connected directly with primary activity of the company and which is beyond the minimum determined by the law.

Thus, having united all approaches which are combined by circular economy, it is possible to draw a conclusion that the producer has to adhere to the principles which directly exert impact on employees, contractors and production (Table 13).

Table 13

Fundamental elements of circular production [Made by the author]

Sphere	Fundamental elements	Description
Manufacturing process	Ecodesign	Optimization of production for the purpose of decrease in impact on the environment. Change of a configuration of goods, the materials and parts used in him for recycling.
	Waste-free technologies	Reduction of production wastes, decrease in sewage and municipal solid waste, by improvement of processes, such,

		as, selection of initial raw materials, the choice of the correct mix of fuel, automation and establishment of strategy of management by means of sensors with feedback cycles in real time which control process parameters. Recirculation and transformation of pollutants and waste in products and energy.
	Energy efficient technologies	Decrease in consumption of energy by introduction of new technologies. Providing cleaner and renewables.
	Package	Reduction of packing materials, cooperation with the supplier in packing standardization, use of returnable pallets and reuse of packing
	Warehouse	The management of warehouse economy aimed at resource-saving, reduction of stocks taking into account economical production and delivery precisely in time (Just In Time).
	System of eco management	Management of nature protection activity in the organization. Application of the ISO standards 14000. Certification and marking of production and its elements.
	Ecoaudit	Systematic assessment of activity of the organizations for the purpose of identification of opportunities of reduction of impact on the environment, increase in productivity and cost cutting.
	Transportation	Delivery directly to the consumer, use of alternative fuel vehicles, transportation of products by large parties for reduction of number of transportations.
	Marketing	The actions positioning the company as the environmentalist aimed at harmonious development of business and the person.
Staff	Corporate culture	Aspiration to leadership in environment protection, responsible environmental policy, labor protection and corporate social responsibility and reflection of these principles in symbolics, actions, etc.
	Safety	Protection of health and safety of all participants of production.
	High labor productivity	Reduction of labor excess movements, refusal of excess tasks.
Contractor	Consumers	The choice by the consumer of "green" products, sorting of waste and return to the producer of the products which are subject to recycling
	Suppliers	Acquisition of materials or their parts only at partners who satisfy to standards of environmental protection (ISO14000, OHSAS18000 or RoHS of the directive) and control dangerous substances by production of the delivered production.

Principles realization presented in the table in practice gives the chance of development to production and consumption with the closed cycle, increasing at the same time environmental and economic efficiency.

Thus, transformation of linear life cycle in closed happens from ecological design of a product which differs from design of the product directed to simple reduction of expenses or improvement of quality, first, in inclusion of such ecological factors as power - and a resource efficiency, and secondly, a possibility of dismantling, restoration and processing of a product. The following integral step is the choice of circular suppliers to whom requirements connected not only with the cost and quality of the provided materials and components, but also with suitability are imposed to their full processing and restoration and also participation of the supplier in utilization processes. Production with the closed cycle, being based on the principles of concepts of economical and green production, general quality management and expanded corporate responsibility, exerts impact on employees and relationship with contractors, production phases, management, marketing, logistics, audit. In the short-term period transition to the principles of circular production can lead to growth of expenses and rise in price of production, but in the long term will cause positive economic, social and ecological effects.

2.2 Formation of circular models of consumption

Models of consumption play an important role in transition to circular economy. Without demand from the client of the company won't be able to sell solutions of circular business models. All models of consumption can be divided into two blocks: primary and recycling within which new models are formed and the dominating linear models of consumption (Fig. 23) are modified.

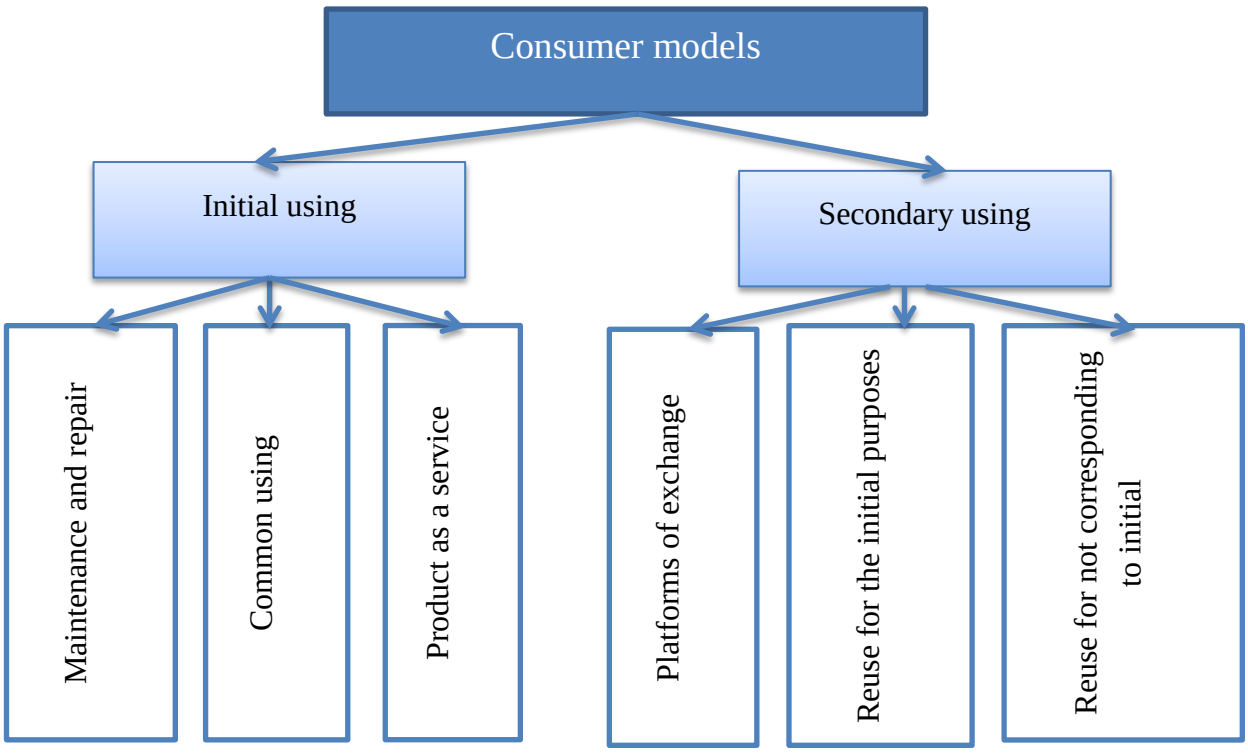


Fig. 23 Models of consumption of circular economy [Are made by the author]

Two standard models of a stage of consumption in circular economy: consumption and use of a new product, i.e. primary use for which extension of service life, maintenance and repair is applied; and recycling of the product which was in the use, are supplemented with new models: product as service, platforms of sharing and exchange. At the same time in circular economy the consumer aspires to the long term of primary use, and unlike the strategy of the planned obsolescence of a product for maintenance of demand, the producer uses the strategy of production for long use, replacing decline in demand for new goods with increase in demand for maintenance and repair.

The strategy of production of a product for long use taking into account maximizing aggregate ecological, economic and social effect for society aims at reduction of frequency of replacement and increase in efficiency in consumption of resources. However on the one hand, long service life of a product leads to decrease in impact on the environment since doesn't

demand production of new goods and use for this purpose of additional resources. But on the other hand, if such resources as energy, water or fuel are necessary for use of a product, it is necessary to optimize his service life taking into account development of new technologies of resource-and energy efficiency in use.

For example, the automatic ball pen at a stage of use is consumed not enough energy therefore extension of service life of a product is ecologically safe as it allows to avoid consumption of additional resources in the course of production on the one hand, and waste generation with another. To the contrary, if the car is calculated on 50 years of useful use, and tendencies of energy efficiency show that consumption of energy for the standard car will be 50% lower in 10 years and also the level of exhausts is reduced by 20%, then extension of service life of such car loses meaning. Therefore it is necessary to estimate and optimize the general impact on the environment throughout all life cycle of a product and also to design a product for opportunities of a remanufacturing and reuse of his separate knots and details that will bring a number of benefits at a stage of use of a product:

• Decrease in the total cost of possession for the client;

• Reduction of the general impact on the environment due to decrease in consumption of resources and emissions;

• Possibility of the offer of additional services, such as service, modernization and additional modules.

The product has to possess the following characteristics: reliability, availability, maintainability, high quality, safety, power - and a resource-efficiency. For the producer extension of service life of a product bears both new opportunities, and threats (Table 14).

Table 14

Opportunities and threats of extension of useful service of a product

Sphere	Threat	Opportunities
Longer service life and sales of new products	Reduction of sales volume of new products	Increase in value of a product for the consumer, an opportunity to offer additional services, service, modernization, sale of additional modules
Definition of service life at a stage of use by the consumer on condition of operability of a product	The consumer can stop use of a product because of fashion or moral obsolescence	The modular design of a product will allow to update necessary elements taking into account innovations and to stimulate the client to longer work with a product
Investments necessary for extension of service	High initial investments for design, development, testings,	Long terms of operation of a product can become

life of a product	production and after-sales service of a product	competitive advantage and attract new clients

At the design aimed at long service life, decrease in sales of new products is compensated for the account of rendering of services of maintenance and repair. Maintenance and repair are the major activity which is carried out at an operational stage of life cycle of a product to prolong his functioning on the necessary performance level. Offers on maintenance can include: repair, diagnostics, technical support, granting a similar product during repair of a product, cleaning, replacement of idle parts. The researches Baumgartnera [Baumgartner, 1999] confirm that during life cycle of a product after-sales service and spare parts can generate the threefold volume of initial cost of a new product therefore in 1992 Armstrayd and Klerk [Armistead, Clarke; 1992] recognized that maintenance is a source of competitive advantages and new opportunities for business. As in a case with extension of service life of a product, maintenance and repair cover in themselves a number of opportunities and threats for the company (table 15).

Table 15

Opportunities and threats of rendering of services of maintenance and repair

Sphere	Threat	Opportunities
Customer satisfaction	Customer expectations regarding maintenance may not be justified due to the inability to repair the product	The high quality of service delivery and alternative strategies to replace non-functional products will increase customer loyalty
Competition	The competition of informal substitute services can reduce the volume of customers	A good reputation will ensure customer loyalty by providing quality services. Modern technologies can give unique characteristics to the product, which can only be serviced by an official service
Quality of repair	The bad repair quality can lead to breakage of a product and lead to decrease in loyalty of clients	Improving the quality of repairs by developing special manufacturer manuals, training personnel, etc.
Repair speed	Slow maintenance performance can lead to decrease in number of requests for repair services	The development of an expedient strategy for providing repair services, problem diagnosis technologies, product design will be able to reduce maintenance time.
Organization of maintenance process	Additional investment to implement and improve the maintenance operation	Providing maintenance services will increase customer loyalty. Ability to outsource services.
Maintenance and repair wastes	Waste streams may be created that will require additional costs for disposal	Waste can be reused and bring additional financial benefits

Besides standard purchase of products new business models, for example, of the platform of sharing which are created for use of the products and assets with different people or the organizations having a low share of possession develop in property and ways of extension of useful service of production in circular economy. Examples of platforms of sharing are available in a large number of branches, including in use of cars (*Lyft, RelayRides, BlaBlaCar*). Development of sharing leads to considerable reduction in production, consumption and formation of waste.

According to Miriam E., Fabiyen D., Manon A. research the economy of joint consumption began to develop actively as a result of profound technological, economic and social changes:

• Technological changes: wide circulation of technologies of the fourth industrial revolution and development of the global Internet transformed the relations of consumers to forms of possession of production, ways of her purchase and use.

• Economic changes: digitalization of economy, commission of transactions it is virtual, wide circulation of electronic commerce on the one hand, and economic crises, decrease in employment rate and also purchasing power – on the other hand, have changed the attitude towards form of ownership production and to ways of her operation.

• Social: consumption as the central project in human lives and expansion of opportunities of satisfaction of requirements with the smallest expenses was led to significant growth in joint consumption.

Today three systems of circulation of resources and products within sharing are defined: markets of service of production, redistribution and joint way of life [Botsman, Rogers, 2010].

1. The systems of service of products belong to the commercial systems of mutual access, and allow consumers to carry out monetization of exchange through base for temporary access to goods. The goods which are in a private property can share or be leased through special trading floors.

2. The markets of redistribution is the system of joint consumption based on use of the goods which were in the use and their transfer from those to whom products are already not necessary any more. On some trading floors goods can be free. In other cases goods are on sale, for example, on eBay, Craigslist, etc.

3. A joint way of life – the system based on consumption and use of products by people with identical requirements which unite together for exchange of material and intangible assets. For example, consumers in common make the decision on purchase of a product taking into account not only its prices, but also operation cost. For example, for the help to buyers in

calculation of the total cost of possession, the Ministry of the environment and food of Denmark has developed a number of practical tools and instructive materials which can be used when purchasing various products that will lead to creation of more resource-effective products and economy of money in the long term.

Researches show that the economy of sharing has potential in the field of positive ecological and economic effects. Therefore the companies have to operate this new model of consumption to adapt the current and future business models for providing new sources of income. The next ways of management of joint consumption by the companies are allocated [Matzler et al., 2015]: sale of products as services, reception of production from the consumer at the end of their use, rendering of services on repair and maintenance, a creation of the new markets for joint consumption.

With platforms of sharing it is closely interconnected and has the potential for development has a product business model as services. In this business model clients use products through rent or payment for use, but not through standard purchase in property. This model is attractive to the companies which have high operational expenses and an opportunity to operate service of a product and also to return residual cost at the end of life cycle of production reusing separate elements and details of a product in production. However for development of such business model in life cycle of a product the closed chains of deliveries and technologies allowing to restore production at the end of her use have to be already built. In products as services suppliers of goods cover the idea themselves as service providers. In certain cases it leads not only to effective hedging from volatility of expenses, but also to closer relationship with clients and growth of sales. So, the client can rent ta he car for 3 years and exchange him on a more энергоэффективню model. Taking into account that the company collects also a remanufacturing of old cars, such business model leads to the creation of the closed chains of deliveries and ala so creates a deeper relationship with clients. In general, this business model allow the company to keep property on a product (and, therefore, also a resource) and to keep a product in a cycle for reuse, repeated production and extension of term of his service.

However sharing and the business model interconnected with it "a product as service" possess both positive, and negative consequences which are presented in table 16.

Table 16

Opportunities and threats of models of sharing and "product as service"

Sphere	Threat	Opportunities
Customer satisfaction	The lack of contractual obligations can lower	Providing to people access to goods which have no opportunity for their

	satisfaction of clients when sharing	purchase or aren't interested in long-term use. Reduction of consumer expenses due to rent and loan
Competition	The competition of informal services substitutes can reduce the volume of clients at the traditional companies that will result in their bankruptcy	Increase in sales of the companies on sharing and products as service, the termination of the existing expenses on business – insurance of employees, taxes that leads to reduction of price of the provided services
Service quality	The lack of standards when sharing can reduce quality of the provided services	Improvement of quality of service through the rating systems provided by the companies participating in sharing economy
Employees in sharing	The company doesn't bear responsibility for social security of contract employees who have no right to create labor unions and can be dismissed without prevention. Reduction of workplaces in a number of branches.	Increase in flexibility of working hours and the salary for independent contractors of economy of sharing. Cost cutting for the companies on labor.
Consumption process organization	The development of joint use does not guarantee the creation of closed supply chains and the transformation of linear consumption patterns into circular	Development of platforms for joint consumption, e-commerce and Internet trading and entrepreneurship

In spite of the fact that not all joint economic products and services are surely connected with the principles of circular economy, the economy of sharing has changed behavior of consumers and, as expected, will have still a greater influence in the future.

Upon transition to circular economy an important role is played by recycling of production at the termination of her operation by one consumer and maintaining consumer properties for corresponding initial or other. Reuse prolongs product service life by means of continuation of use of a second-hand product by other client, thus, the total of products for the initial purpose decreases that leads to reduction of consumption of resources for production of production.

Reuse should be distinguished from recirculation at which the goods are processed into raw materials for creation of new products. As this additional processing demands more expenses of energy, raw materials and work for creation of a similar product reuse is more preferable to the environment, than recirculation though processing really plays a significant role as she can use products which are broken, worn-out or are otherwise unsuitable for reuse. At the same time not in all cases reuse is more priority to processing, for example, vehicles with the long term of operation are less energy efficient and do bigger harm to the environment because

of exhausts, than modern analogs. Therefore the analysis of life cycle of a product at a design stage for the choice of reuse or operations of processing is of particular importance.

Reusable products ts can be full products or their separate components which are dismantled, and then are on sale. Car dealers, for example, offer the cars which have arrived to them on specialized websites, such as eBay. Platforms of exchange on social networks will quickly transform business models and create opportunities for joint consumption, for example, search of fellow travelers for trips in one direction, etc.

Thanks to the development of technologies of the fourth industrial revolution and digital economy active developments are gained by platforms of exchange which facilitate transaction and redistribution of materials and the equipment, undesirable, but suitable for use, from one subject to another. So, there are centers of reuse which take in property on a paid and gratuitous basis the products which were in the use for further redistribution or sale. Usually, such centers have the warehouses, cargo transport, and the delivery service. An alternative to the centers of exchange are platforms of virtual exchange. Virtual exchanges have no physical space, warehouses, freight vehicles and so forth, but instead, allow users to publish announcements of the products which were in the use (free of charge or at a low price) on specialized websites. Employees of virtual platforms of exchange assist in redistribution of production from one user to another, never getting these products in a property.

In addition to resale additional services are offered: testing and certification, repeated guarantee, cleaning and repair. Reuse brings a number of benefits:

- Reduction of use of additional materials for new products;
- Profit markup due to cutting of costs for materials and energy;
- Decrease in negative impact on the environment due to reduction of waste;
- Reduction of dependence on new components.

Resale of a product can be rather simple for direct reuse. As the product physically is at the owner and the last wants to receive from him money, he stimulates transfer of a product to the following owner, whether it be other client, distributor or the third supplier. Types of relationship at resale:

- Client - client;
- Client - distributor/producer;
- The client - the third party.

Table 17

Opportunities and threats of the secondary market

Sphere	Threat	Opportunities
Competitive Pricing	The price has to be are rather low for stimulation of sales that can reduce profit	Low prices lead to growth of sales and growth of service and repair in the future and also to sale of new products
Sales	Low demand can lead to the large supplies and expenses connected with their storage	Advertisement, reputation and competitive prices increase demand
Returns	The small number of return can cause deficiency in products for resale and rendering services	Creation of strategy for stimulation of return will be provided by returnable streams of production
Price transparency	The lack of transparency of the prices can arouse mistrust of clients	Preservation of price transparency through special tools, such as standardization and price calculators.
Competition	Potentially high competition in the secondary market between clients, distributors, etc.	Development of strategy of sales including through Internet platforms

Thus, transformation of linear economy in a circular form, making impacts on all aspects of economic activity, will transform traditional models of consumption and creates new. Models of consumption of circular economy bring benefit, to both citizens, and public sector and the private companies, providing resource-effective decisions. Nevertheless, their development is accompanied by threats from which bankruptcy of the companies and reduction of jobs in a number of sectors of economy are distinguished, strengthening of the competition and uncertainty as the provided goods and services, however when forming the appropriate institutional environment negative consequences can be minimized, and are blocked by positive ecological and social and economic effects.

2.3. Model of making decisions on a way of utilization of production at the end of her use taking into account ecological and economic factors

When forming of the closed life cycle at the end of use the product passes such stages as direct return to the producer or other party, responsible for utilization, dismantling and quality check, making decision on a way of utilization and process of utilization (Fig. 24). We will consider in more detail each stage.

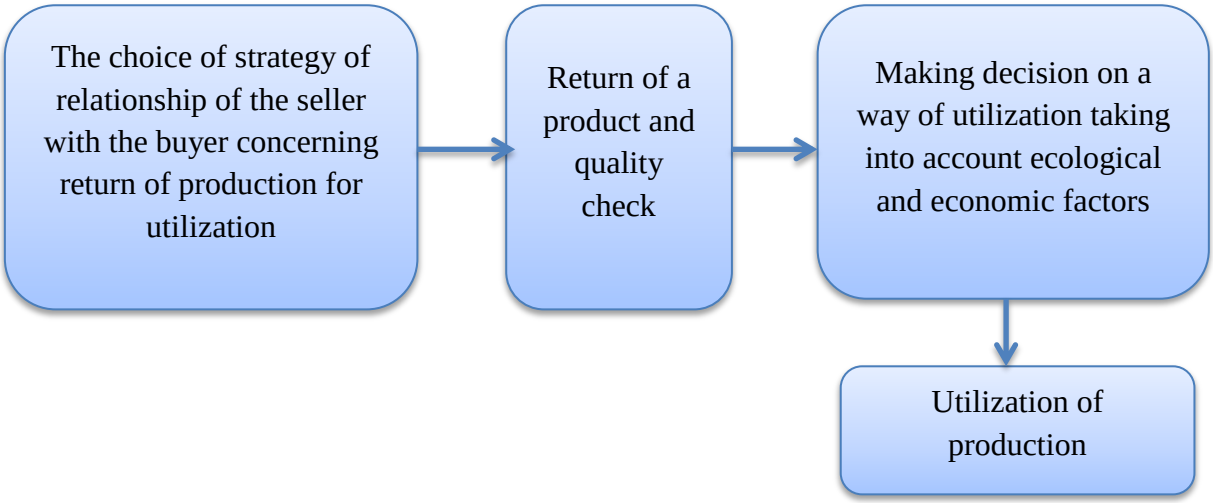


Fig. 24. Stages of the end of use of a product and making decision on a way of utilization [Made by the author]

For formation of the closed chains of deliveries it is necessary to build relationship with clients for the purpose of effective return of her restoration and processing products which were in the use [Guide D., Wassenhove L., 2001]. Today there are many various types of relationship of clients and the companies reducers of kernels, the last are understood as the company which is engaged in production remanufacturing, and a kernel it is accepted to call the part of a product which has arrived on restoration. At the same time directly producer of production can act as the company reducer and carry out process of restoration by means of own resources; also the subcontract company for the purpose of gaining access to additional production capacities or for gaining access to certain technologies and competences can be attracted; or the independent company reducer which isn't connected with the producer can carry out restoration, and acts as his direct competitor. Some types of the relations mean strong communication between the client and reducer of a kernel, others – weaker (Fig. 25). For the choice of this or that strategy of relationship with the purpose of formation of circular economy in branches of the Russian industry, in particular in automotive industry, we will analyse and we will choose the most

suitable type of relationship, taking into account advantages and shortcomings and a possibility of a combination of different strategy of relationship.

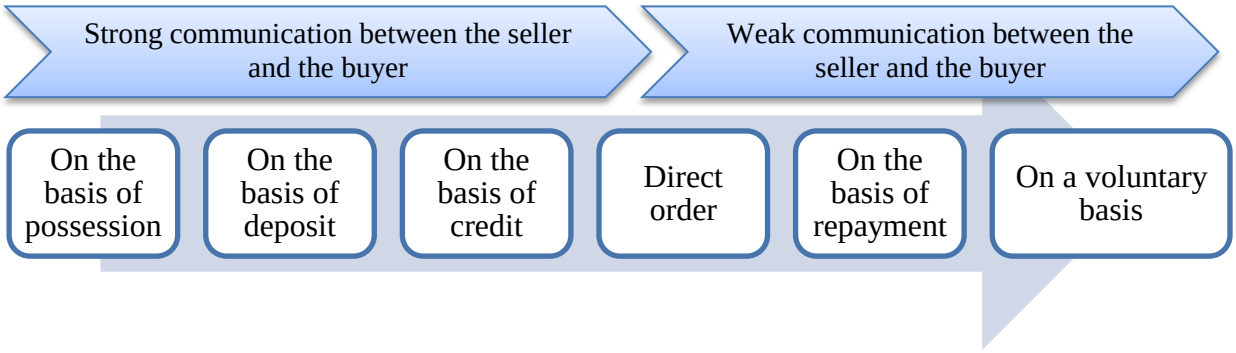


Fig. 25 Strategy of relationship of the seller and the buyer concerning return of production at the end of her use [Made by the author]

The strategy of the relations "*on the basis of possession*" is characterized by preservation of property for the manufacturing seller who provides to the client a product in temporary use and supports his functioning, after the end of use the product comes back to the manufacturing seller who performs operations on restoration of a product. Such relations are fixed on the basis of contracts of leasing, rent, etc., and form the circular business models which are called "a product as service". As a rule, such type of relationship between the client and the seller is characterized to high levels of interaction in connection with the large volume of after-sales service therefore questions of trust, cooperation and long-term obligations come to the forefront.

Such type of the relations brings to clients a number of advantages to which responsibility of the seller for maintenance and repair of goods belongs during use phase, lack of need for purchase of expensive production, flexibility at change of need for certain functions and characteristics of a product. Because physically the product is at the customer during the certain period and what longer this period will last, that big profit will be got by the seller therefore in case of change of requirements at the client for certain functions the product can be modernized and reconstructed taking into account that modification of production allows her change, addition, etc.

The close relations between the client and the seller facilitate control of a condition of a product during his operation and also help to coordinate effectively return of production, to receive information necessary for future service, repair and restoration. Besides these advantages, the seller can effectively control production stocks that is reflected in economy of costs of storage, obsolescence of goods and cost of the current assets connected in stocks on the one hand and satisfaction of demand of clients - with another. Optimization of the size of a stock

is very difficult task since it is necessary to consider a large number of variables, and close interrelation between clients and the seller reduce uncertainty and risks, for example, of a non-return of production or a delay of return and also reduces uncertainty of demand for production. The optimum size of stocks exerts considerable impact on restoration potential and also provides hedging of unexpected peaks of demand.

Having established the close relations with the client, the manufacturing seller obtains information and detailed data throughout all life cycle of goods on his state, besides improvement of planning of stocks and sales, the strategy of the relations "*on the basis of possession*" allows to watch needs of the clients and to react in due time to their requirements, to effectively return and restore production. At the same time operations of restoration and processing of production become an integral part of business that in turn gives a basis for development of circular economy. Today the type of the relations "*on the basis of possession*" is most of all developed in a segment of the expensive equipment, cargo transport, loaders, etc., it is connected with benefit of receiving necessary functions of a product on a certain period. At the same time high potential the innovative fast-changing segments have, for example, the market of mobile phones which aspiration to continuous updating from buyers and a possibility of dismantling and reuse of elements by producers with another create an opportunity for development of a circular business model "*a product as service*".

The strategy of the relations "*The direct order*" assumes a return of a product for restoration and receiving the same efficient goods by the client back provided that production is subject to restoration. As a rule, the client has a problem in definition technical a possibility of restoration of a product and also uncertainty of the price of restoration which depends on quality of the returned kernel, amounts of new material and work for restoration that is difficult definable prior to operations on restoration, use of the fixed prices of restoration are accompanied by risks for the producer. In this type of the relations, as a rule, the producer doesn't need to have stocks of kernels since they are provided directly by clients that reduce costs for service of stocks, this system reduces also stocks of finished goods since the concrete product is restored for the specific client.

However, this type of the relations covers in itself a number of shortcomings, for example, if restoration of a kernel is the only alternative in the absence of spare parts, then in this case the product won't be suitable for work during restoration without his replacement that is undesirable especially if the costs connected with idle time above potential income from restoration. Such type of the relations can be used only for clients on whose requirements time of restoration of a

product has no significant effect, otherwise, it is necessary to choose another strategy of relationship.

The strategy of the relations on the basis of "Deposit" is characteristic of the automotive industry and means a purchase of the restored product with a return of the analog which was in the use. Receiving by the client the restored product and at the same time return of the kernel which was in the use and subject to restoration is strategically important. The company reducer carries out delivery to the retail seller who pays the price of the restored product and pledges for him. At the sale of production to the client the retail seller takes away the kernel which was in the use and sends the companies reducers then the last returns pledge. An important element of such strategy of the relations is a provision of a guarantee on restored production and its replacement in case of breakage for maintenance of loyalty of potentially unsatisfied clients.

The amount of pledge shouldn't be too low since the kernel can be resold to the one who will offer the price above pledge, or is thrown simply out. If pledge high, from subjects of bigger probability the kernel, is returned to the reducer, however, the retail seller will connect big working capital in this pledge that can be for him too not favorable and the transaction won't take place, therefore, determination of a level of pledge plays an important role.

Approach on the basis of "Deposit" creates a safe situation for the client and the company reducer since the client receives a production at low cost, returning the product which was in the use, invaluable for him, while reducer receives a stock of kernels. However, such system glitches when retail dealers don't demand return of kernels, or because of considerably damage the kernel can't be restored, as a result, the company reducer has to use another strategy of collecting production which was in the use and subject to restoration since due to the lack of kernels there is a need for production of new production and details.

The strategy of the relations on the basis of "Credit" is similar to the relations on the basis of "Deposit", however has more difficult character. Instead of a deposit, clients obtain the credits for return of kernels, quantity of the obtained credits depends not on quantity of the returned kernels, and on their quality. The credit in turn allows a discount for acquisition of the restored product. The credit system allows clients to return any quantity of kernels, unlike deposit system, besides in deposit system the attention to quality of a kernel isn't paid.

The credits are issued depending on two factors: quality of a kernel; demand of a kernel. Better and demanded kernels give higher credit; on the contrary the low credit is issued for kernels, requirement for which low. Thus, the company reducer can control to some extent balance between supply and demand of kernels and the restored production. The credit system

can be also used for assessment of quality of kernels depending on the sum of the issued loans granted for return of kernels.

This type of the relations provides to the customer high degree of flexibility on a return of kernels, but control and predictability become complicated in comparison with a system on the basis of deposits. At the same time clients, I can return a large number of unclaimed kernels with poor quality for obtaining a large number of the credits and purchase of a product high-quality expensively that leads to reducer losses. Therefore more responsible behavior of the client requires the development of the long-term relations and cooperation between the client and the company reducer and also the development of the system of granting the credits for concrete expensive kernels.

The strategy of the relation on the basis of "*Repayment*" in many cases is the last decision if there are no other alternatives, and here the company reducer buys kernels from brokers/dealers who it specializes in the sale of kernels, scrap metal or production which was in the use. Such brokers/dealers specialize in the sale of kernels which they get via the channels, and support of the relations with suppliers is a strategically important question. Some suppliers of scrap metal have the difficult databases and the systems of online orders and also own systems for a dismantling of production. As a rule, the strategy of the relations on the basis of "Repayment" is used as an addition to another strategy. For example, car makers can redeem the cars damaged somehow by insurance companies, car owners, retail sellers for dismantling, restoration and reuse of details. Such relations are favorable to manufacturing reducer since it can impose the requirements to kernels and also for the client who receives money for invaluable for him or a product, not suitable for use.

The system of the relations on "*a voluntary basis*" when the supplier, the retail dealer or the client returns goods to manufacturing reducer at the end of life cycle. Such system is widespread in the processing of various materials, for example, newspapers and also is used in the closed chains of deliveries with emphasis on restoration. Such system of the relations is based on the idea that the client voluntarily returns production at the end of life cycle. However, the relations can be under construction also on an initially compulsory basis, for example, because of development of the ecological legislation which obliges the producer to bear responsibly for a product at the end of his life cycle. Ecological advantages, but not financial incentives, act as an incentive for development of such relations and if it is possible, then integration with the client has to be very high, first, in order that valuable kernels didn't get to rival reducers, secondly, for a large supply of kernels which, however, demand survey and processing in case of obsolescence or unfitness to restoration.

The considered strategy of the relations aren't used in pure form, and supplement each other, but about the prevalence of this or that type of the relations (Table 18) depending on the applied business model and branch. In Russia, their distribution has to be promoted by an implementation of the Federal law No. 458-FZ "About introduction of amendments to the Federal law "About Industrial and Consumption Waste" …" according to which the liability of the producer for products at the end of their life cycle thanks to the introduction of standards of utilization is expanded.

Table 18

The ratio of strategy of the relations on return of a product and circular business models [Made by the author]

<table>
<tr><th>Strategy of the relations</th><th>Circular business model</th><th>Field</th></tr>
<tr><td>"On the basis of possession" it is characterized by preservation of property behind producer which provides to the client a product in temporary use, after a product comes back to producer which performs operations on restoration of a product.</td><td>"Product as a service" is an alternative to buying a product, providing it for use, for example, through a contract, which increases the incentives to create durable products.</td><td>Leasing of agricultural machinery, freight vehicles</td></tr>
<tr><td>"The direct order" assumes return of a product for restoration and receiving the same efficient goods by the client provided that production is subject to restoration.</td><td rowspan="3">"Extension of life cycle of production" provides preservation of the product which was in the use due to his repair, restoration, etc. "Restoration of resources" promotes elimination of losses of resources in view of formation of waste and increases profitability of production from returnable streams.</td><td>Military industrial complex, aerospace industry</td></tr>
<tr><td>"On the basis of a deposit" means purchase of the restored product with simultaneous return of the analog which was in the use.</td><td>Household appliances and electronics</td></tr>
<tr><td>"On the basis of the credit", clients obtain the credits for return of kernels which allow a discount for acquisition of the restored product.</td><td>Automobile industry</td></tr>
<tr><td>The system of the relations on "a voluntary basis" when the supplier, the retail dealer or the client returns at the end of life cycle goods to the producer on own initiative.</td><td>"Circular suppliers" provide delivery of completely processed resources and participate in their processing.</td><td>Solid municipal waste, agrarian and industrial complex</td></tr>
</table>

For all types of the relations cooperation, trust and long-term obligations for a decrease in risks and expenses are important. Formation of the strategy of the relations with suppliers and clients promotes success in business since improves understanding of needs of clients and creates a safe situation for the company reducer which receives a stock of kernels, and for the client who receives the functioning restored production "as new", but at the price below new.

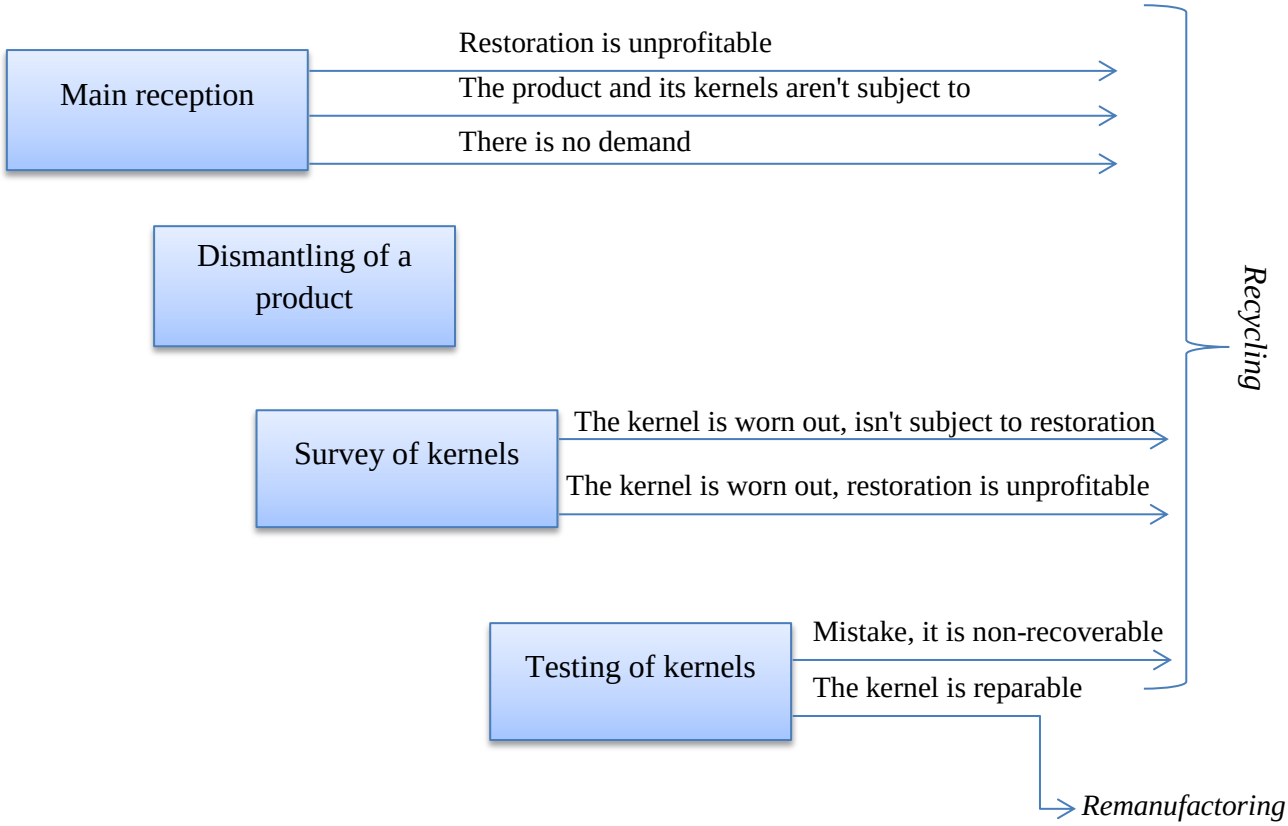
After the product has arrived, the companies reducers it undergoes primary procedure of check which purpose to provide confidence in a possibility of restoration of a kernel and in ability of a product to perform the functions throughout the new period of operation. Without procedure of check, it would be difficult to provide quality of products "as new" that is required for the restored products. And in turn it could undermine confidence of consumers as the restored products. Therefore check is necessary for withdrawal of the kernels which aren't subject to restoration and reuse and also processing. So, at a return of production for the purpose of her use the product passes the following stages of check-in new production:

• Main Reception. The purpose of check of production at the main reception is removal of kernels which aren't subject to recycling and processing from the technical point of view, or secondary uses of these kernels is economically unprofitable. For example, if the product and its components have excessive damages, such product needs to be removed from process of restoration at once and to overwork whenever possible for receiving new materials. The same way it is necessary to arrive with a kernel on which there is no demand, or costs of his restoration will exceed the cost of a new product. In some cases it is possible to transfer function of primary survey to the supplier of a kernel depending on the strategy of relationship.

• Survey of parts and components of a product happens after the kernel is sorted for the purpose of identification and removal of the parts of a product which aren't subject to recycling since they could be already reused and at the following new use can glitch. As a rule, this procedure happens to the help of visual survey of wear, in automotive industry measurements by means of special lasers for check of operability of components are taken. The kernels which haven't had examination need to be sent for processing.

• Testing of a product or its separate elements is carried out for the purpose of a guarantee of the working condition of a component, assessment of a possibility of restoration and repeated operation on former or higher performance level, so the kernel has to conform to the branch or international quality standards.

After testing and check of parts of a product, they go to cleaning, repair, and restoration, later there is an installation of a new product to use the new and restored parts. After assembly the product goes to the final stage of control – total testing. It is a final stage at which reliability of the final product is estimated. The process of check and standards applied during functional testing are various for each product. If during testing there is a failure, then the product goes to dismantling and identification of the reasons of defect (Fig. 26).



The Fig. 26 Process of Reception and Testing of a Kernel [It is made by the author]

Before making a decision on restoration of a product of the company it is necessary to develop a strategy of his restoration which whether purpose consists in definition restoration of a kernel economic and ecologically effective process is. The strategy is necessary for the producer of production in connection with toughening in the field of waste management and an introduction of rates of ecological collecting and norms of utilization which will increase further. In automotive industry there are several types of management of returnable streams of production:

1. Restoration of components after the full dismantling of a product to a state "as new" (remanufacturing).

2. Processing of components after the full dismantling of a product in new materials.

3. Processing of components with partial dismantling and the subsequent technology of crushing.

4. Dismantling of a product, extraction of dangerous liquids and materials, use of technologies of pressing and sending to the ground.

The considered types of management of returnable streams can be combined, with emphasis on one priority type, or by the company only one strategy of management of a product at the end of his life cycle, for example, sending to the ground can be chosen. From the point of view of formation of the modern scheme of the address with waste and circular economy the

most priority is the remanufacturing if restoration is impossible, then the product needs to be processed into new materials, the ground – drops out of the circular scheme of the address with products at the end of their life cycle.

A number of the Russian and foreign authors applied economic-mathematical methods and models to the address with a waste of vehicles at the end of their life cycle (Table 19)

Table 19

Economic-mathematical modeling of control of vehicles at the end of life cycle [Is made by the author]

Author	Model	Description
Trofimenko U. V, Akhmetov L. A., Trofimenko K. U.	Balance models; Dynamic system analysis.	Formation of rational organizational and technological structure of system of an autorecycling and the concept of strategic management of streams of motor transportation waste in the territory of the region (Moscow region)
Karimi, Mahmoudzadeh, Mansour	Integer linear programming	Design of a returnable chain of deliveries for utilization of the vehicles which were in the use (placement of objects of network)
Bribian, Ferreira, Uson, Vasquez	Scenario modeling	Quantitative assessment of environmental efficiency of a control system of worn-out tires, from the point of view of emissions of carbon dioxide (optimization of an arrangement of the plants on processing of worn-out tires)
Simić, Dimitrijević	Linear programming	Assessment of profitability of the enterprises for utilization of the vehicles which were in the use in the EU; assessment of approachibility of standard coefficients of utilization and a recycling in the EU, etc.
Chunxin, Xianzhong	Mathematical apparatus of game theory	The choice of optimum strategy of interaction of municipal authorities in the course of utilization of the vehicles which were in the use

However, the considered models don't consider costs of driving at the end of his life cycle and a rate of ecological collecting in case of refusal from his utilization. Under this corner by means of linear programming in article "Strategic response to EEE returns: Product eco-design or new recovery processes?" Zaydvizhk R. and Shout of X. [Zuidwijk R., Krikke H., 2007] study strategic decisions of the companies depending on the influence of the directive on the utilization of electronic waste, making decisions on ecological design and process of restoration. They prove that the key role in making a decision on restoration or different ways of utilization of a product is played by the prime cost of a finished product, therefore, development of a model of support of making a decision on restoration, processing or burial of electronic production and waste is necessary. However on a row with inclusion of standard costs of design and production of production and also costs of management of a product at the end of his life cycle, scientists

don't consider damage from negative impact on the environment which arises in case of the choice of a low-priority way of handling of production and waste (burial on the ground). Such damage can join in model as economic losses of society from burial of a product and be expressed percentage of GDP, but assessment of this indicator is very complicated, besides it will financially not stimulate the producer to be engaged in restoration and processing of production therefore it is more logical to include in model an indicator directly influencing the cost of production and reflecting impact on the environment, such indicator is the rate of ecological collecting paid by the producer in case of refusal from utilization of production.

It should be noted that utilization is understood as all types of handling of production and waste except for burial, therefore, manufacturing reducer needs to make independently the decision concerning a method of management of production at the end of her life cycle. For what the producer can be guided by a number of rules, therefore, we will enter the model of making decisions on a way of utilization in automotive industry.)

Restrictions:

1. The model doesn't consider the initial investments necessary for formation of infrastructure and capacities of collecting, sorting, dismantling, processing and restoration of production.

2. The model doesn't consider the strategy of return of production and expense connected with this or that strategy.

3. The material weight received as a result of processing of a product or components doesn't change and doesn't differ from the weight of a product or components.

4. All products which have come back to the producer at the end of life cycle are subject to one of types of utilization or burial, a returnable stream from the producer to client/software supplier the reason of lack of a possibility of utilization doesn't exist.

5. Standards of utilization and a rate of ecological collecting are established proceeding from the legislation of the Russian Federation (No. 458-FL "About the introduction of amendments to the Federal law "About Industrial and Consumption Waste" …") and can change.

6. Directly producer in the presence of capacities can be engaged in burial of production, or transfer this functions to the third-party organization that is reflected the corresponding costs of burial of a product. The producer carries out processing of production independently in the presence of the corresponding capacities, or for a payment tells to processing products to the supplier/producer of materials/resources, or the third organization what is reflected in the corresponding costs of transportation, loading and unloading works and the procedure of processing. The producer is engaged in dismantling and restoration of a product and its

components independently if the product or its components aren't subject to restoration, then they are processed into new materials.

7. The model doesn't consider restriction on capacities of the producer which are necessary for utilization of production, it is supposed that all returnable streams can be utilized or buried.

Rule of the decision-making 1. If the producer makes the choice between utilization and burial of a product, then he has to estimate the expenses connected with dismantling and restoration/processing and also the value added of the restored products / the processed materials and to compare the sum of the corresponding parameters with a rate of ecological collecting. If the rate of ecological collecting is lower than costs of utilization, then the producer will seek for the burial of production that is a signal for the state on increase in a rate.

$$C_{l,n} \times h_n \times \left(s_n - \frac{s_n}{T_n}\right) + V_n \times h_n \times \frac{s_n}{T_n} > s_n \times (P_n - C_m) \quad (3)$$

Where,

$C_{l,n}$ – the cost of burial of a product n (without dismantling)

s_n – amount of returned products n (pcs.)

h_n – product weight n (kg.)

T_n – the standard established by the legislation on a mandatory fee and utilization of a product n (kg.)

V_n – ecological fee which the producer is obliged to pay at refusal of utilization and the choice of burial of a product n (Monetary units)

P_n – the price of the restored product n

C_{rn} – costs of a remanufacturing (restoration) of a product n

Costs of n product remanufacturing (C_{rn}) consist of the sum of costs of primary reception and survey of a product, costs of transportation, costs of loading and unloading works, costs of full dismantling of a product, costs of restoration of a product and costs of testing of a product.

At the same time instead of the procedure of a remanufacturing processing, in that case instead of the price of the restored product can be used P_n, it is necessary to include the price of the processed materials in a formula P_{nm}, and instead of costs of a remanufacturing, costs of processing $C_{dn.}$

In turn costs of processing C_{dn} loading and unloading works, costs of partial dismantling of a product and costs of processing include costs of primary reception and survey of a product, costs of transportation, expenses.

Rule of the decision-making 2. To make a choice between a remanufacturing and processing, it is necessary to check whether the value added of the restored product or

component above costs of a remanufacturing is. Taking into account that for a remanufacturing and processing of costs of primary reception and survey of a product, costs of transportation, and costs of full dismantling of a product are identical, that decision concerning a remanufacturing will be made on the basis of the following rule: if the value added of the restored component exceeds the cost of testing and operations of a remanufacturing taking into account alternative costs and income of processing, then the decision has to be made in favor of a remanufacturing.

It should be noted that not all products and their components are subject to a remanufacturing since can are damaged, worn-out, etc. Therefore it is expedient in the rule of decision-making to include probability of a full remanufacturing (zr) of a product, remanufacturing of the most part of components of a product (zrd), processing of the most part of components of a product (zdr) and processing of a product of all product (zd). So the sum of all probabilities will be equal to unit: zr + zrd + zdr + zd = 1. At the same time the probability (z) of approach of this or that event has to be defined on primary reception or partial dismantling of a product, it directly depends it the term of operation of a product and wear, including moral, existence of mechanical damages, maintenance (if it is provided), repair of a product as a result of marriage and damages. If before primary survey and partial dismantling the probability of each of options of utilization is equal ¼ = 0.25, then after probability will change in favor of this or that option. So, the probability can be estimated by the criteria presented in table 20.

Table 20

Assessment of probability of application of different types of utilization [Made by the author]

Indicator / type of utilization	Remanufacturing of all product	Remanufaktoring of components	Processing with full dismantling	Processing with partial dismantling
Operation term:				
- first quarter of useful service	0.25	0	0	0
- second quarter of useful service	0	0.25	0	0
- third quarter of useful service	0	0	0.25	0
- fourth quarter of useful service	0	0	0	0.25
Mechanical damages:				
- no damages	0.25	0	0	0
- insignificant	0	0.25	0	0
- essential	0	0	0.25	0
- very significant	0	0	0	0.25

Maintenance: - it was carried out precisely in time	0.25	0	0	0
- it was carried out with some delay	0	0.25	0	0
- it was carried out, but not always	0	0	0.25	0
- it wasn't carried out in general	0	0	0	0.25
Maintenance: - it was carried out precisely in time	0.25	0	0	0
- it was carried out with some delay	0	0.25	0	0
- it was carried out, but not always	0	0	0.25	0
- it wasn't carried out in general	0	0	0	0.25
Sum of indicators	zr	zrd	zdr	zd

If the product has a large number of components, then the probability of his complete recovery will decrease and expedient full dismantling and restoration will be of components at the level. According to the principles of circular economy products which are suitable for a remanufacturing from the economic point of view, but they can't be restored, it is necessary to process into new materials. Thus at orientation of the producer to a remanufacturing profit (P) will be leveled (4):

$$\Pi = zr \times \left(P_n - C_{r,n}\right) + zrd \times \left(P_k - C_{r,k}\right) + zdr \times \left(P_{n,k,m} - C_{d,k}\right) + zd \times \left(P_{n,m} - C_{d,n}\right) \quad (4)$$

Thus, the decision in favor of a remanufacturing needs to be made being guided by the following rule (5), (6):

$$zr \times \left(P_n - C_{r,n}\right) > zd \times \left(P_{n,m} - C_{d,n}\right) \quad (5)$$

or

$$zrd \times \left(P_k - C_{r,k}\right) > zdr \times \left(P_{n,k,m} - C_{d,k}\right) \quad (6)$$

Where,

P_n – the price of the restored product n

P_k – the price of the restored component k

$P_{n,k,m}$ – the price of the material m, received at full dismantling of a product of n and processing of components k

$P_{n,m}$ – the price of the material m received at partial dismantling and processing of a product n

$C_{d,n}$ – the cost of processing of a product of n with partial dismantling

$C_{d,k}$ – processing cost components k at full dismantling of a product n

$C_{r.n}$ – remanufacturing costs (recovery) of a product n

$C_{r,k}$ – the cost of a remanufacturing (restoration) of a component k in n product

And the cost of a remanufacturing (restoration) of a product of n ($C_{r.n}$) it consists of costs of primary reception and survey of a product, costs of transportation, costs of loading and unloading works, costs of full dismantling of a product, costs of restoration of a product and costs of testing of a product after restoration operations.

And the cost of a remanufacturing (restoration) of a component k in n product ($C_{r,k}$) consists of the sum of costs of primary reception and survey of a product, costs of transportation, costs of loading and unloading works, costs of full dismantling of a product, costs of restoration of a component and costs of testing of a component.

Rule of the decision-making 3. Products which are suitable for a remanufacturing from the economic point of view, but they can't be restored owing to technology or damage, it is necessary to process into new materials. At making decision on processing of a product it is necessary to make a choice about full or partial dismantling of a product on separate components for receiving cleaner fractions, removal of oils and harmful substances. So, the product has to be completely sorted if costs of dismantling and processing become covered by the increasing value added of the materials received from clean fractions in comparison with the value added of the materials received thanks to the mixed processing. Therefore making decision on processing of a product with full or partial dismantling needs to be accepted on the basis of the following rule (7):

$$s_n \times \left(\frac{h_{n,m}}{h_n} \times P_{n,m} - C_{d,n}\right) > s_n \times K_{n,k} \times \left(\frac{h_{n,k,m}}{h_{n,k}} \times P_{n,k,m} - C_{d,k}\right) \quad (7)$$

Where,

s_n – number of returned products n (pcs.)

$h_{n,m}$ – the weight of the material m received at partial dismantling and processing of a product of n (kg.)

h_n – product n weight (kg.)

$h_{n,k,m}$ – the weight of the material m received at full dismantling of a product of n and processing of components k (кг.)

$h_{n,k}$ – количество компонентов k в продукте n (pcs.)

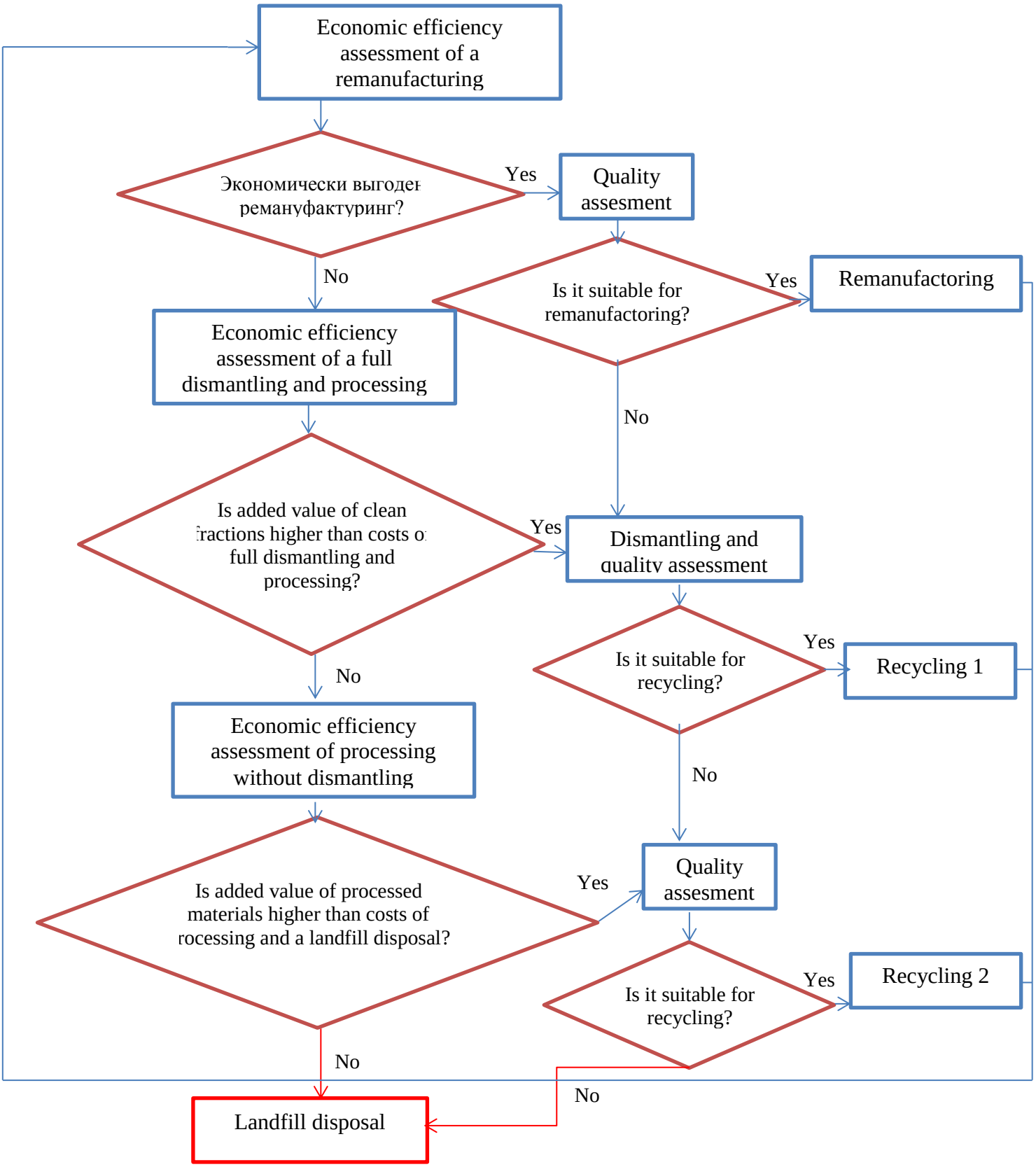
$P_{n,k,m}$ – the price of the material m received at full dismantling of a product of n and processing of components k

$P_{n,m}$ – the price of the material m received at partial dismantling and processing of a product of n

$C_{d,n}$ – the cost of processing of a product of n with partial dismantling

$C_{d,k}$ – processing cost components k at full dismantling of a product of n

Decision-making process is presented in general in the Fig. 27.



The Fig. 27 Decision-making Process on a way of utilization of a product at the end of his use

Thus, the producer has several scenarios concerning management of production at the end of her life cycle (Table 21). But each scenario is to a greater or lesser extent priority for the state or producer depending on the received benefits.

Table 21

Ways of management of production at the end of her life cycle depending on priorities of the state and producer

Strategy	Priority
Remanufactoring and recycling	For formation of the circular economy and for the Government purposes
Recycling	For the Government purposes
Burial with ecological fee	For the producer not of the person interested to invest in the best technologies of handling of production at the end of her life cycle

Thus, relying only on economic motives of the company will be seeks to optimize the current linear models of production, however the state is capable to change motives of behavior of firms when toughening the ecological legislation. So, already today standards of utilization for 36 names of goods at the level from 0 to 30% only for those groups of goods on which in the country it is already created are entered into the Russian Federation and successfully recycling infrastructure functions. The standards of utilization adopted in Russia to realization significantly lag behind similar indicators of the developed countries that partially has a talk later terms of transition to the modern system of the address with waste.

Thus, from the state acceptance of more serious measures for expansion of liability of the producer is required. So, increase in standards of utilization and ecological collecting will be able to stimulate the producer to assessment of the potential in the field of a remanufacturing and its realization in practice that will allow formation of the closed chains of deliveries and development of the principles of circular economy, for automotive industry such chain of deliveries to interrelations with stages of life cycle is presented in the Appendix 6.

Conclusions of the Second Chapter

In 2015 changes in the international standard containing requirements to the system of ecological management of ISO 14001 for increase in efficiency of use of resources, decrease in losses and costs have been accepted. In the new standard the attention is focused on the closed life cycle of a product in which at the end of use the product shouldn't will be buried in grounds, and has to be reused, restored, or is processed, thus resources don't settle in waste, and circulate in the closed chain. Therefore already at the very beginning of design the product also has to be are designed taking into account requirements of ecological design, such as wastelessness, simplicity of dismantling, resource-and energy efficiency. So, some companies, for example, of Ford, for assessment of environmental efficiency enter special indexes. However for circular economy the environmental efficiency not only in the course of use, but also a possibility of repeated application, restoration or processing of production therefore own index of assessment of ecological design of a product taking into account requirements of the closed life cycle has been offered is significant.

The realization of ecological design is blown connected with special requirements to suppliers if before the main attention at the choice of the supplier was paid to the price, quality, terms of deliveries of accessories and raw materials, then in new conditions these requirements are supplemented with a possibility of full processing of materials or restoration of accessories, participation in their utilization after use of production of the supplier, what packing, etc. Within transition to circular economy also process of production which is modernized taking into account the elements presented in the Fig. 28.

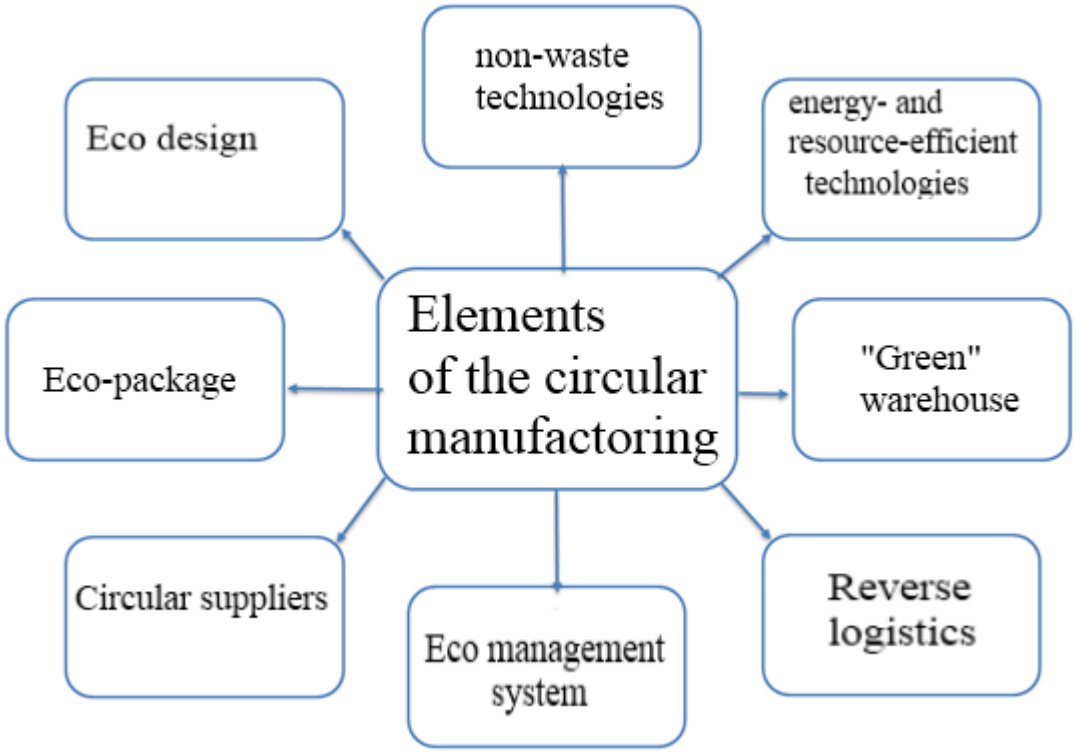


Fig. 28. Production elements in circular economy

Application of these elements in practice gives the chance of development to production with the closed cycle, increasing at the same time environmental and economic efficiency.

As a result of distribution of technologies of the fourth industrial revolution and circular economy standard change and new models of consumption are formed. So purchase in the property of production is replaced joint use or use of a product with acquisition of a package of services, and thanks to platforms of exchange possibilities of reuse of production which was in the use extend. Each of models of consumption has the pluses and minuses, opportunities and threats which are connected with quality of production and the provided services, with influence on structure of jobs, the competition between the companies, etc. And regulation of the happening changes, the relations between consumers and sellers, workers and employers, the state and businessmen in new conditions requires formation of new institutes.

When forming circular production and the closed chain of deliveries the producer has to build the strategy of relationship with the buyer concerning return of products at the end of her use for further restoration, repair, processing and other forms of utilization. Depending on branch of production, type of production and also the applied business model of circular economy it is rational to develop this or that strategy of relationship. So, when using agricultural machinery it is expedient to apply strategy "on the basis of possession" corresponding to a business model "a

product as service" in which the property right to a product remains at the seller, and the buyer uses a product with a package of services, for example maintenance and repair.

Taking into account market changes and also the raising requirements from the state connected with toughening of the ecological legislation, introduction of standards of utilization and ecological collecting, the Russian producers have to make the choice between payment of collecting or various methods of management of production at the end of her use. So process and rules of decision-making on a way of utilization of a product at the end of his life cycle happens proceeding from the expenses connected with dismantling and restoration/processing and also value added of the restored products / the processed materials by comparison of the sums of the corresponding parameters to a rate of ecological collecting. If the rate of ecological collecting is lower than costs of utilization, then producer will make the choice for burial of production that is inexpedient from the point of view of resource-and energy saving, and will give a signal to the state on increase in ecological collecting for construction in the country ecologically and economically effective system of the address with waste and production, obsolete.

Chapter 3. Justification of design decisions of the enterprises in the conditions of formation of circular economy (on the example of the Russian automotive industry)

In a chapter 3 of a dissertation research the comparative analysis of programs of utilization and a remanufacturing on the basis of the best practices is carried out, and need of development is proved in the Russian Federation of programs of restoration on the example of automotive industry taking into account social, economic and ecological effects and also opportunities of introduction of practice of a remanufacturing on the basis of the operating productions.

In the second point of a chapter 3 assessment of the investment project of a remanufacturing of automobile components by means of imitating modeling is carried out. The investment project includes the sections submitted in Fig. 29.

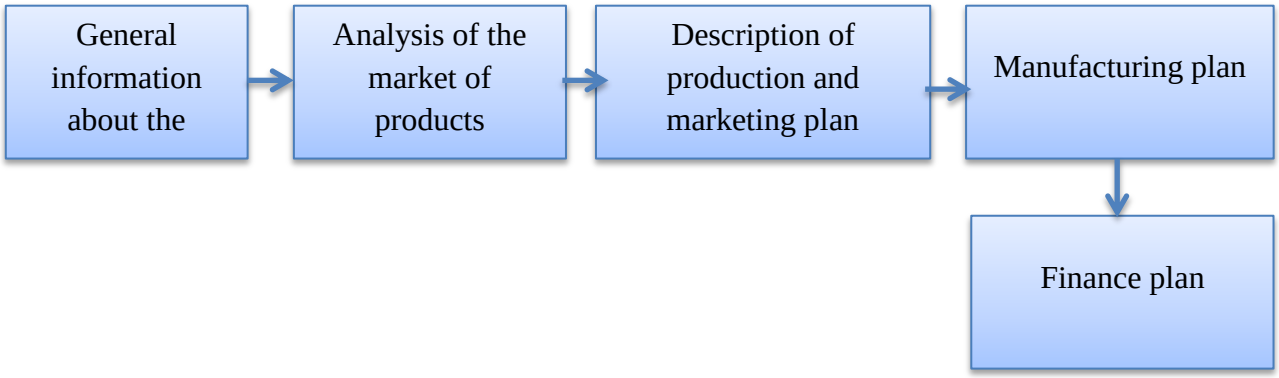


Fig. 29 Stages of the investment project of a remanufacturing of automobile components

In the investment project the analysis of financial expenses and benefits, ecological effects and also the maximum and minimum borders of implementation of the project, such as price of the restored production, return volume for a remanufacturing, etc. is carried out.

In the third point the recommendations of stage-by-stage development of circular economy and a remanufacturing in the Russian Federation are made, legal, economic and technological measures for the short-term, medium-term and long-term periods are developed.

3.1. The comparative analysis of programs of a remanufacturing and utilization in automotive industry of the Russian Federation

Thanks to considerable advantages the remanufacturing is applied in the activity by thousands of the companies, and world turnovers of such branches as the aerospace, automobile industries, production of household appliances and electronics, medical equipment, in 2011 made more than 100 bln. dollars (tab. 22). Nevertheless, despite essential value of a remanufacturing from the point of view of the economic potential peculiar to him and also opportunities for decrease in negative impact of production on the environment, potential of industrial restoration in many sectors and the countries it is used not completely.

Table 22

Turns from a remanufacturing of production, m dollars, 2011 [Circular Economy Evidence Building Programme, 2015]

Sector/Countries	The USA	EU (28 countries)	Other countries	Total
Aerospace	13000	22000	7000	42000
HD equipment	7800	5500	2700	16000
Automobile motors and details	6200	4500	2100	12800
Machines and equipment	5800	780	1300	7880
IT products	2700	6900	1900	11500
Medical Equipment	1500	760	450	2710
Tyres	1400	440	360	2200
Others	4600	6700	2300	13600
Total	43000	47580	18110	108690

The most part of branch of a remanufacturing is occupied by restoration of automobile knots and details, on automobile 70% of all restoration of production are necessary the industry, more than 4000 companies are engaged in a remanufacturing of cars of [APRA, 2015] worldwide. At the same time investments into branch of a remanufacturing constantly increase, only from 2009 for 2011. In the USA the volume of investment has grown by 50% and was 106 m dollars in a year [USITC, 2012]. It is connected with essential reduction of price thanks to a remanufakturing, so, restored knots and details there are for 20-50% less new [USITC, 2012]. Among the most known companies the remanufacturing is used by *Nissans, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Rolls-Royce, ZF, Volvo, Renault*, etc.

The example of the successful company reducer is *Wealdstone Engineering* which has the 60th summer experience in the field of a remanufacturing of engines and today more than 15 000 engines a year take the leading positions among the leading reducers of Europe with the output. *Wealdstone Engineering* closely cooperates not only with large producers of vehicles, for example, with *Ford Motor Company*, but also with the government and large European bus operators.

The leader of branch of a remanufaktring of cars is the USA which has capacities not only in the country, but also actively carry out direct foreign investments in development of restoration in other countries. So, the companies *Cummins, Detroit, Diesel, and Visteon* have production capacities in Mexico and restore spare parts in close proximity to the consumer that allows to reduce costs for transportation. The increased demand for the restored knots and details of cars has led to formation of alliances and partnership in branch for increase in synergetic effect, for the last 15 years in branch integration processes are observed. For example, in November, 2003 the alliance between *CARDONE* Industries and Delphi for the purpose of achievement of global leadership in restoration of electronic systems of the car has been created. The producer of the Delco Remy components in 2001 has acquired the MNAO company which is engaged in restoration of automatic transmissions of the Mazda cars therefore Delco Remy provides sales of the parts of the Mazda cars restored spare and customer service in the USA. In addition, Delco Remy has six plants which are based in Europe, four of which are specially aimed at a remanufacturing of cars. For the purpose of strengthening of competitive positions in the North American market the *ACTIS* Manufacturing Ltd joint venture between *DENSO* and *Toyota Tsusho* has been created, the corporation provides services of a remanufacturing of compressors of air conditioning for vehicles.

In this segment also associations are created, for example, in the USA the Association on restoration of automobile spare parts (APRA) which unites over 1000, placed in various countries and also about 20 thousand ITR actively works. The general coordination on all industries is carried out by Institute of a remanufacturing (TRI). Actively also regional associations develop, for example, in Europe the remanufacturing supervises Society Fraunkhofera (Germany), for development of a remanufacturing in the EU the *European Remanufacturing Network* project is created. In the EU *Europian Association of Automotive Suppliers* (CLEPA) uniting the companies of the region for development of a wide range of the technologies providing reduction in automotive industry of emissions of carbon dioxide as one of the priority directions for weakening of climatic changes is also based.

Active development of a remanufacturing of vehicles is connected with essential benefits which receive producers and society in general as a result of restoration of automobile knots and details. So, by estimates of experts, economy of resources can reach 98%, energy - 68-83%, reduction of emissions of carbon dioxide reaches 73-87%. Along with it, according to Automotive Parts Remanufactures Association (APRA), depreciation of a finished product can make 30-40% [APRA, 2015] (Picture 30).

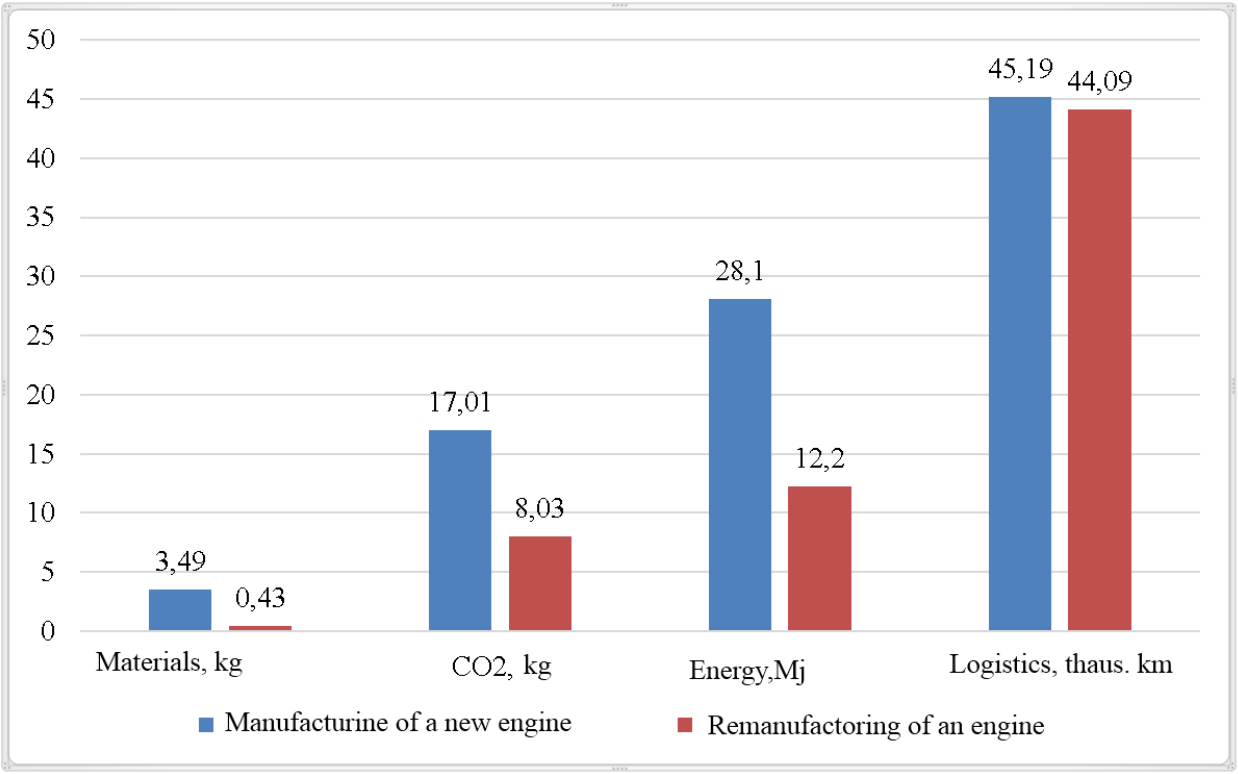


Fig. 30. The comparative analysis of production of the new engine and a remanufacturing of the engine at the end of his life cycle [APRA, 2015]

The USA has one of the most developed segments of a remanufacturing and about 90% of auto parts in this country is restored (engines, starters, transmissions, brakes, etc.) while in the EU only 10%. As for employment, in the USA number of staff, the remanufacturing occupied in the sector, has reached 180 000 people, and in EU countries more than 32 000 [APRA, 2015].

In Russia some companies which practice industrial restoration of some details work. Among them: the MAST company which is engaged in restoration of spare parts for tractors; Renault has started The Restored Details program for cars; Volvo realizes the Exchange program for restoration of spare parts; the ZF company is focused on restoration of the automatic transmission. At the same time realizing the importance of a remanufacturing, his essential potential for automotive industry, in the Russian Federation it is created and actively the Russian

association of processors of a car of components (RRA) develops. Main objectives of this organization are formation of public system of assessment of quality of the restored spare parts and the accompanying services for informing consumers, formation at them steady demand for production restored in Russia and also support and increase in competitiveness of the Russian producers in the internal and external markets; assistance to the enterprises in advance of the restored spare parts, services and technologies in the Russian market, in introduction of the international quality standards, in attraction of investments.

Importance of development of a remanufacturing in Russia, is that key indicators of Russian Federation vehicle fleet testify to need of his updating. So, as of 7/1/2016, the park of cars in the Russian Federation which contained 41,1 million pieces had average age of 12,2 years, at the same time 15 years are share cars more senior 30% of all vehicle fleet of Russia were necessary, and to environmental standard of "Euro-4" and there corresponded only 38% of all cars above [Avtostat, 2016]. At the same time in the EU there is a transition to application of the fuel standard corresponding to the Euro-6 level now.

For the purpose of updating of vehicle fleet and also reduction of receipts of harmful substances in atmospheric air from exhausts of outdated cars, in 2009 the Russian government has made the decision on start of the program of utilization. This program has been calculated on two years 2010-2011. The program of utilization of vehicles stimulated not only activity of the population on delivery of the served cars on utilization, but also sales of new cars, first of all, by means of discounts for purchase of the new car for the vehicles given to utilization. At implementation of the program the rapid growth of sales of new vehicles which is followed by growth in incomes of their producers from 924,2 billion rubles in 2009 up to 2343,7 billion rubles in 2014 has begun [Avtostat, 2016].

However on end of this period because of change in the exchange rate of currencies and increase in prices for vehicles, sales volumes of new cars accompanying this change have significantly decreased, and consumers began to give the preferences cheaper, being in the use, to cars. These processes began to exert negative impact and on such important indicator as middle age being in operation at consumers of cars as 49% of offers in the secondary market made cars is more senior than 10 years [Avtostat, 2016]. For overcoming these negative tendencies and restoration in the automobile market of consumer demand in 2014 the decision on start of a new stage of the program of vehicle scrappage with the subsequent her prolongation till 2016 has been made. (Appendix 7)

Ecological effects of implementation of the program of utilization are important what the special attention is paid abroad at the start of similar programs to. In total, during the action of

the program of utilization in the Russian Federation 560 thousand cars from which only 25% have been utilized by rules were accepted [PWC, 2016]. The lack of enough the capacities designed to carry out "civilized" utilization of vehicles which, as appears from the analysis which is carried out here, surely assumes the existence of the developed infrastructure and wide use of opportunities of a remanufacturing has served as the main reason. So, in the Russian Federation only 9 shredder installations, with a cumulative power about 2,65 million tons per year work [Kovshevny V.V., 2015]. At the same time, the annual damage to the environment caused by the waste of vehicles in the Russian Federation is about 82-85 billion rubles a year [Ekonatsproyekt, 2014]. Thus, the short-term growth of sales for support of domestic automotive industry became the main result of the program of utilization in the Russian Federation. As for the purpose of reduction of negative impact on the environment which is originally announced in 2009, it has receded into the background.

As the international experience testifies, the effect of programs of utilization is short-term, and the governments, as a rule, stop applying such measures of support in 2-3 years. In the Russian Federation the potential of the program is also exhausted, and due to the lack of capacities for full vehicle scrappage, increase in prices for new vehicles, increase in sales in the secondary market and also the market of spare parts, in automotive industry of Russia introduction and development of a remanufacturing which surpasses "simple" practice of utilization (Table 23) in a number of indicators is required.

Table 23

The comparative analysis of a remanufacturing and vehicle scrappage [Made by the author on a basis: Smith V. et al., 2015; APRA, 2016; The Alliance of Automobile Manufacturers,2015]

Criteria	Remanufactoring and manufacturing of a new products	Automobile utilization and raw gaining
Reducing the use of resources	До 98%	До 90%
Reducing energy consumption	До 83%	До 75%
Reducing of CO_2 emissions	До 87%	До 86%
Decrease in the cost of finished products	До 40%	До 22%
Economic benefits	By saving raw materials and labor, energy and reducing environmental payments (taxes)	Due to increased sales (in the Russian Federation)
Workingplaces	212 000 (EU+the USA)	140 000 (at the world level)

In connection with considerable advantages of a remanufacturing and also lack of capacities to full utilization of vehicles, in the Russian Federation development of the program of restoration of cars and their components on the basis of already available productions is necessary. Utilization in turn has to serve as addition for creation of effective system of the address with the served vehicles, namely in relation to those components which aren't subject to a remanufacturing.

3.2. The System for supporting investment decisions on the utilization of products by the example of automotive components

The modern system of support of decision-making (SSDM) represent the systems which are most adapted for the solution of problems of daily administrative activity, are the tool designed to help persons, making decisions. By means of SPPR the solution of some unstructured and semistructured tasks which the choice concerning a way of utilization of production, adoption of strategic decisions on investment into development of the best available technologies of utilization of a product at the end of his life cycle for the purpose of formation of the circular principles of production is among can be made.

The system of support of decision-making (Decision Support System, DSS) is understood as the computer automated system which purpose is the help to the people making the decision in difficult conditions for the full and objective analysis of subject activity [Alter S. L., 1980]. For the analysis and developments of offers in SPPR different methods among which an important role is played by imitating modeling are used.

Imitating modeling or situational modeling (simulation modeling) – a method of a research at which the studied system is replaced with the model, with a sufficient accuracy describing real system (the constructed model describes processes as they would take place in fact), with which experiments, for the purpose of obtaining information on this system are made. Such model can be "lost" in time, as for one test, and the set their set. Experimenting with model is called imitation (imitation is a comprehension of an essence of the phenomenon, without resorting to experiments on a real object).

We will make by means of imitating model an experiment in MS EXCEL for design, the analysis, and assessment of the efficiency of making decisions on investment into the development of a remanufacturing of spare parts in the Russian automotive industry. The logic of imitating model is presented in Appendix 8.

We will enter and will estimate the investment project of the organization of production on the basis of technologies of a remanufacturing of automobile components and spare parts, as a result, we will receive private numerical solutions of the formulated problem of assessment of efficiency on the basis of analytical decisions and by means of numerical methods. Stages of the investment project are presented in Fig. 32.

The analysis of the investment project is carried out within the system of "A black box" in which there is "entrance" for input of basic data and "exit" for display of results of the project, at

the same time the processes happening during work of system are unknown. It is supposed that results of the project functionally depend on a condition of input parameters (Fig. 31).

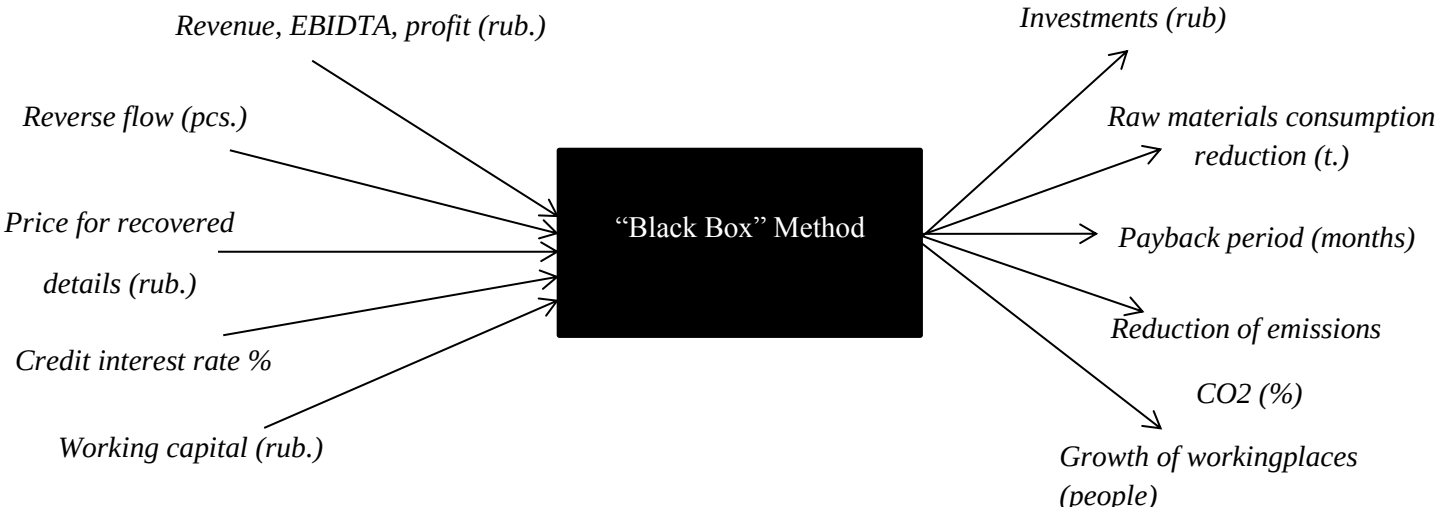


Fig. 31 The system of "A black box" for the investment project of formation of a remanufacturing [It is made by the author]

The analysis of the investment project will allow to determine extreme values of input parameters by a method of "A black box" and to carry out forecasting of results under the different set conditions. So at during the analysis the minimum values of the price of the restored details and volume of a returnable stream and also the maximum values of an interest rate of crediting, cost of the fixed and working capital at which realization of a remanufacturing of automobile parts and details will be expedient from the economic point of view will be defined.

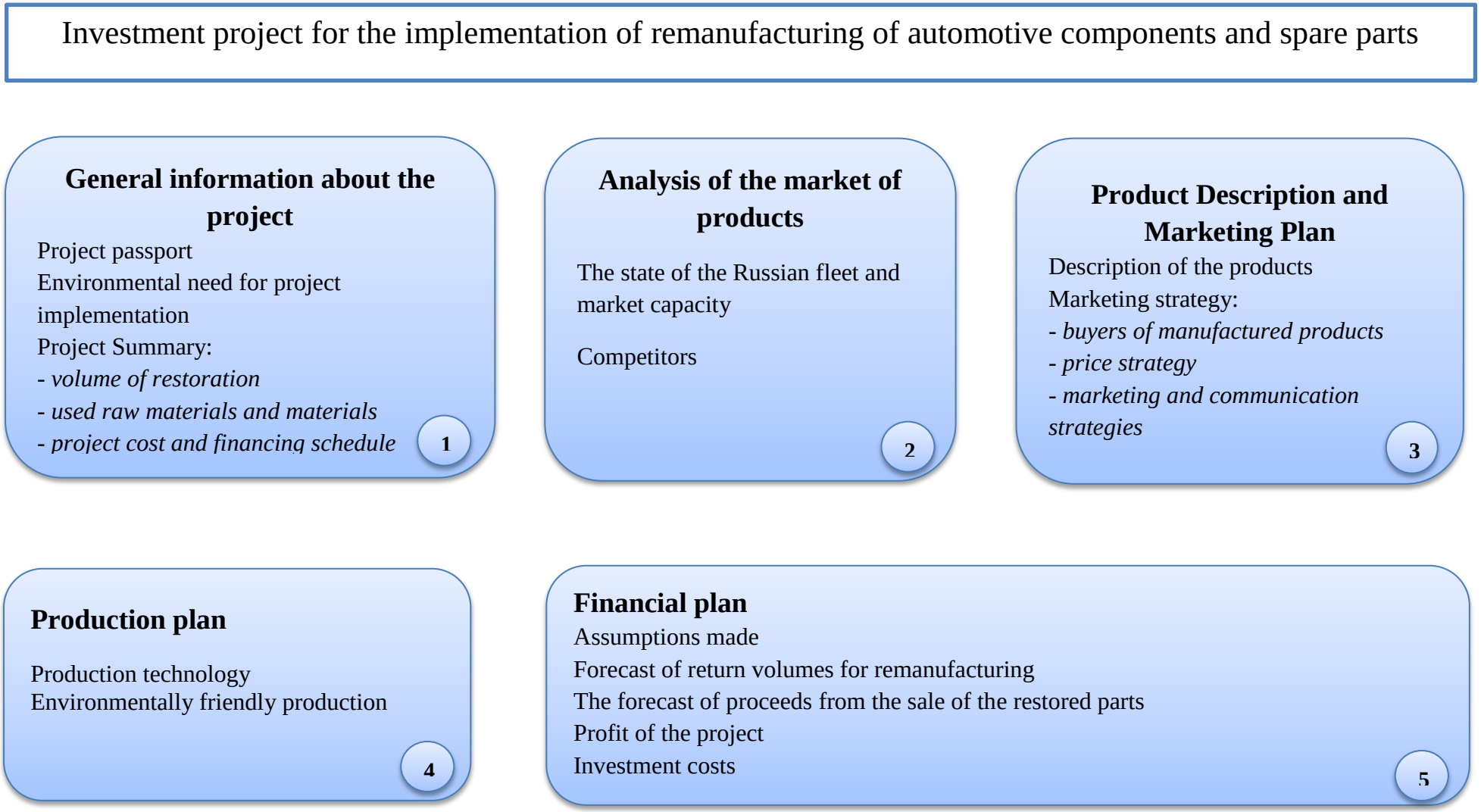


Fig. 32. Investment project for the introduction of remanufacturing of automotive components and spare parts [Compiled by the author]

General information about the project

The basic information about the investment project, including estimated profit and profitability are presented in table 24.

Table 24

Passport of the investment project for the introduction of remanufacturing of automotive components and spare parts

Objectives of the project		Organization of production on the basis of technologies for remanufacturing automotive components and spare parts
Advantages of the project		High ecological importance. The created production is an alternative to processing and burial of production which was in the use, accompanied with the negative impact on the environment. The guaranteed sale of products. Production of import-substituting production. The high commercial effectiveness of the project, at insignificant investment expenses. The high social importance of the project connected with the creation of additional jobs. The high budgetary importance of the project (stable receipts in budgets of all levels)
Investments assignment		Development of design estimates and TOR. Purchase of a local license, training. Construction / reconstruction of production facilities, loading and unloading station and site for inspection, dismantling and sorting of return products. Purchase of production equipment and auxiliary equipment. Acquisition of a part of those. complex. Installation and adjustment of technological equipment. Increase the power of engineering systems. Financing of working capital.
Project implementation period		4 quarter.2017 – 2 quarter. 2018 гг. – investment phase 3 quarteer. 2018 г. – Manufacture start-up
Quantity of returned post-consumer products		488 706 units per year
Output		244 353 units per year
Payments to the budget		881,8 million rub. per year
The total cost of the project		910, 9 million rub.
Incl.	Creation of a technological complex, development and	90 million rub.

	approbation of technology	
	Reconstruction of warehouses for storage of returned and finished products, workshop for remanufacturing	25,5 million rub.
	Manufactoring equipment	614, 9 million rub.
	Obtaining a Local License	4 million rub.
	The content of the return logistics service, employee training	9,4 million rub.
	Working Capital	129,4 million rub.
	Installation and adjustment of process equipment, creation of automated process control system	20 million rub.
	Other cap. attachments	1.2 million rub.
	Development of design estimates, working documentation and terms of reference, obtaining the necessary environmental	16,4 million rub.
External sources of financing		793,5 million rub.
Incl.	own funds of the initiator project	90 million rub.
	investor's funds	703,5 million rub.
The payback period of the project (from the moment investment)		2,2 year
Revenues from sales		8 028 787 thaus. rub. per year
Specific revenue from sales		38,77 thaus. rub. /pcs.
Specific prime cost		19,51 thaus. rub. /pcs.
Net profit		2 020 582 thaus. rub. per year
Profitability		65 %

Ecological need of implementation of the project

Ecological effects of implementation of the program of a remanufacturing of automobile spare parts are important what the special attention is paid abroad at the start of similar programs to. Today the annual damage to the environment caused by the waste of vehicles in the Russian Federation is about 82-85 billion rubles a year [Ekonatsproyekt, 2014].

Thanks to activities for restoration of the served components to the functional state similar to new, the needs for raw materials for the production of new details are reduced. The Remanufacturing brings one of the biggest deposits to sustainable development – keeps non-recoverable resources, using them during several service life. So, by estimates of experts, an economy of resources can reach 98%, energy - 68-83%, reducing of emissions of carbon dioxide

reaches 73-87%. Along with it, according to Automotive Parts Remanufactures Association (APRA), depreciation of a finished product can make 30-40% [Automotive Parts Remanufacturing Market, 2015].

Thus, thanks to introduction of the project of a remanufacturing in practical activities there will be a reduction of consumption of energy and raw material resources, emissions of harmful substances in the atmosphere and also burial and placement on grounds of waste of vehicles will be reduced.

Summary of the project

The purpose of the project is the organization of a remanufacturing of the vehicles which were in the use of components in the territory of the Russian Federation.

This innovative production, allows restoring being in the use / defective vehicles and their separate components to the level of a similar new product with the possible excess of this level. So instead of processing with receiving materials and raw materials or placement on grounds of waste, the finished goods will be received:

1. Transmission
2. Steering Rack
3. Engine

Terms of implementation of the project

Investment phase of the project of the 4th quarter 2017 - 2 of sq. 2018.

Production start – 3 sq. 2018.

Exit to planned production capacity – 1 sq. 2020

The mechanism of implementation of the project is presented in the pic 33.

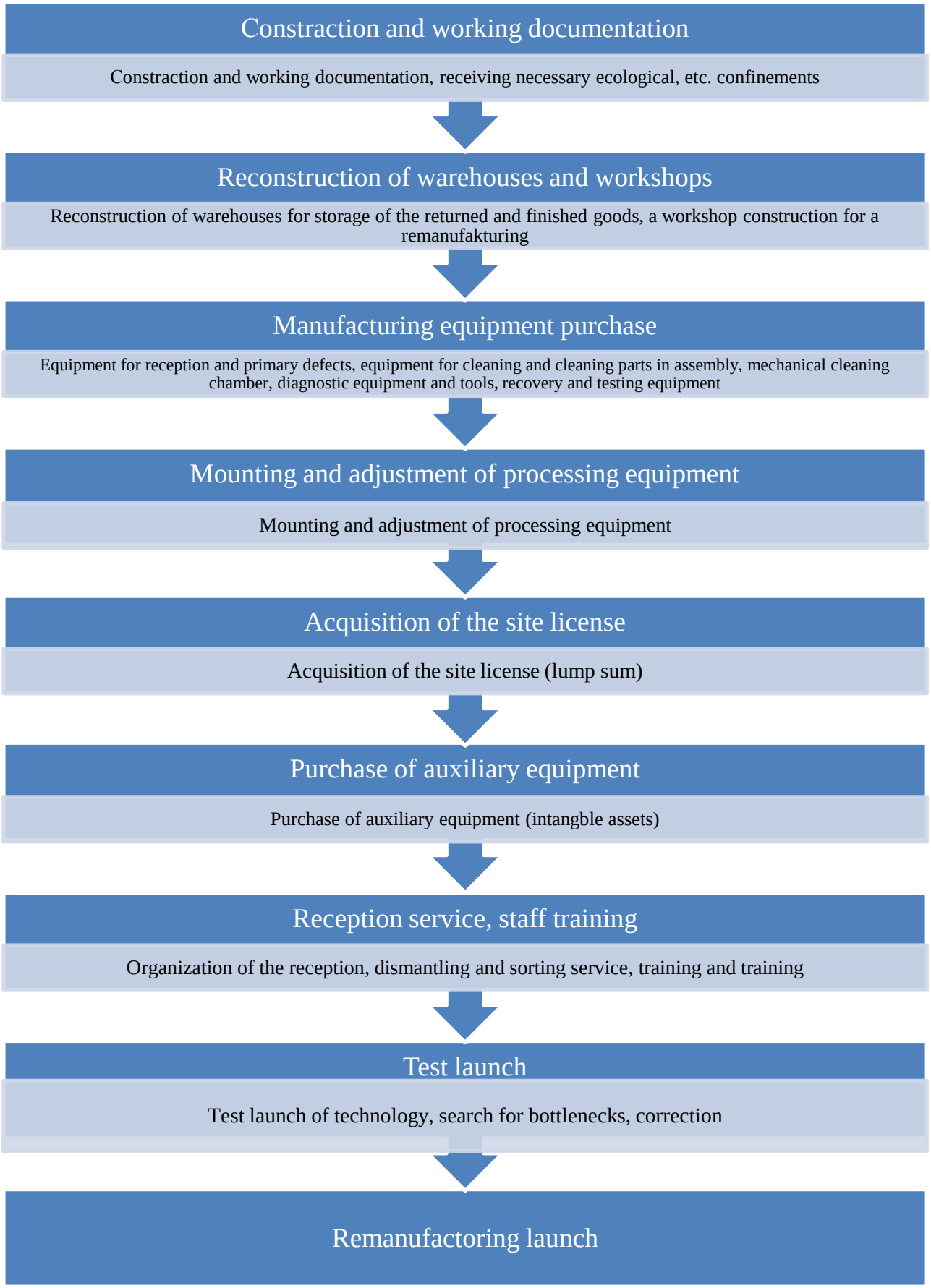


Fig. 33. The mechanism of project implementation [Made by the author]

Output, products

Introduction of a technology of a remanufacturing for automobile spare parts of domestic production in the volume of 244 353 units of details a year is the result of the implementation of the project. The restored details are presented in the Fig. 34.

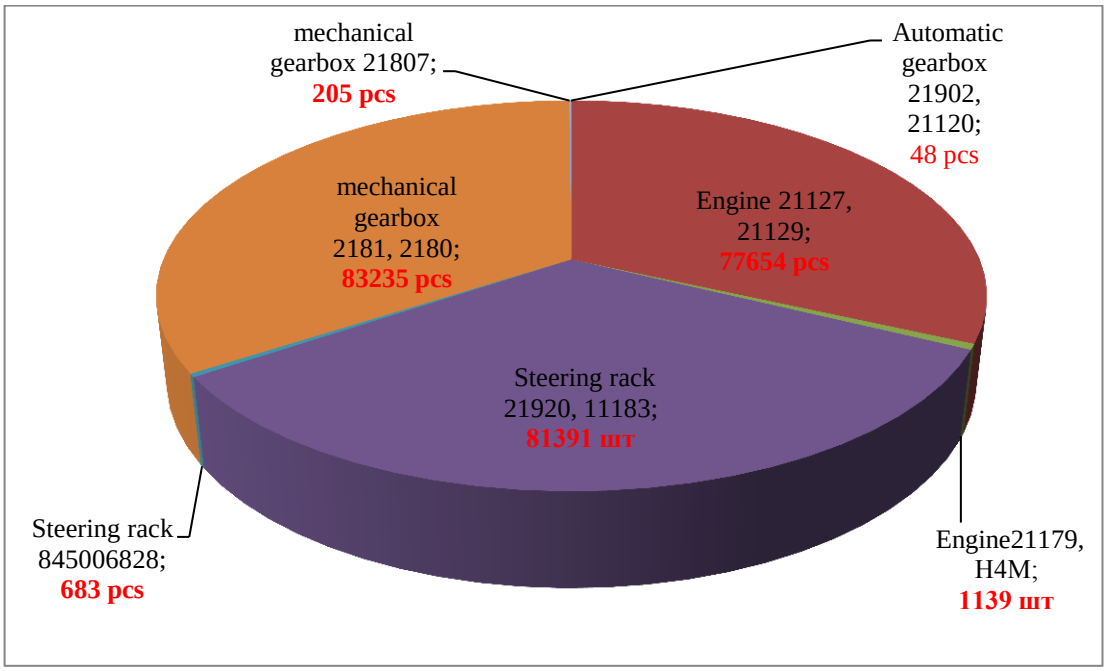


Fig. 34. The volume of the restored parts [Compiled by the author]

Raw materials and materials

Basis for implementation of the project is the volume of production returned from the consumer at the end of her use for the reasons of wear, breakage, etc. Taking into account the number of cars, their age and an average run, the volume of return will be 488 706 details a year. After return of a detail to the dealer, spare parts will collect and go to the central warehouse of the region, further from the central warehouse of the region the details which were in the use will be transported on the plant reducer which is in Togliatti, the average distance between the destination and the place of transportation makes 1300 km. Detail components which aren't subject to restoration will be replaced on new, made at the same plant.

Importance of project implementation

By means of use of modern technologies of a remanufacturing in the territory of the Russian Federation qualitatively restored auto parts in the local market and beyond his limits will be offered that will help development of import substitution in the secondary market of details and spare parts within the country. At the same time implementation of the project will be followed by the following effects:

- Reduction of price - the used details and components will be 30% cheaper, than similar new spare parts.

• The quality assurance on production – each detail passes test, on her the replacement guarantee in case of breakage is given, thus the buyer can be confident in quality of the restored detail it isn't less, than in new.

• Growth of jobs – the new direction of production - a remanufacturing demands creation of regular jobs, with the increasing of the outputs there will be more working places.

• Raw materials consumption reduction - a remanufacturing can be considered first of all a steady source of raw materials for production of products as old products and their raw materials are reused that can not always demand processing.

• An adjustable conclusion from the market of original spare parts which will prevent restoration of details by independent auto repair shops, not responsible for quality that it can negatively affect image of the company.

The project cost, schedule of financing

The total cost of the project is 910, 6 million rubles.

The structure of project cost is presented in the Fig. 35.

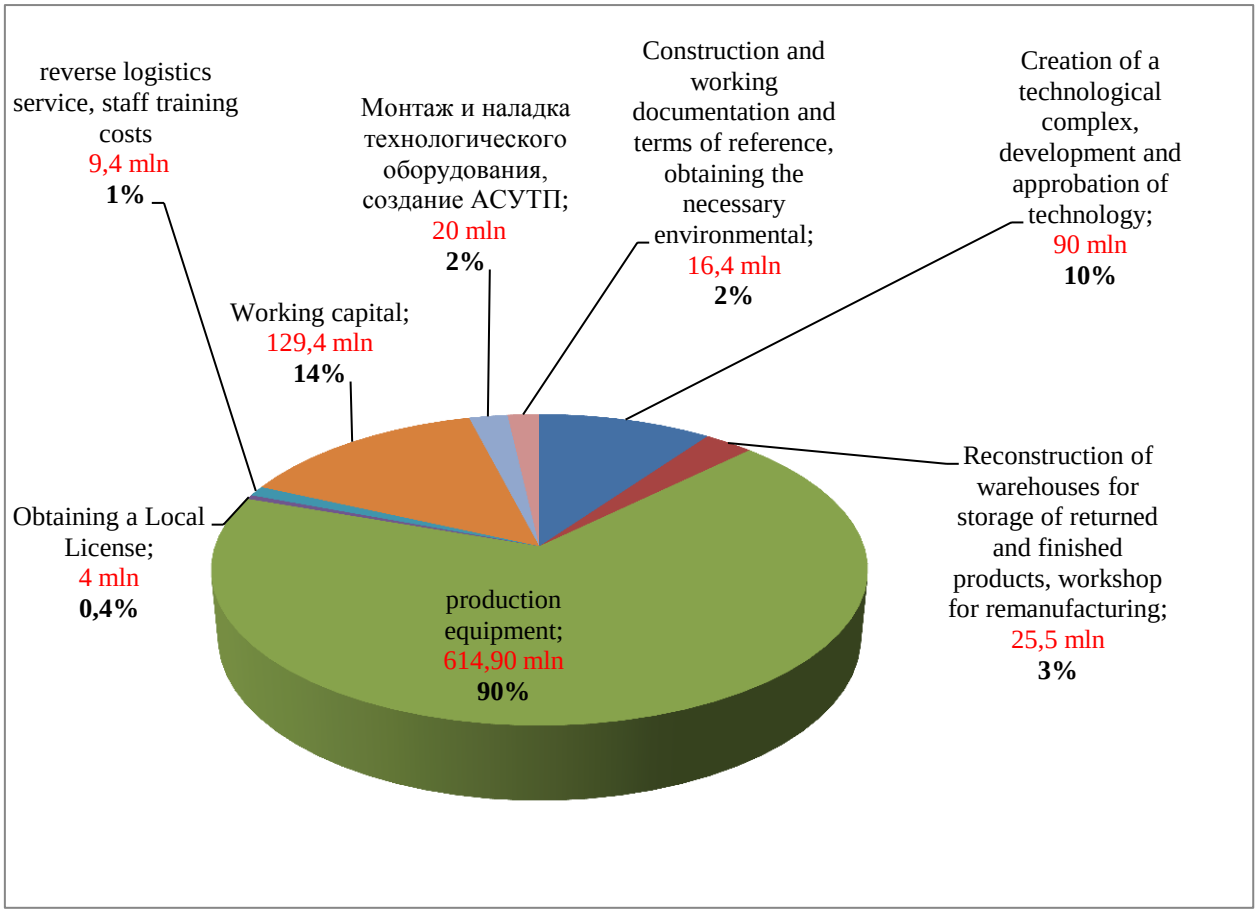


Fig. 35. Structure of project cost [It is made by the author]

The schedule of capital investments is presented in table 25.

Table 25

The schedule of capital investments, thousand rubles [Made by the author]

Expenses	"0"	1 term 2018	2 term 2018	3 term 2018	The cost in thousand rubles with the VAT
Contribution of the initiator of the project: creation of a technological complex, development and approbation of technology, etc.	90 000				90 000
Installation and adjustment of processing equipment, creation of the PCS			20 000		20 000
Development of the design and estimate documentation, working documentation and specification, receiving necessary ecological, etc.		4 920	11 480		16 400
Maintenance of service of returnable logistics and training		2 156	4 176	3 098	9 430
Reconstruction of warehouses for storage of the returned and finished goods, the shop for a remanufacturing		10 611	14 905	0	25 515
Equipment purchase	0	614 946			614 946
Total capital investment	90 000	632 632	50 561	3 098	776 291

The total amount of the planned capital investments is 776 291 thousand rubles, including in 1 sq. 2018 – 632 632 thousand rubles, in 2 sq. 2018 - 50 561 thousand rubles, in 3 sq. 2018 – 3 098 thousand rubles.

Financing sources

The initiator of the project carries out financing from own means of 90 million rubles (creation of a technological complex, development and approbation of technology) for the

purpose of the proof of a possibility of implementation of a remanufacturing and further crediting.

For further implementation of the project attraction of financial resources of the investor - the Russian bank of 703 500 thousand rubles for 3 years under 12% per annum with a quarantine on payment of interest in the first year is supposed.

The project has high commercial effectiveness and has a sufficient stock of financial durability, therefore, the return of borrowed funds will be carried out without prejudice to the liquidity of the company with a high coefficient of a covering in time.

Commercial effectiveness of the project

Table 26

Indicators of the current activity [It is made by the author]

Sales proceeds at the level of planned power	8 028 787 thousand rubles a year
Specific proceeds from sales of 1 detail	38,77 thousand rubles per unit
Specific prime cost of 1 detail	19,51 thousand rubles per unit
Net profit	2 020 582 thousand rubles a year
Profitability of activity	65 %

Table 27

Indicators of commercial effectiveness [It is made by the author]

Simple payback period	years	2,1
The discounted payback period	years	2,2
The net discounted income (NPV)	thousand rubles	3 682 352
Profitability of investments (PI)	%	323%
The standard of profitability (IRR)	%	155%

From the above-stated indicators it is possible to conclude that in the considered period the project is commercially effective, in the appendix 9 the technical and economic indicators of the project confirming its commercial effectiveness are in detail considered.

Analysis of the market of products

The condition of the Russian vehicle fleet and market capacity

According to data of the analytical agency "AVTOSTAT", as of July 1, 2017, in Russia, there are nearly 42 million cars. The average age of the park is 12,5 years, the age is more senior than 15 years is 32% of the total of cars. On a share of the cars conforming to environmental standards "Euro-4" isn't lower, 40% of the total amount of the park is necessary. At the same

time diesel cars, less than 5% are registered. If to consider the branded structure of the park of cars, then 10 brands have the parks exceeding 1 million copies. First of all, it is LADA (13,83 mln pcs.) and Toyota (3,7 mln pcs.). Also, Nissan, Hyundai, Chevrolet, Renault, KIA, Volkswagen, Ford and Mitsubishi which indicators are in an interval of 1 - 2 million units get into this group.

According to data of the analytical agency "AVTOSTAT", in Russia it is the share of one sold new car four with a run. In other words, the share of new cars makes 20%, second-hand – 80%. So, following the results of 1 half-year 2017 in Russia about 2 million 492,5 thousand cars with a run have been realized that is 1,1% more, than in January-June, 2016. At the same time the market in general it is caused by increase in sales of foreign cars which has made 2,6% (up to 1 million 739 thousand pieces).ТОП-10 самых продаваемых подержанных автомобилей российских марок возглавляет LADA Samara. Реализация этой модели в январе-июне 2017 года достигла 195,1 тыс. штук (-6%). Из самых продаваемых иномарок с пробегом традиционно лидируют Ford Focus, Toyota Corolla и Hyundai Solaris.

Due to growth of sales in the secondary market also the market of services continues to grow. In the last two years he on average added okolo10 one billion rubles annually. As a result, in 2016 its volume has reached 264,2 billion rubles (for cars). At the same time services in mounting, a sink and body repair aren't included here.

Less than a half (46%) of this volume in our country is the share of official dealers (49 billion rubles) and independent HUNDRED (73,3 billion rubles). The rest is a potential of the market (141,9 billion rubles) which is meant as the works on repair and service of cars (made personally by car owners or private mechanics) in terms of money.

At the same time in 2016 for cars Russians have spent 1,26 trillion rubles or 18,8 billion dollars for purchase of spare parts. According to results of a research, the total amount of the secondary market of automobile components and spare parts in Russia in 2016 was 970 million units of various details.

Such high and steadily growing demand for used cars, services of car service and purchase of spare parts are confirmed by need of development of a remanufacturing of details for vehicles.

Competitors

As of the present the activity in the market of spare parts is carried out by more than 2 thousand its participants. The most part of these firms is presented by the domestic companies. However, the foreign organizations undertake not less active measures for tracking of growth of requirements of the Russian car market for aspiration to provide to the production as it is possible large volumes of sale. Increase in demand for foreign cars and details to them becomes

one of consequences of similar actions. As a result domestic manufacturers should enter fight against the European, Chinese and Turkish competitors.

Thanks to the low cost of labor and competently built logistics today the leader among global manufacturers of a car of accessories is China. At the same time the fact that the detail is manufactured in China, doesn't say that it is low-quality, so many known brands, such as Ford, General Motors, Hyundai, Bosch, Continental have own factories in this country.

The large companies try to localize production of the production in the countries where they have the assembly shop and the great demand is observed. Such approach allows to lower costs of transportation of details and to adapt quickly to changes in economy of the state. Also Russia is among these countries – not only the set of assembly automobile productions, but also the plants on production of spare parts and even the main knots and units is located here. However only the Renault, Volvo and ZF companies are engaged in a remanufacturing of autocomponents.

In the conditions of crisis, the Government of the Russian Federation has begun policy of import substitution which extends also to the market of spare parts. However, at the moment replacement takes place not too successfully. First of all, it is caused by the fact that very small number of the enterprises in Russia is capable to develop such production, and a smaller number is capable to manufacture accessories for foreign cars. Secondly, often the spare parts manufactured at the domestic enterprises have quite high price in comparison with the same Chinese analogs which in the same time practically don't concede to them in quality. In a present situation when the consumer tries to find the best combination of the price and quality, domestic spare parts don't enjoy special popularity and can't satisfy the need of the market for any considerable measure. Therefore an important step is active development of a remanufacturing of details which will lead to import substitution, will sate the market and will satisfy needs of clients concerning the price and quality.

The analytical agency "AVTOSTAT has conducted a research of preferences of car owners at service of the car and purchase of spare parts. According to results of poll about a half (45%) of car owners upon purchase of difficult details or knots give preference to originals, and various account parts get stereotyped. At the same time simple original details get 30% of respondents, and their stereotyped analogs – 22%. Therefore the structure of the secondary market of auto parts by origin looks as follows:

Table 28

Structure of the secondary market of auto parts by origin [Avtostat, 2016]

Origin of spare parts	Part
Original spare parts	20-30%

Stereotyped spare parts	40-60%
Counterfeit	20-30%

Existence of a large number of counterfeit production acts as one of the most serious problems of the domestic market of a car of components. Illegal sale covers an essential share of sales volume, at the same time damage size from counterfeit goods is at least 2 billion dollars.

Counterfeit production causes a huge loss of reputation of both producers of vehicles, and suppliers of details for foreign cars. The only effective way of fight against a counterfeit creation in the market of such conditions under which his production, sale and use will lose any economic benefit can be. And in such a way the remanufacturing allowing to return the details which were in the use to the original producer is, having received for it a discount for purchase of a new original detail to the buyer, and to the producer to lower costs for production of a detail at the level "as new".

Now the tendency to reduction of number of the dealer centers is observed: in 2016 it has decreased from 4,5 thousand to 4 thousand. For many years sales of new cars while in the western markets income is formed mainly at the expense of the profit on sale of the second-hand equipment, rendering services and after-sales service were a key source of income of dealers. In Russia at official dealers generally guarantee cars which age doesn't exceed three years are served. At the same time in Germany official dealers serve nearly a half of all cars in the country aged up to eight years.

Comparison of the Russian Federation with the western countries shows rather low degree of coverage of the market the dealer centers – about 34 dealers on 1 million people of adult population against 80-120 dealers in Western Europe. It indicates the potential of development of branch which will be realized in process of development of technologies of a remanufacturing.

According to many experts, in the near future the domestic market of auto parts expects the stable growth of sales volumes. In general, transformation of a business model is necessary for business on production of the western countries completing in Russia in the long term for achievement of level. It is necessary to diversify services and products introducing technologies of restoration and the main thing – to adhere to the principles of quality providing, carrying out wise pricing policy, the organization of marketing channels, maintenance of high logistics of deliveries for the purpose of import substitution and formation of a new profitable segment of a remanufacturing.

Description of products

Due to the high share of sales of cars of LADA of the brands Granta, Kalina, Priora, Vesta, both on secondary, and in primary market demand for spare parts and details will be essential that confirms expediency of development of a remanufacturing of original details for these brands of cars. Taking into account the current production and also statistics about preference of consumers of purchase of original difficult details or knots it is expedient to restore the spare parts presented in table 29.

Table 29

Details for remanufacturing AVTOVAZ [Compiled by the author]

Name production, output	Products characteristics	Compliance with the technical requirements	Prospects for further utilization of products in case of impossibility of remanufacturing
Transmission	Automatic 21902, 21120 and mechanic 2181, 2180, 21807 transmission for car brands VAZ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172, LADA Vesta, XRAY	After the restoration operations, the part will meet all technical requirements, have a warranty for one year and is analogous to the new part in all its characteristics, not inferior in quality	In accordance with the model of decision-making in case of inexpediency in terms of costs or the impossibility of recovery, identified during the dismantling of the parts of the individual parts will be sent for processing to obtain new raw materials and further use in the production process
Engine	Engine models 21127, 21129, 21179, H4M for grades VAZ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172, LADA Vesta, XRAY		
Steering rack	Steering rack 21920, 11183, 845006828 for car brands VAZ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172, LADA Vesta, XRAY		

Marketing strategy of the producer

Restoration of production is one of such strategy which can be considered not only as a way of compliance with the law, but also as opportunities for business with high impact on economy (Guide and Van Wassenhove, 2001; Linton, 2008, Subramoniam et al., 2013). In this sense the remanufacturing of auto parts can be considered as one of the most attractive strategy of sustainable development of the environment (Sharma et al. 2010).

The company offers the restored details and guarantees:

Production of details: the restored details are the updated spare parts assembled from the used mechanical details and details taken from the cars identical to your model.

Ratio of the optimum price and quality: the cost of the restored details is 30-50% lower than the cost of new original details.

Smaller expense of time for repair: replacement of an old detail borrows much less time, than her repair. Use of the restored details allows to reduce idle time of the car in service.

Optimum quality: the restored details are reliable details. They are approved by the company and completely meet standards of production and operation. The restored details correspond to high level of quality and belong to the category of original spare parts, have a warranty 1 year.

One more advantage is that the restored components help to reduce local emissions of CO2, to reduce consumption of raw materials and materials that forms ecological consciousness and develops the market of "green" goods.

Buyers of products

Buyers of the restored details are as owners of the new cars with a guarantee undergoing maintenance in dealer car centers. And owners of cars in the secondary market which guarantee has already expired also in connection with the long term of operation, demanding replacement or repair of worn-out details. Taking into account the price which is significantly lower than a new detail and quality to similarly new component the consumer will receive benefit and confidence at the choice restored auto parts.

Price strategy

The recommended retail prices for the end customer for some popular restored spare parts are specified in Table 30.

Table 30

The prices of the restored and new details, thousand rubles [It is made by the author]

Items	Price of the restored product, thaus. rub. за 1 pcs. 2018 г.	Price of a new product, thaus. rub. за 1 pcs. 2018 г.
Mechanical gearbox 2181, 2180	21,13	30,18
Steering ring 845006828	13,90	19,85
Engine 21127, 21129	78,75	112,5
Engine21179, H4M	102,10	145,86
Steering ring 21920, 11183	7,16	10,23
Mechanical gearbox 21807	29,58	42,25
Automatic gearbox 21902, 21120	102,42	146,32

The prices of the restored details are 30% lower than new analogs, it first, is connected with economy of expenses, secondly, with customer acquisition to purchase of original spare

parts, and thirdly, proceeding from practice of the advanced companies establishing the prices of the restored products is 30-40% lower than new.

Sales and Communication strategy

Several words about the organization of logistics. All faulty knots and details collected by dealers are marked, entered in the special program and go to the center of collecting and processing of the details which are subject to restoration. The arrived details undergo additional testing for compliance to criteria, are sorted and packed. Then details go to a nodal warehouse where all subjects to restoration knots and details accumulate. The following step – transfer of details to the manufacturing plants. As restoration goes in the industrial way, the detail which has received the second life practically doesn't differ from new. The difference as a result will be only in catalog number. If the manufacturing techniques of a detail have exchanged, all innovations will be surely applied at restoration of an old detail.

Possibility of sharing of the same channels for return of production which was in the use, and distributions of the restored and new production, delivery of the restored details to the authorized service and dealer centers.

Measures for advance:

1. Creation of the website (website "sign") – reflecting uniqueness of production, the product range with the prices, a contact information.

2. Participation in specialized exhibitions: The international exhibition on

to environmental problems in various fields of economy, the International exhibition of raw materials, cars and the equipment, etc.

3.Adaptation of advertizing campaigns to various consumer segments for the restored production.

Production plan

Production technology

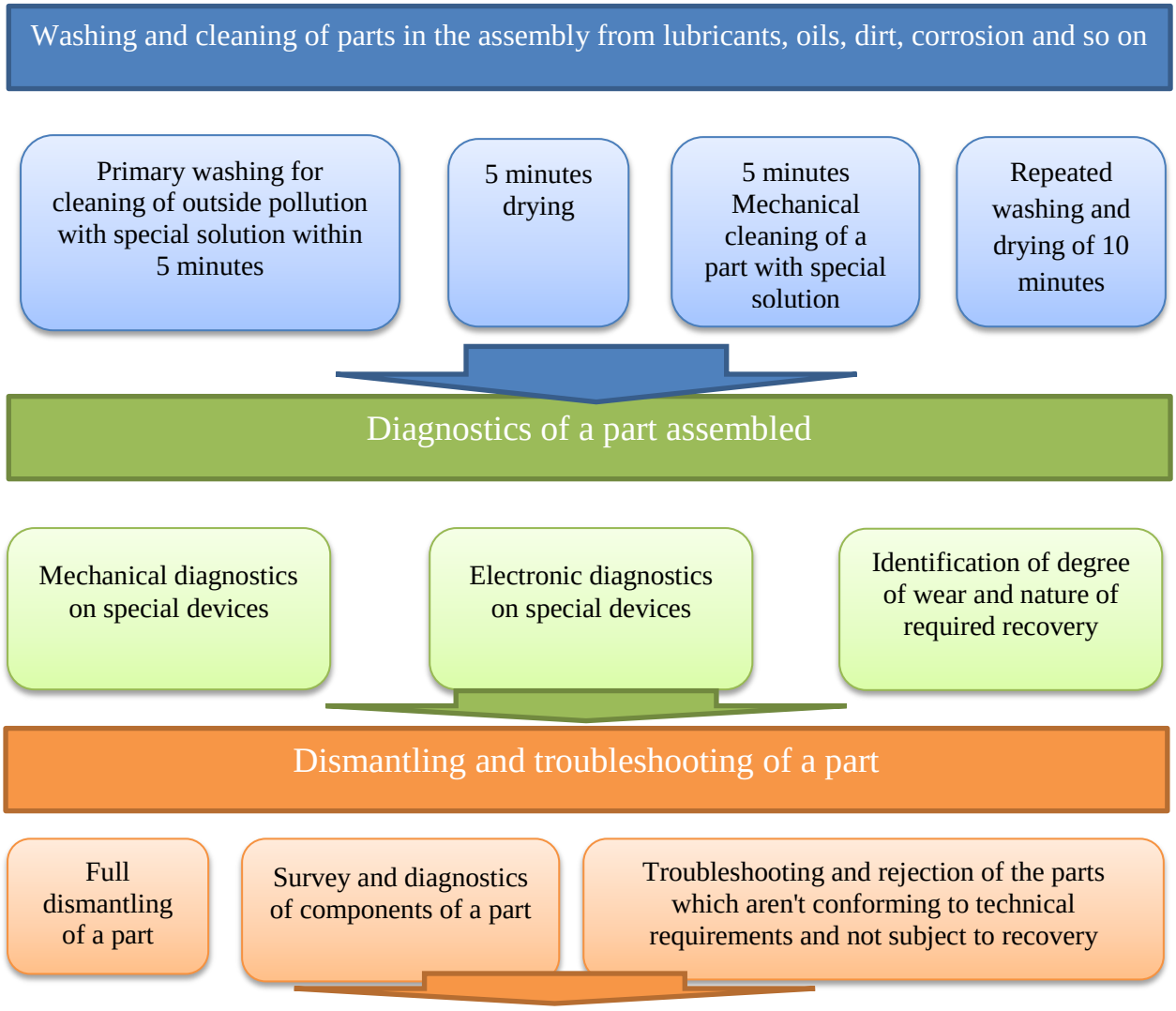
The procedure of a remanufacturing is preceded by an important stage, namely return of the detail which was in the use at which on the dealer station the worn-out or broken spare part the car gets. If primary survey shows that the detail is subject to restoration and is one of the details restored at the plant, then she is sent to the center of collecting and processing of the details which are subject to restoration. For stimulation of a returnable stream the credit system at which the client the credits at return of a detail which he can exchange for a discount for purchase of the new or restored detail collect is introduced. After collecting on the central regional collection point and processings the detail goes to recovery production.

After receipt of units in recovery production the part passes several stages of washing, then the part is subject to dismantling, its components look round and rejected. Dismantling is carried out by means of the special equipment allowing to prevent damage of parts. Worn-out elements are replaced with new original parts. And in need of introduction of constructive changes the unit is completed with the new nodes meeting modern technical specifications.

Before recovery process all components of a part undergo compulsory procedure of cleaning but already in unassembled form again. Then all elements are carefully double-checked.

After nodes and elements either are replaced with new or recovered to a condition of technically new product and meet all standards, spare parts go to assembly. All procedures are performed with use of special purpose tools, observance of the moments of tightening and other characteristics applied at assembly of new units. After the end of assembly the product passes test on test stands where the cycle of the tests approximate to the most severe conditions of operation is carried out. The final stage of recovery process is coloring in the same colors, as new original spare parts. The product tested and checked for working capacity having an appearance of the new spare part goes to a warehouse.

The detailed scheme of technology process of a remanufacturing is presented Fig. 36.



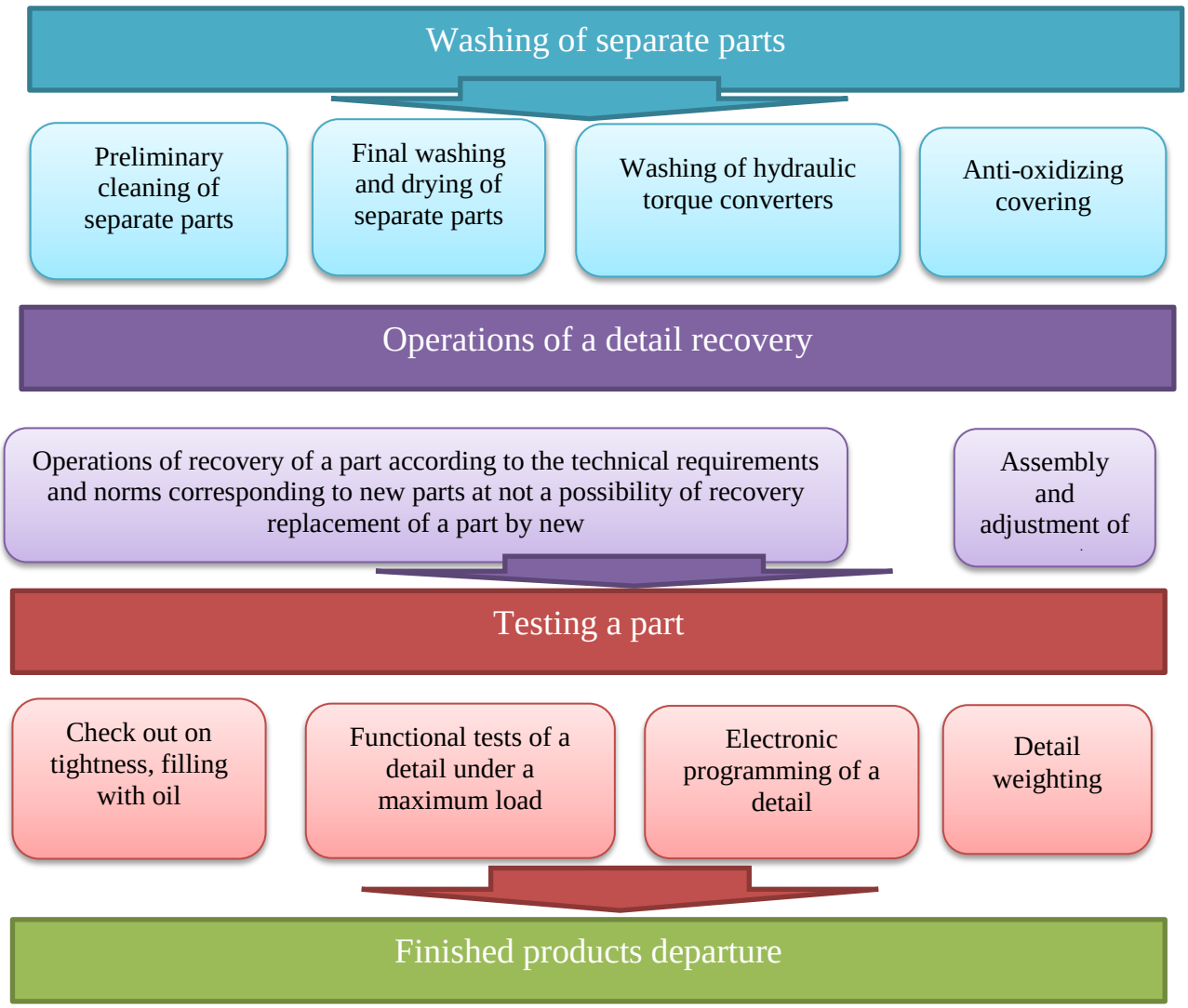


Fig. 36. The scheme of technology process of a remanufacturing [Made by the author]

Environmental efficiency of production

According to model of the environmental impact assessment of production of new automobile parts (engines) and their remanufacturing offered by group of scientists from China [Shi J., Li T., Liu Z., Zhang H., Peng S., 2015], calculation of the key ecological indicators of the project is made. Taking into account forecast data of the project on the volume of recovery, materials applicable at their recovery and also weight and components, applicable metals and alloys, the preliminary ecological benefits of the project received by means of model of assessment of Shi J., Liu T., etc., are provided in table 31.

Table 31

General ecological benefits of the project

Denomination	Reduction, %	Reduction, per year
CO_2	88	-
Energy resources	74	79 460 000 kWh
Raw materials	83	7 682 220 kg

Thus, the remanufacturing of details is connected with the following ecological benefits:

• Extension of life cycle of production and her use according to the initial purposes, instead of burial on grounds in the form of waste or processing in raw materials and materials which demand additional power, labor and raw expenses of resources for production of a finished product.

• Reduction of raw material and energy resources and also decrease in emissions of greenhouse gases in comparison with production of new details.

Financial plan

The accepted assumptions

The purpose of drawing up the financial plan is definition, the analysis and interpretation of the financial performance of the project important for him implementation.

Calculation is executed for 6 years, a calculation step - 1 quarter. The financial plan is developed according to a technique of UNIDO and the Russian normative documents, detailed calculations are presented in Appendices 8 and 9.

Calculation of financial results is made in real terms in Russian rubles for conditions of the III quarter 2017 at US dollar exchange rate – 58,0169 rub for 1 dollars, euro exchange rate – 68,4483 rub for the end of quarter. The main monetary unit of account – thousand rubles.

For assessment of expediency of implementation of the project his financial solvency, commercial and budgetary effectiveness are defined.

The efficiency is defined taking into account discounting – reduction of cash flows occurring at different times taking into account decrease in the value (importance) in monetary resources in process of a distance in time of the operations connected with their expenditure and receiving.

Financial forecasting was carried out with use of computer economic model owing to what the deviation of the sums in the last sign as a result of rounding of values is possible. The main output forms of calculations correspond to the standard forms of the reporting taken in the Russian Federation.

Calculation is executed for the investment project of introduction of a remanufacturing of automobile spare parts and details by “AVTOVAZ” Public joint stock company.

Calculation of the sums for taxes, contributions to the budget and off-budget funds is made on the basis of the legislation existing at the time of development of the business plan. At the same time it is supposed that they will remain invariable throughout all considered period.

In view of duration of the considered period the tables and schedules containing values of indicators not for the entire period of implementation of the project, and only for that period which allows to show visually described events and tendencies are provided in the explanatory note.

The expenses included in product cost are defined according to the current legislation. Profit on sales has been defined as a difference of proceeds from sales and prime cost. When calculating profit on primary activity (net profit) are considered income tax. Necessary investments into working capital were defined on the basis of the need for the net working capital defined as a difference of current assets and short-term liabilities. The structure of current assets has included raw material inventories and materials, work in progress, finished goods, receivables, the VAT on the acquired values (for operation) and also other current assets. The structure of short-term liabilities has included accounts payable.

The forecast of volumes of return for a remanufacturing

The estimated volume of return presented in table 8 is predicted proceeding from structure of the Russian vehicle fleet, statistics of breakages, average age of cars and degree of wear, and also according to the statistics of preferences of buyers of rather original spare parts. So, the Average run of 150 000 thousand km statistically takes place the car in the Russian Federation for 8-9 year of possession, i.e. the 9th summer car needs replacement of a steering rack, the transmission and engine. At the same time 10% of cars statistically can be required replacement of a steering rack, at 20% of cars malfunction of the engine is observed, 5% of cars have problems with the transmission aged up to 9 years.

Table 32

The volume of return of the details which were in the use, 2018-2020, piece [It is made by the author]

Items produced	Car models	Quantity of returns, pcs. 2018 г	Quantity of returns, pcs. 2019 г	Quantity of returns, pcs. 2020 г
Automatic gearbox 21902, 21120	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	46	70	96
Mechanic gearbox 2181, 2180	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194,	107548	135049	166469

	2170, 2172			
Mechanic gearbox 21807	LADA Vesta, XRAY	23	311	409
Engine 21127, 21129	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	110849	131537	155307
Engine 21179, H4M	Lada Vesta, XRAY	62	1690	2277
Steering rack 21920, 11183	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	108679	133908	162782
Steering rack 845006828	Lada Vesta, XRAY	37	1014	1366

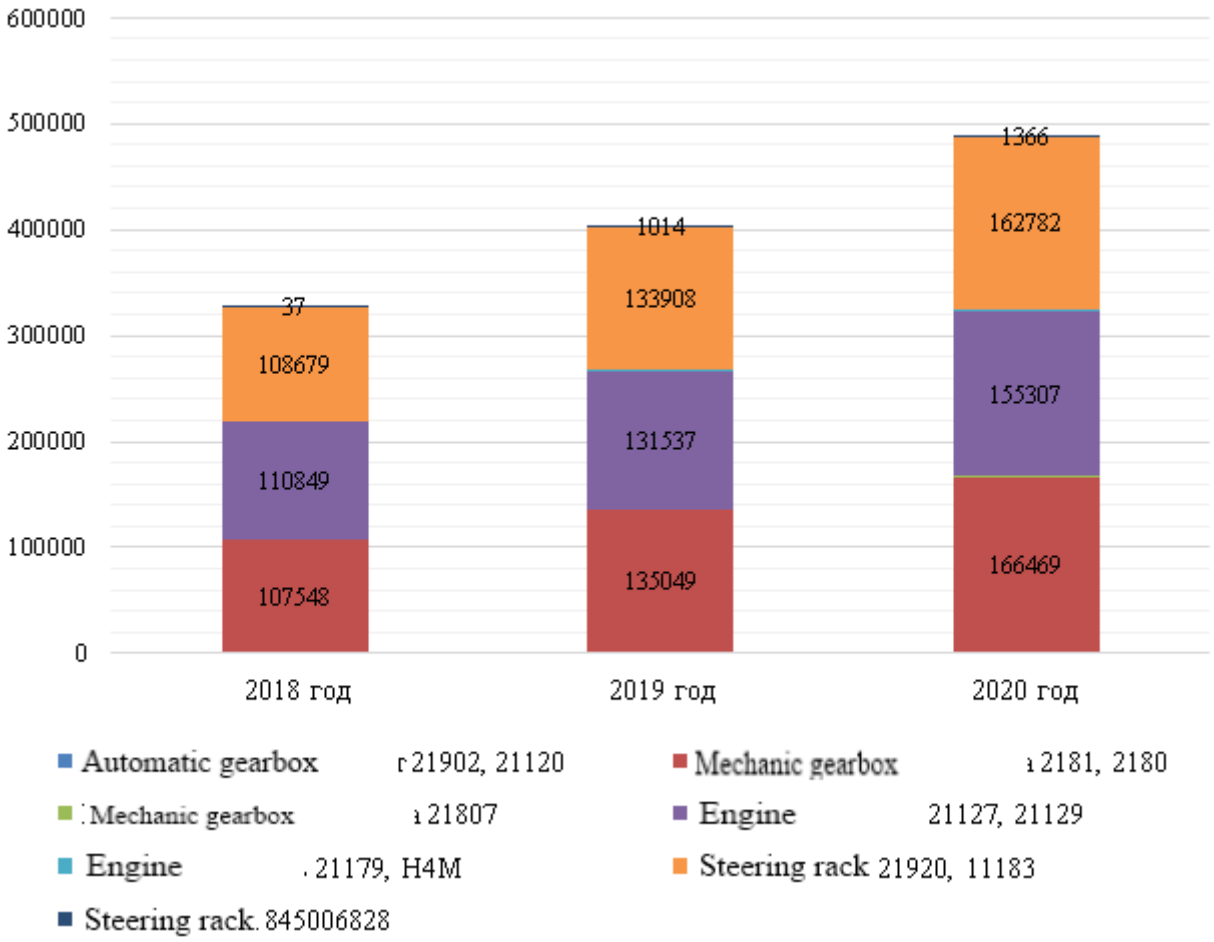


Fig. 37. The volume of return of the parts which were in the use for a remanufacturing, piece [Made by the author]

The forecast of proceeds from sales of the recovered parts

Sales proceeds depending on the volume of recovery are provided in the table, taking into account three scenarios of a remanufacturing of the returned parts (100% recovery, 50% recovery, 10% recovery of the returned parts)

Table 33

Sales proceeds depending on the amount of a remanufacturing, thousand rubles [Made by the author]

Items produced	Car model	Sales of remanufactured items 100%/ 50%/ 10%., thous.rub. 2018 г	Sales of remanufactured items 100%/ 50%/ 10%., thous.rub. 2019 г	Sales of remanufactured items 100%/ 50%/ 10%., thous.rub. 2020 г
Mechanic gearbox 21902, 21120	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	4711504	7169680	9832704
		2355752	3584840	4916352
		471150	716968	983270
Mechanic gearbox 2181, 2180	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	2272059048	2853045174	3516824094
		1136029524	1426522587	1758412047
		227205904	285304517	351682409
Mechanic gearbox 21807	LADA Vesta, XRAY	680225	9197825	12096175
		340112	4598912	6048087
		68022	919782	1209617
Engine 21127, 21129	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	8729358750	10358538750	12230426250
		4364679375	5179269375	6115213125
		872935875	1035853875	1223042625
Engine 21179, H4M	Lada Vesta, XRAY	6330324	172552380	232486254
		3165162	86276190	116243127
		633032	17255238	23248625
Steering rack 21920, 11183	ВАЗ 2190, 2191, 2192, 2194, 2170, 2172	778250319	958915188	1165681902
		389125159	479457594	582840951
		77825031	95891518	116568190
Steering rack 845006828	Lada Vesta, XRAY	514115	14089530	18980570
		257057	7044765	9490285
		51411	1408953	1898057

Sales structure of released products with 50% remanufacturing car parts, which were returned, Fig. 38.

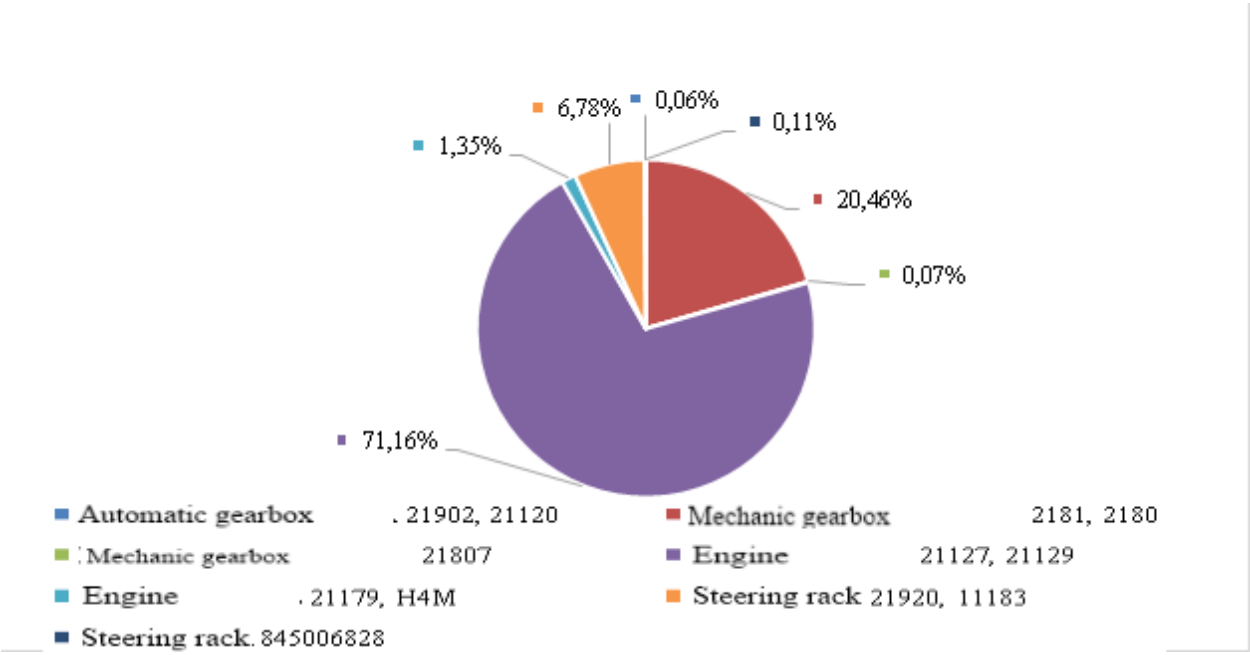


Fig. 38. Structure of sales proceeds on condition of 50% of a remanufacturing of the returned products 2020 [It is made by the author]

Sales proceeds with an exit to fifty-percentage recovery of the returned parts in 2020 will make 8 028 787 rubles a year (with the VAT).

Cost value of a remanufacturing

In a general view of costs of a remanufacturing of one part are determined by a formula (8):

$$C_r = C_v + C_c + C_a + \sum_{i=1}^{n}\langle \sum_{j=0}^{n} M_{i,j} + \sum_{j=0}^{n} W_{i,j} + \sum_{j=0}^{n} E_{i,j} + \sum_{j=0}^{n} R_{i,j}\rangle \quad (8)$$

(the sum under the sign of the sum means that calculation is conducted on all operations of technology process), where

C_v - cost of a worn out part

C_c - unit workshop and factory costs

C_a - unit amortization costs

$M_{i,j}$ – unit costs of purchase and transportation of raw materials and materials

$W_{i,j}$ – unit labor costs

$E_{i,j}$ – gas, electricity and water costs

$R_{i,j}$ – reverse logistics costs per unit

The general cost of production of products at an exit to the planned output will make 4 766 147 thousand rubles a year (With the VAT). Dynamics of full cost value and also structure of cost value is presented on Fig. 38., Fig. 39.

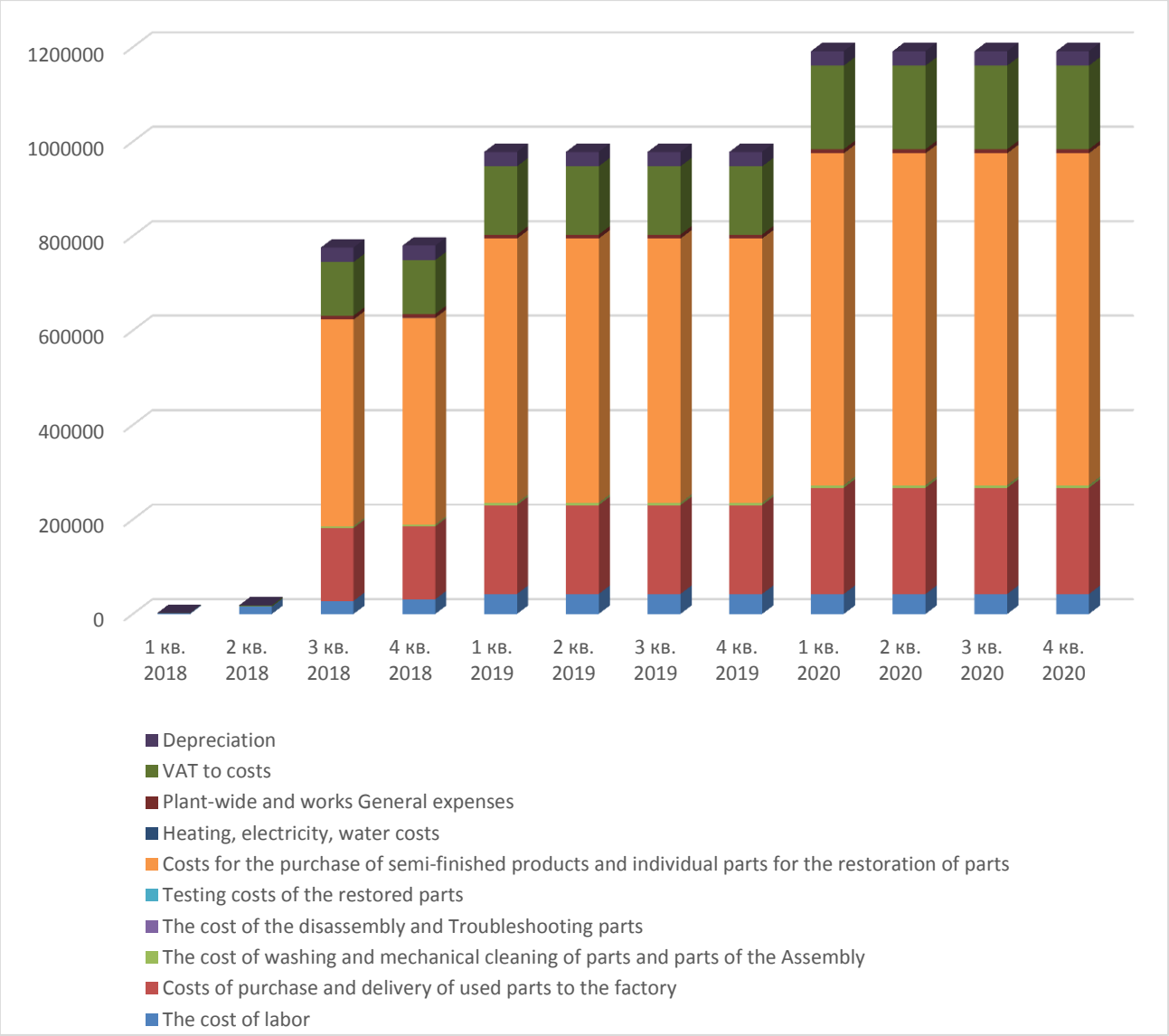


Fig. 39. Dynamics of cost value of a remanufacturing of parts [Made by the author]

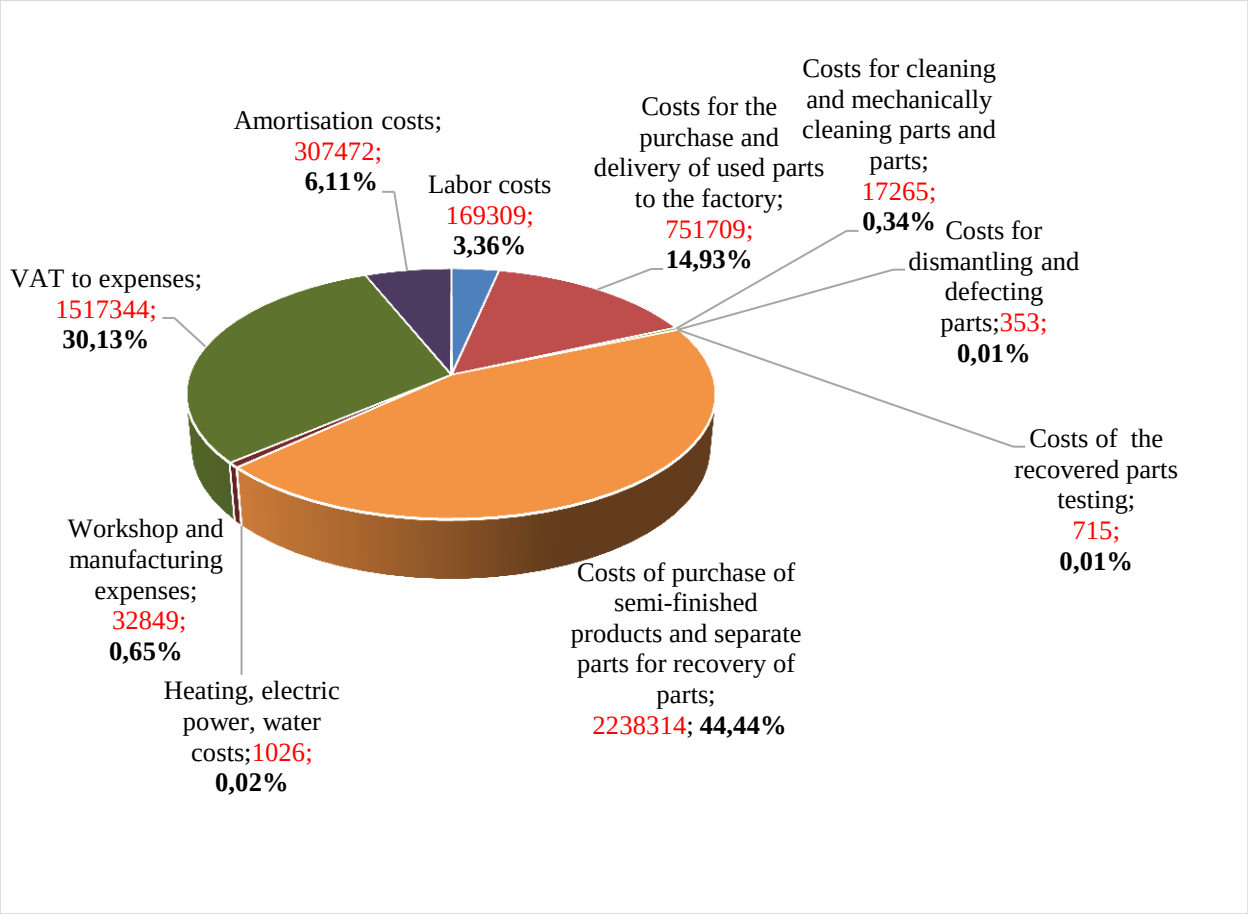


Fig. 40. The structure of the cost price of remanufacturing of parts [Compiled by the author]

The cost of organizing the return flow of used parts

The costs for return logistics of used parts include the cost of the part, the cost of fuel and loading operations, the total costs for the organization of return logistics will amount to 898 928 thousand rubles. per year when reaching the planned capacity. The dynamics and structure of costs for return logistics is shown in Fig. 41.

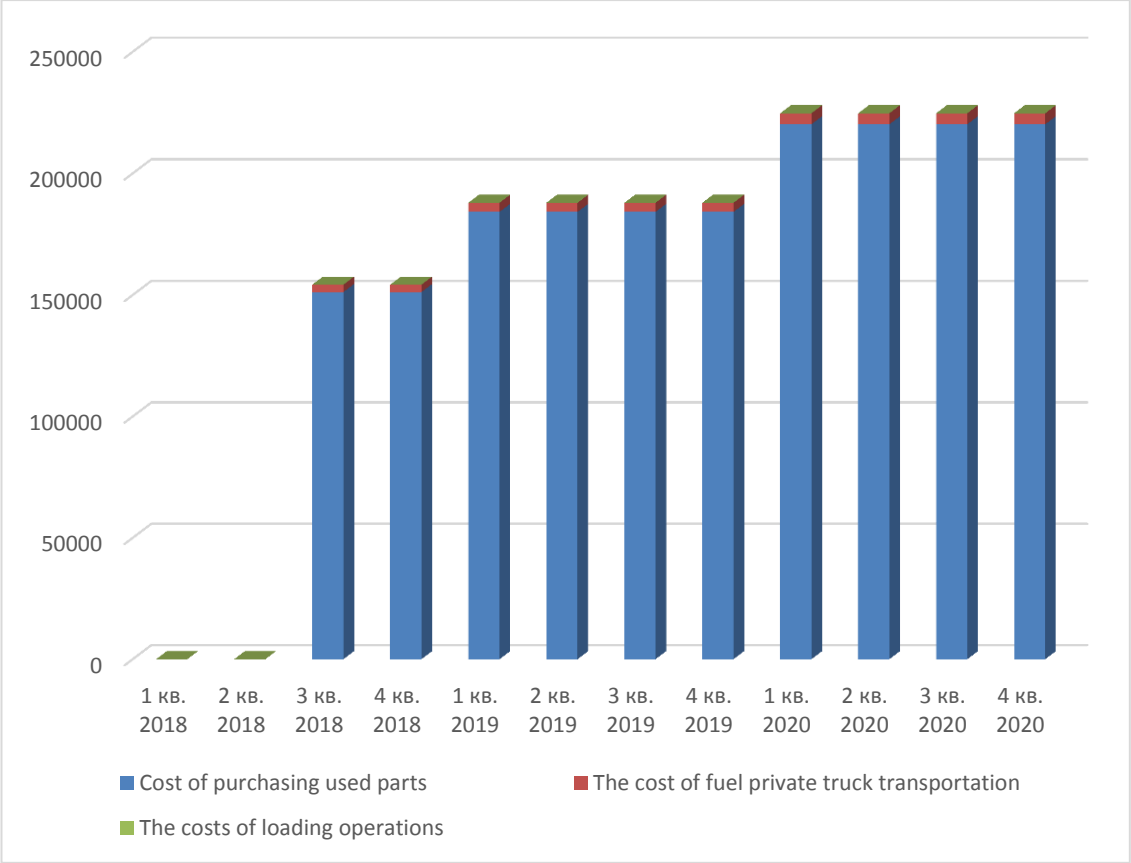


Fig. 41. Dynamics and structure of costs for return logistics [Compiled by the author]

Costs for the procurement and delivery of necessary raw materials and materials

The costs for the purchase of semi-finished products and individual parts for the restoration of parts are formed from the cost of purchasing semi-finished products and individual parts, the cost of fuel and loading and unloading. The total costs for the purchase and delivery of the necessary raw materials and materials with an output to the planned capacity will be 2,810,142 thousand rubles. (Without VAT). Dynamics and structure of costs purchase and delivery of the necessary raw materials and materials is presented in Fig. 42.

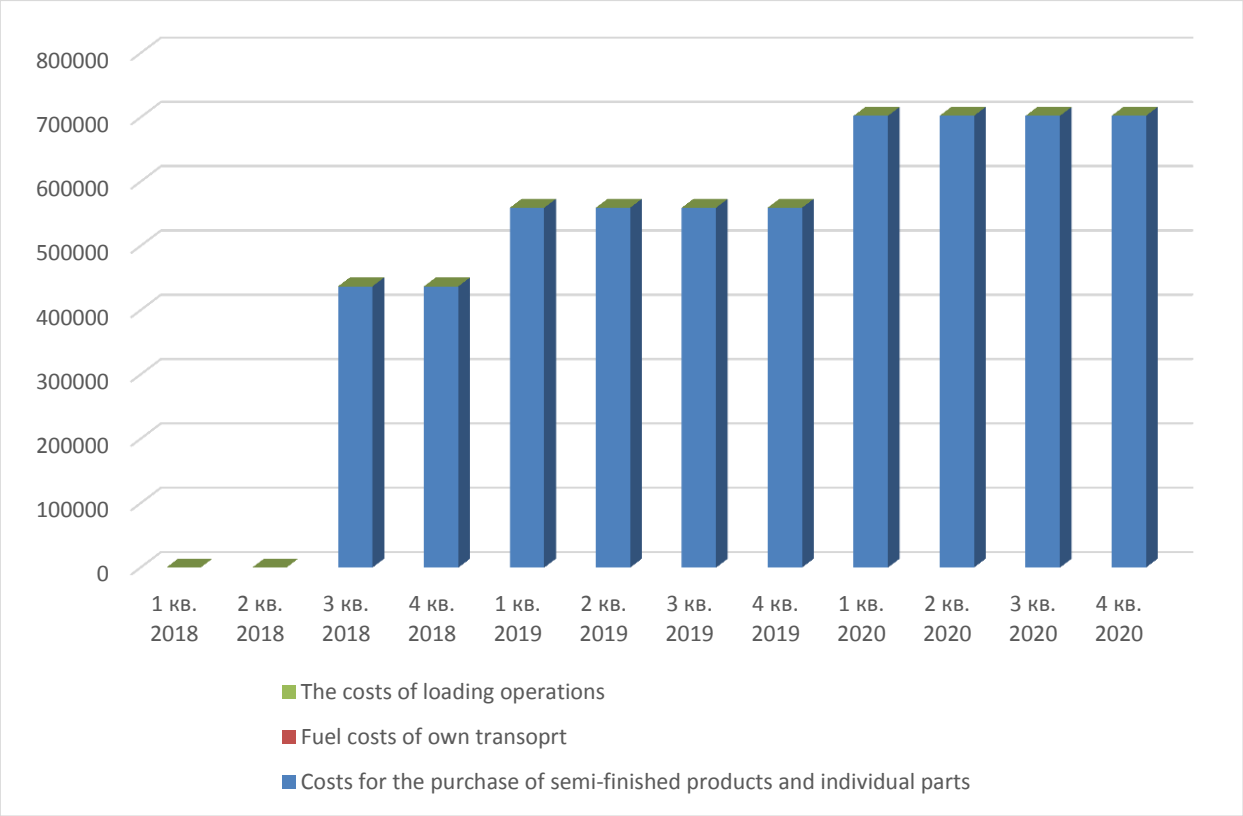


Fig. 42. Dynamics and structure of costs for the purchase and delivery of necessary raw materials and materials [Compiled by the author]

Expenses for the procedure of remanufactoring

The costs for the procedure of remanufacturing, namely the cleaning of the parts in the assembly and the individual parts, disassembly and defecting of the parts, testing of the restored parts when reaching the planned capacity will amount to 22,200 thousand rubles. in year.

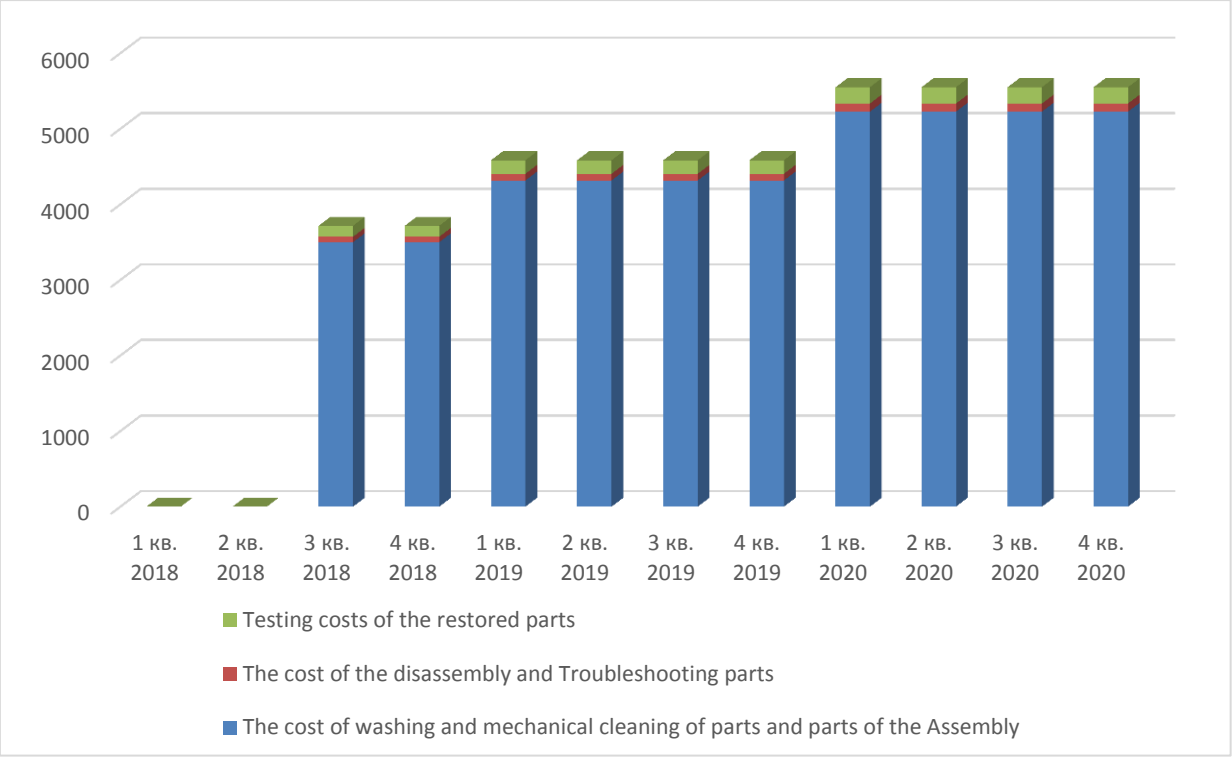


Fig. 43. Dynamics and structure of costs for remanufacturing details [Compiled by the author]

Costs for gas, electricity, water

The cost of utility costs when reaching the planned capacity will be 1,204 thousand rubles. in year.

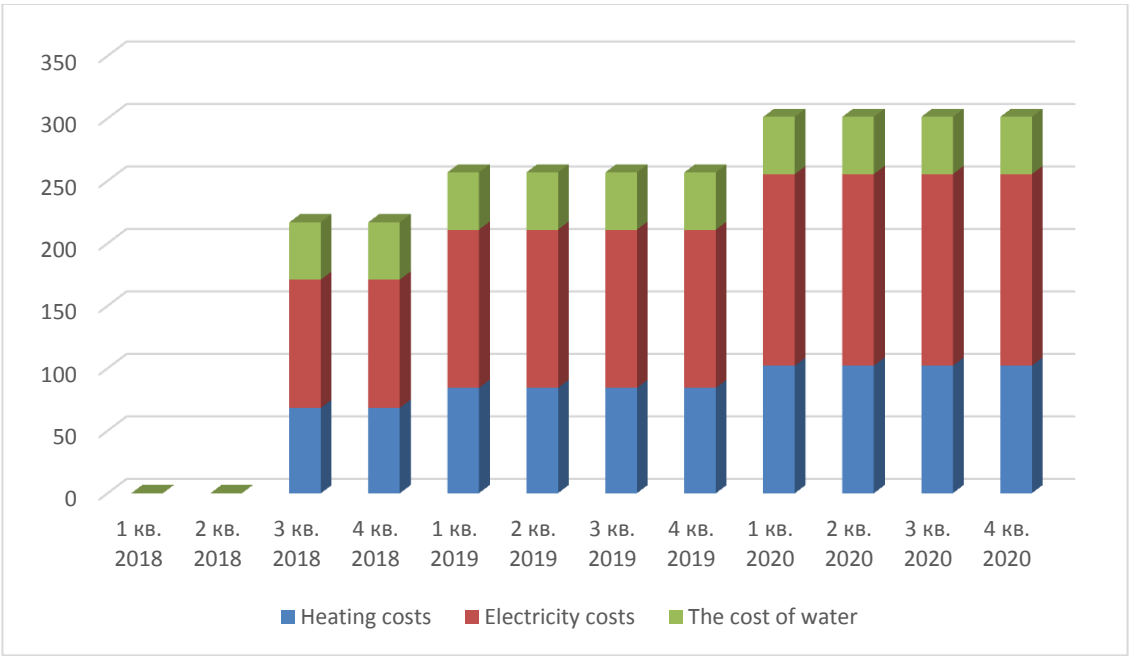


Fig. 44. Dynamics and structure of costs for utility payments [Compiled by the author]

General and general factory costs

General and general factory expenses amount to 33 102 thousand rubles. per year when reaching the planned capacity. The calculation of plant costs was carried out in accordance with the market prices for services and the actual costs of existing and similar enterprises.

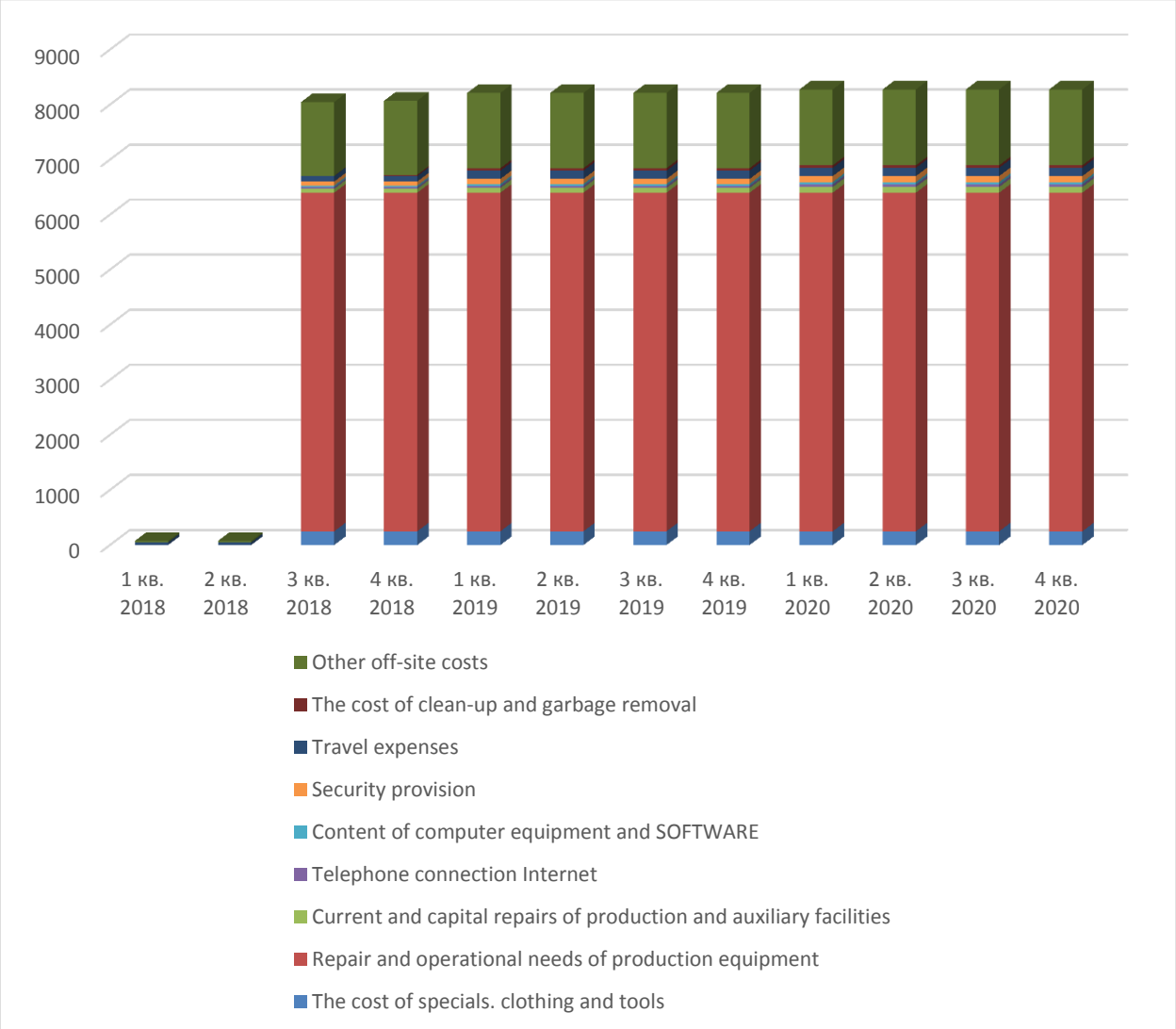


Fig. 45. The structure of factory and general factory expenses [Compiled by the author]

Labor costs

When entering the planned production capacity, labor costs will be 30,672 thousand rubles. per quarter (excluding insurance premiums). The calculation of the wage fund was made in accordance with the projected placement of staff and the corresponding average monthly wage. The calculation of deductions from wages was carried out in accordance with the current legislation.

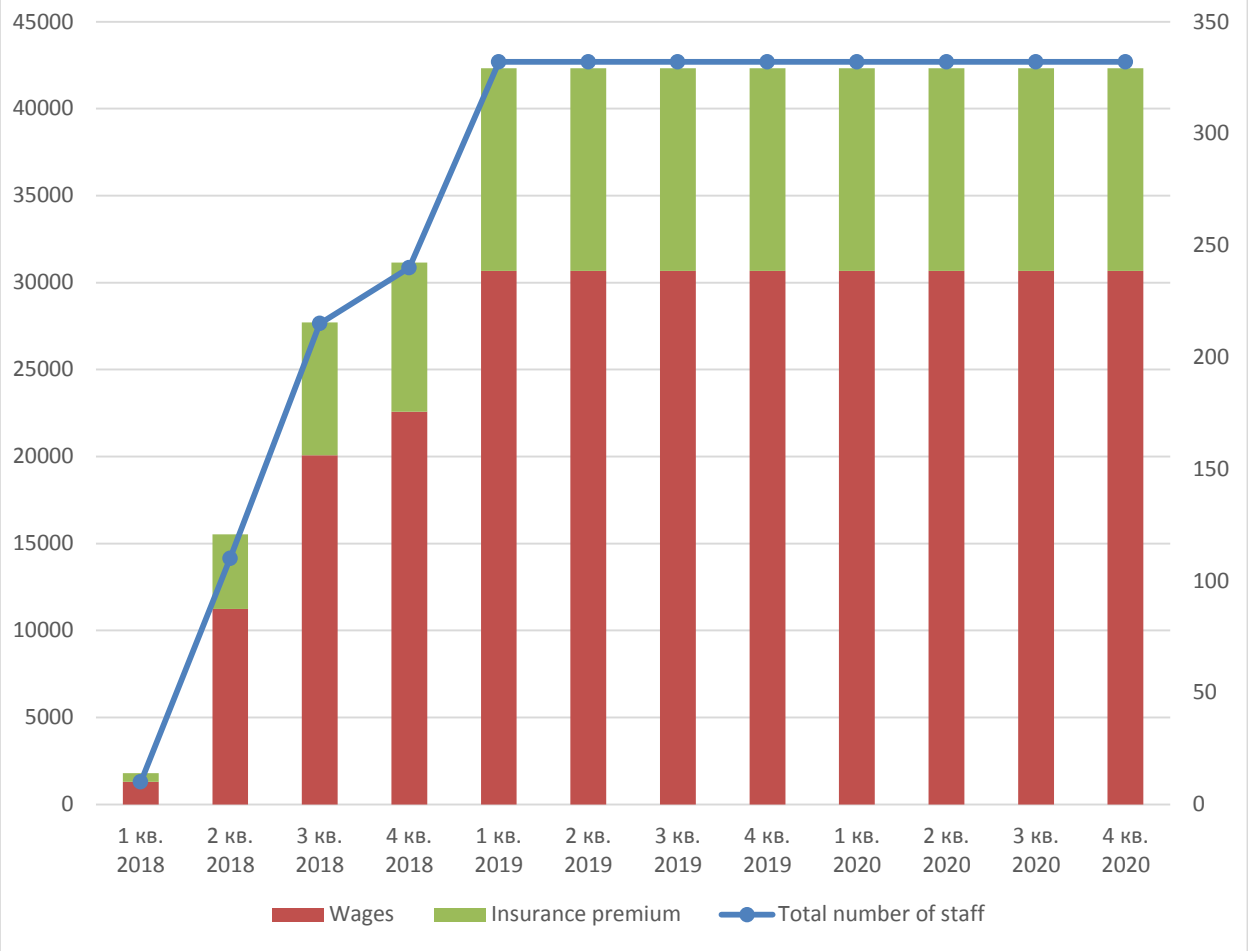


Fig. 46. Dynamics of the number of personnel and FOT [Compiled by the author]

Depreciation deductions

The annual amount of depreciation charges will be 122,989 thousand rubles. When calculating depreciation charges for equipment - in accordance with the useful life.

Profit of the company

Analysis of financial results allows you to correlate income received in the process of production activities, with costs incurred in the same period. The analysis of the ratio of income and expenditure allows you to determine the amount of taxes that must be paid in accordance with current legislation, to estimate the reserves of increase in equity. Gross profit is the difference between revenue from sales and production costs. Undistributed profit is defined as the difference between gross profit and taxes attributable to profit from sales. Gross profit when entering the planned volume of remanufacturing will be 4,707,812 thousand rubles.

Fig. 47. Dynamics and structure of profit [Compiled by the author]

Investment costs

Capital investments

The schedule of development of capital investments is presented in Table 34.

Table 34

Calendar schedule of capital investments [Compiled by the author]

DIRECT PURCHASE	Total	Measure	"0"	1 quarter	2 quarter	3 quarter

MANUFACTORING EQUIPMENT.		units.		2018	2018	2018
Оборудование для приема и первичной дефектовки	428	thaus. rub.		363		
Equipment for washing and cleaning of a part assembled	1 930	thaus. rub.		1 635		
Camera of mechanical cleaning	72 073	thaus. rub.		61 079		
Diagnostic equipment and tools	42 106	thaus. rub.		35 683		
The equipment for washing of the sorted part	2 406	thaus. rub.		2 039		
The stand for washing of hydraulic torque converters	144	thaus. rub.		122		
Equipment and tools for assembly/dismantling of a part and troubleshooting	109 378	thaus. rub.		92 693		
Equipment to restore	250 625	thaus. rub.		212 394		
Equipment of the site of diagnostics and tests	135 856	thaus. rub.		115 132		
Total equipment cost	614 946	thaus. rub.	0	521 140	0	0
Carrying amount		thaus. rub.	0	521 140	521 140	521 140
Equpment VAT	18%	thaus. rub.	0	93 805	0	
CAPITAL INVESTMENT	Total	Measure units.	"0"	1 quarter 2017	2 quarter 2017	3 quarter 2017
Contribution of the initiator of the project: creation of a technology complex, development and approbation of technology, etc.	90 000	thaus. rub.	76 271			
Mounting and adjustment of processing equipment, creation of the PCS	20 000	thaus. rub.			16 949	
Development of the design and estimate documentation, working documentation and specification, receiving necessary ecological, etc.	16 400	thaus. rub.		4 169	9 729	
Maintenance of service of returnable logistics	5 390	thaus. rub.		1 827	1 827	914
Preparation of an operational personnel	4 040	thaus. rub.			1 712	1 712
Reconstruction of warehouses for storage of the returned and finished goods, workshop for a remanufacturing						
Construction of workshop for a remanufacturing	9 750	thaus. rub.		2 479	5 784	
Construction of a warehouse of storage of the returned products	4 500	thaus. rub.		1 907	1 907	
Construction of a warehouse of storage of the recovered products	7 765	thaus. rub.		4 606	1 974	
Installation of system of systems of aspiration and ventilation, video surveillance	3 500	thaus. rub.			2 966	
Total Capital investments	161 345	thaus. rub.	76 271	14 989	42 848	2 625
Capital investment VAT	18%	thaus. rub.	13 729	2 698	7 713	473
INVESTMENT COSTS	Total	Measure units.	"0"	1 quarter 2018	2 quarter 2018	3 quarter 2018

Capital investments		thaus. rub.	76 271	536 390	43 593	2 671
buildings and constructions		thaus. rub.	76 271	14 989	42 848	2 625
equipment		thaus. rub.	0	521 140	0	0
Other capital investments	2%	thaus. rub.	0	261	745	46
Intangible assets		thaus. rub.	0	4 000	0	0
acquisition of the site license (lump-sum contribution)		thaus. rub.		4 000		
acquisition of other intangible assets		thaus. rub.				
Total investment costs		thaus. rub.	76 271	540 390	43 593	2 671
Investment costs the accruing result		thaus. rub.	76 271	616 661	660 254	662 925
Investment costs VAT	18%		13 729	96 550	7 847	481

Utilization of capacity of AVTOVAZ - 46% therefore there is no need for Increase in power of engineering systems, and also to Purchase of motor transport, loading and auxiliary equipment. The total volume of capital investments on the project is 781 532 thaus. rub. (with the VAT)

Working capital

Current assets represent the cost advanced in cash for systematic formation and use of revolving business assets and funds of the address in minimum necessary sizes providing performance of the production program by the enterprise and timeliness of implementation of calculations.

Current assets of the enterprise perform two functions: production and rated. Performing production function, current assets, being advanced in revolving business assets, maintain the continuity of process of production and transfer the cost to the made product. Upon completion of production current assets pass into the sphere of the address in the form of funds of the address where perform the second function consisting in end of a circulation and transformation of current assets of a commodity form in monetary.

The rhythm, coordination and high effectiveness of work of the enterprise in many respects depends on its security with current assets. The lack of the means advanced on acquisition of material stocks can lead to reduction in production, failure to follow the production program. Excessive derivation of means in the stocks exceeding the valid requirement leads to a necrosis of resources, their inefficient use.

In this project the work on a research of the organization of current assets (net working capital) including was carried out:

• determination of structure and structure of current assets;

• establishment of requirement of the enterprise for current assets;

• definition of sources of forming of current assets.

For assessment of need for investments the forecast of need for the net working capital defined as a difference of current assets and short-term liabilities was executed. The structure of current assets included raw material inventories and materials and receivables. The structure of short-term liabilities included accounts payable for suppliers, the budget and personnel. When calculating accounts payable special attention was paid to maintenance of the normative level of debt (which isn't exceeding the level of the current payments) on the salary, in the budget and off-budget funds.

After development of production capacity the need for net working capital is stabilized at the level of 325 500 thaus. rub. in a quarter.

Financing sources

External sources of financing of the project are:

The carried-out own means of the initiator of the project (in the amount of 90 000 thaus. rub.).

Borrowed funds on a returnable basis under 12% per annum.

The schedule of financing of the project and return of borrowed funds is provided in table 35.

Table 35

Schedule of financing of the project and return of borrowed funds, thaus. rub. [Made by the author]

financing source		Ед. изм.	"0"	1 quar. 2018	2 quar. 2018	3 quar. 2018	4 quar. 2018	1 quar. 2019	2 quar. 2019	3 quar. 2019	4 quar. 2019	1 quar. 2020	2 quar. 2020	3 quar. 2020	4 quar. 2020
Own funds of the project initiator		thaus. rub.	90 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funds in total		thaus. rub.	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000
Credit		thaus. rub.	0	638 000	52 000	13 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Debt on the credit		thaus. rub.	0	638 000	690 000	703 500	643 500	583 500	523 500	413 500	303 500	193 500	83 500	0	0
Credit payments		thaus. rub.	0	0	0	0	-60 000	-79 305	-77 505	-125 705	-122 405	-119 105	-115 805	-80 995	0
%	12%	thaus. rub.	0	0	0	0	0	-19 305	-17 505	-15 705	-12 405	-9 105	-5 805	-2 505	0
The period for calculation of payments for the credit	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
body		thaus. rub.	0	0	0	0	-60 000	-60 000	-60 000	-110 000	-110 000	-110 000	-110 000	-83 500	0
The period for calculation of payments for the credit	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
Credit cofficient							0.9	1.3	1.8	2.3	3.7	7.6	11.2		

Attraction of financial resources of the investor in the amount of 703 500 thaus is supposed. rub. for 3 years under 12% per annum with a quarantine on payment of interest in the first year.

The project has high commercial effectiveness and has a sufficient stock of financial durability therefore return of borrowed funds will be carried out without prejudice to liquidity of the company with high coefficient.

Financial solvency of the project

Forming of cash flows of the enterprise

One of the directions of management of finance of the plant – effective management of cash flows. The management of cash flows assumes accounting of cash flow, development of the plan of cash flow and the analysis of cash flows. The plan of cash flow was developed on the basis of a direct method.

Basis of a direct method of calculation of cash flows are proceeds from sales of products. Cash flow is defined as a difference between all inflows of means at the enterprise and their outflows. The plan of cash flow developed on the basis of a direct method of calculation is provided in table 36.

Table 36

Cash flow, thaus. rub. (a direct method) [Made by the author]

Indicator	"0"	1 quar. 2018	2 quar. 2018	3 quar. 2018	4 quar. 2018	1 quar. 2019	2 quar. 2019	3 quar. 2019	4 quar. 2019	1 quar. 2020	2 quar. 2020	3 quar. 2020	4 quar. 2020
Revenues from sales	0	0	0	1 249 171	1 249 171	1 598 754	1 598 754	1 598 754	1 598 754	2 007 197	2 007 197	2 007 197	2 007 197
Increase of authorized capital	90000												
Increase in debt on credit		638000	52000	13500									
Cash inflow	90 000	638 000	52 000	1 262 671	1 249 171	1 598 754	1 598 754	1 598 754	1 598 754	2 007 197	2 007 197	2 007 197	2 007 197
Investment costs	-90000	-637706	-51580	-13223									
The cost of production (without amortizaation)		-1 876	-15 600	-631 149	-634 637	-802 886	-802 886	-802 886	-802 886	-983 722	-983 722	-983 722	-983 722
Paying off loans					-60 000	-98 610	-95 010	-141 410	-134 810	-128 210	-121 610	78 490	0
Income Taxes				-139704	-138881	-181675	-181675	-181675	-181675	-235391	-235391	-235391	-235391
Outflow of funds	-90000	-639582	-67180	-784075	-833517	-1083171	-1079571	-1125971	-1119371	-1347323	-1340723	-1140623	-1219113
Cash flow	0	-1582	-15180	478596	415653	515583	519183	472783	479383	659874	666474	866574	788084
Cash flow accrual	0	-1582	-16761	461834	877488	1393070	1912253	2385036	2864418	3524292	4190767	5057341	5845425

The sum of free funds of the plant which is saved up by the end of the considered period (cash flow the accruing result) is 5 845 425 thaus. rub. (by 4 quarter 2020 r.).

Commercial effectiveness of the project

The purpose of assessment of efficiency of the project is determination of expediency of implementation of investments (the long-term financial investments for the purpose of obtaining benefit in the future).

Were accepted by the main criteria of efficiency of the project profit level, profitability of the capital and liquidity.

Assessment of the project was carried out taking into account the following indicators: a pure current of money (without external financing); the net discounted income (NPV) (the clean discounted cash flow); the simple and discounted payback period on the basis of cash flows (Fig. 47).

Pure current of money the accruing result for 3 years – 5 588 425thaus. rub.

The net discounted income (NPV) at a discount rate of 25% for 3 years – 3 682 352 thaus. rub.

The discounted payback period – 2,2 year.

Internal standard of profitability (IRR) – 155%

From the above-stated indicators it is possible to conclude that in the considered period the project is commercially effective.

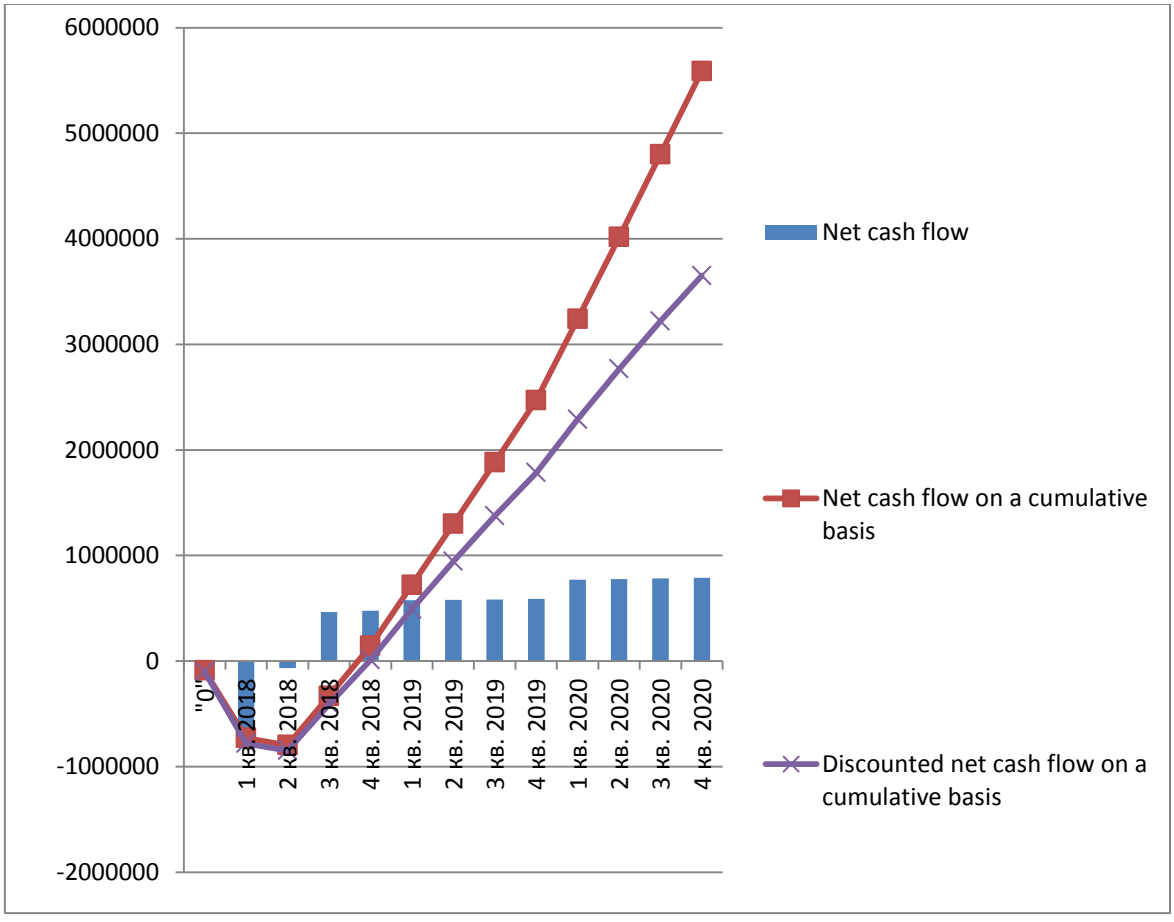


Fig. 48. Indicators of commercial effectiveness of the project [It is made by the author]

The project of implementation of a remanufacturing for recovery of spare parts of cars of the Russian production is connected with a number of advantages, to basic of which the pressure decrease on the environment which is expressed in reduction of consumption of resources and energy consumption belongs; creation of additional jobs in the amount of 332 people at an exit to the planned power; reduction of price of a finished product of 30%, receiving additional profit in the amount of 2 020 582 thaus. rub. in a year. Change of input parameters of the investment project was shown that reasonable implementation of a remanufacturing remains at the minimum border of the price of the recovered product at the level of 60% below new parts with other things being equal, at the same time the enterprise will cover all the expenses and will get zero profit. At increase in investment costs at purchase of the expensive equipment for a remanufacturing of parts, with a total cost of 1 352,88 million rubles, without change of other variables, the payback period of the project will increase to 1,8 years, and net profit will be reduced by 1 005 million rubles. If the returnable flow is reduced by 67%, then at preservation of other conditions, implementation of the project will become inexpedient. At the maximum current interest rate for the credit of 24% with other things being equal the payback period of the project will become 1,3 years, and net profit will be reduced by 82,3 million rubles. It should be noted, in case of receiving didn't arrive, and a loss from a remanufacturing of parts additional researches and calculations for payment of ecological collecting at refusal of utilization would be necessary, on condition of exceeding of the sum of ecological collecting over a loss a choice would need to be made in favor of a remanufacturing if the sum of ecological collecting appeared below a loss, then it would be a signal for the state of increase in a rate of ecological collecting for the purpose of stimulation of development of a remanufacturing and other methods of utilization of automobile parts and components.

The most essential risks of the project is the following: 1. Lack of demand for the recovered products. Data the risk can be minimized at the expense of a guarantee, the thought-over marketing strategy and advertizing positioning the recovered parts at cost is 30% lower than the new products but which aren't of a lower quality and to functional characteristics.

2. Lack of a returnable flow of products which were in the use. This risk is minimized at development of strategy of interaction of the producer with the consumer who is in detail described in Chapter 2. So taking into account discounts for the new or recovered product the consumer will aim at return of the parts which were in the use, but not functioning up to standard.

3. A high share of products which aren't subject to recovery. The system of primary reception of the parts which were in the use including the standards connected with terms of use of autocomponents, level of their wear and damage will allow to reduce products which aren't subject to recovery in a returnable flow for a remanufacturing and to move it to a returnable flow for processing.

A number of scientists notes that recovery of parts and their sale at the reduced cost influences demand and production of new parts, but development of a remanufacturing will mean refusal of the last in favor of the certified recovered products for the Russian consumers who aim at purchase of cheaper counterfeit products today. Reduction of jobs in production of new parts and also in allied industries, for example, the aluminum and steelmaking industries which are the main suppliers of resource-intensive production of new cars of components can become one more negative outer effect of development of a remanufacturing in automotive industry. However growth of jobs in the industries of utilization and other new sectors of circular economy in the long term compensates this negative outer effect. For example, in the EU as researches testify, 3 million jobs can be created that taking into account reduction of a manpower in other industries, will give cumulative reduction of unemployment on 520 000 people.

The main problem of development of a remanufacturing of automobile parts in Russia is the lack of the standardized technology on the one hand and high capital expenditure with another that in addition is complicated by the expensive credits and low investment activity.

Despite the existing barriers, primary automobile market of Russia slowed down the growth rates and sales of new cars are reduced, at the same time demand in the secondary market and also in the market of spare parts grows that is an important incentive for development of a remanufacturing of automobile parts. Negative tendencies in primary market are connected with low purchasing power of the population, also the high share of counterfeit products in the market of spare parts is a consequence of it. However when filling market the refusal of consumption of the last will happen the recovered parts at the cost which is should the certified products that in addition stimulates development of a remanufacturing.

3.3. Recommendations for the phased introduction of the principles of the circular economy for the companies of the Russian automotive industry

The automotive industry is one of the key industries in Russia economy, which creates a multiplicative effect in related industries and determines the economic and social level of development of the state as a whole and its individual regions. [The Development Strategy of the Automobile Industry of the Russian Federation (2025)]. If before the measures to support the automotive industry of Russia had a short-term anti-crisis character with an emphasis on supporting the current activity of automakers, now the state needs to set long-term goals and objectives to increase the innovativeness and competitiveness of the industry. According to the Strategy for the Development of the Automobile Industry of the Russian Federation until 2025, the priority areas for the innovative development of the automotive industry in the Russian Federation in accordance with world trends are:

• Improving energy efficiency and improving environmental performance of vehicles, harmonizing the requirements of technical regulations, standards and regulations with international practice;

• Informatization and computerization technologies;

• Environmental technologies (including alternative fuels and optimization of traditional solutions), passive, active safety and recycling;

• New technologies for designing, modeling, creating and manufacturing vehicles;

• Flexible and adaptive manufacturing technologies;

• Improving the energy efficiency of vehicles by optimizing the characteristics of traditional internal combustion engines (reducing specific fuel consumption) and expanding the use of new construction and operational materials (reducing the mass of vehicles), including by increasing the use of products of the domestic gas and petrochemical industry.

All considered priority directions of the development of the automotive industry of the Russian Federation can be realized within the framework of the transition to a circular economy, taking into account the achievement of environmental and economic efficiency objectives, is based on a number of elements involving the recycling of products and waste. The most priority among these elements is remanufakring in terms of environmental, economic and social benefits. Already today, companies around the world are using remanufacturing as an integral part of the business model they use, however, in the Russian industry, the practice of remanufacturing has not been widely used to date, but at the same time, the automotive industry has a significant potential, due to the availability of production facilities, and presence of the first companies-rehabilitators presented to the segment.

However, in the automotive industry there are a number of systemic problems, among which are the lowest proportion of exports of vehicles and parts, the weak dynamics of the manufacturers of automobile parts and components, as well as the unwillingness of automakers to bring to market new products that meet modern technological trends of the industry. So, as a result of the development of assembly production and, accordingly, the growth in the use of imported components, the dependence of the industry on imports has grown substantially. According to statistics in the production of cars, the dependence on imports increased from 39% in 2008 to 63% in 2015, and dependence on imports in the production of automotive parts also increased, for example, for engines from 2% to 26% 2008 to 2016, for other spare parts from 6% to 35% for the same period [Development Strategy of the Russian Automobile Industry 2025]. A high share of imports means the formation of added value abroad and low resistance to external macroeconomic factors.

Low competitiveness is due to the low localization of production of automotive parts and parts and, as a result, high transport costs, while the market of autocompanies is characterized by fierce competition fromforeign manufacturers, as well as cheap counterfeit products.

However, remanufacturing development can significantly reduce dependence on imported automotive parts and components, and become a source of competitive advantage for industry by increasing localization, reduce vehicle production costs, minimize the impact of external factors and components exports.

For a large-scale development of remanufacturing in the Russian Federation, it is necessary to form the institutional foundations and the regulatory and legal framework that regulates the activity under consideration; creation and development of the base of the best technologies for the recovery of products and their implementation in practice; Development of a system of financing and stimulating the development of remanufacturing. The transition to remanufacturingu in the automotive industry should be carried out purposefully and in stages, tk. a state program for financial support of rehabilitation projects is needed, a period of adaptation of manufacturers to advanced remanufacturing technologies, as well as the development and implementation of new efficient recovery technologies. Fig. 49 proposes the steps and measures to be taken to develop remanufacturing in the automotive industry.

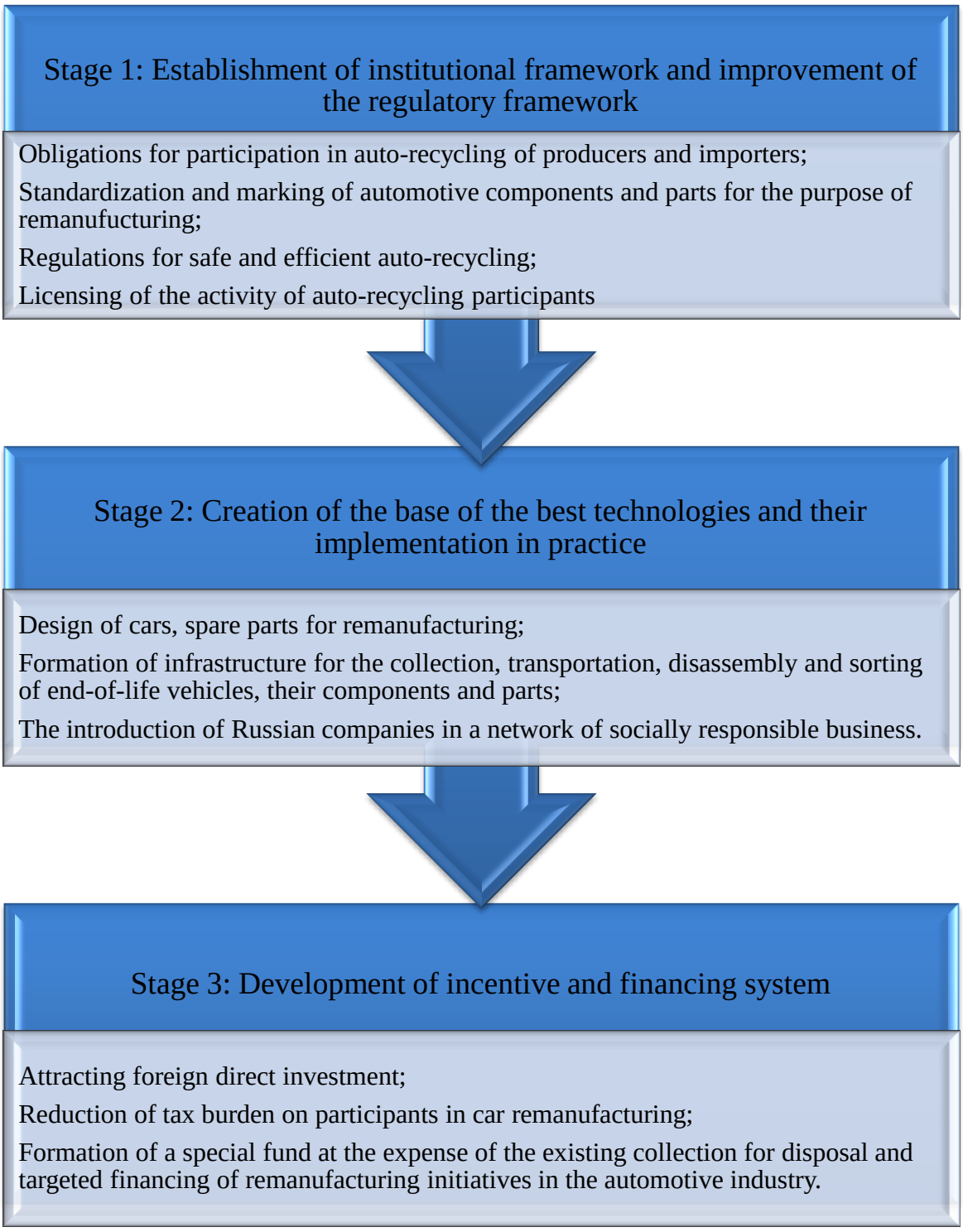


Fig.49. Stages of development of remanufacturing in the automotive industry of the Russian Federation [Compiled by the author]

The success of implementation of the stages of development of remanufacturing presented in the Drawing essentially depends on the assessment of risks and the implementation of consistent actions to minimize them by the state and producers. Table 47 presents approaches to

minimize possible risks in the introduction of remanufacturing in the automotive industry of the Russian Federation.

Table 37

Ways to minimize the risks of development of remanufacturing in the automotive industry of Russia [Compiled by the author]

Possible risks	Ways to minimize risks
Lack of investment for the implementation of remanufacturing	• Providing investment loans at a reduced interest rate. • Subsidizing the modernization of production with the aim of introducing ecological design of products. • Centralized purchase of foreign licenses for the use of remanufacturing technologies that are not available in Russia. • Creation of certification centers and marking of products accredited by foreign manufacturers in clusters of remanufacturing of auto parts. • Attraction of foreign investments in the industry of remanufacturing of automotive components.
Inadequate level of competencies of staff and intensity of R & D	• Development of personnel development programs for the automotive remanufacturing industry. • State support in the field of retraining and staff development. • Creation of national engineering centers in the segment of remanufacturing of motor vehicles. • Establishment of an international BAT framework in the field of recycling and recovery of automotive parts and parts. • Introduction of tax incentives for enterprises implementing R & D in the remanufacturing industry.
Low export-orientation	• Preferential export mode for recovered auto components. • Development of programs for the development of exporters to support abroad, the establishment of certification centers for recovered parts. • Introduction of Russian producers into international networks of socially and environmentally responsible business. • Support for the participation of Russian manufacturers engaged in remanufacturing details at international exhibitions, conferences, etc.
Complicating the economic situation in the face of sanctions, rising costs of production factors, etc.	• Tougher administrative and economic barriers for imported automotive parts and parts. • Strong support for exports, including through monetary incentive measures. • Benefits when importing equipment. • Targeting the domestic market and managing the accelerated concentration of recovery production.

When implementing investment, infrastructure and technological conditions in the automotive industry of the Russian Federation, an economically and ecologically effective

innovation branch can be formed - remanufacturing, with significant benefits in the following interrelated areas:

1. Economy: increasing the efficiency of secondary use of units and parts, the introduction of innovative technologies for energy and resource-saving technologies, the formation of a new industry segment, attracting foreign investment, additional tax revenue;

2. Ecology: reducing the flow of waste and reducing the area of landfills for disposal, reducing consumption of resources and energy, reducing CO2 emissions;

3. Social sphere: creation of new jobs, reduction of accidents on the roads due to renewal of the vehicle fleet.

The transformation of the linear model of the economy into a circular one in the Russian Federation should also be carried out step by step with the development of short-term, medium-term and long-term measures. To date, the country has not developed the technology, infrastructure and institutional environment for a rapid and qualitative transition to a closed-cycle economy.

Stage 1. Short-term measures (1-3 years)

Legal measures: development of the government's long-term strategy for transforming the linear economy into a circular one, raising existing standards for the utilization of products and waste to 30-40% for all groups; preferential taxation of companies for the utilization of products and wastes with differentiated tax rates, depending on the priority of the applied method; accumulation of the budget due to environmental and utilization fees.

Economic measures: the introduction of Russian companies in global networks of environmentally responsible business, attracting foreign direct investment and technology transfer in the industry of reuse of products and wastes; development and use of indicators for the efficiency of the use of resources and energy, the reuse of products and wastes.

Technological measures: creation of alliances "state-business-scientific community" for obtaining synergies and developing models for optimization and reduction of waste, ecological design of products for the purpose of its reuse and extension of the life cycle, search for eco-suppliers and development of closed supply chain models.

2 stage. Medium-term measures (3-7 years)

Legal measures: raising the standards for the utilization of products and waste to 50-60%, the growth of environmental charges, toughening of liability for violation of environmental legislation, preferential taxation for companies implementing circular business models, and a lowered value-added tax rate for products and services that are of a circular nature.

Economic measures: Financing and subsidizing of circular business projects from the accumulated budget through environmental fees, their concessional lending; increasing the

awareness of consumers of goods and services on the reuse of products and wastes, their involvement and inclusion in closed supply chains; change of accounting rules with respect to the circular goods of services.

Technological measures: introduction of ecological design of products, standardization and labeling of products for reuse, creation of infrastructure for collection and sorting and introduction of closed supply chains into the practical activities of companies.

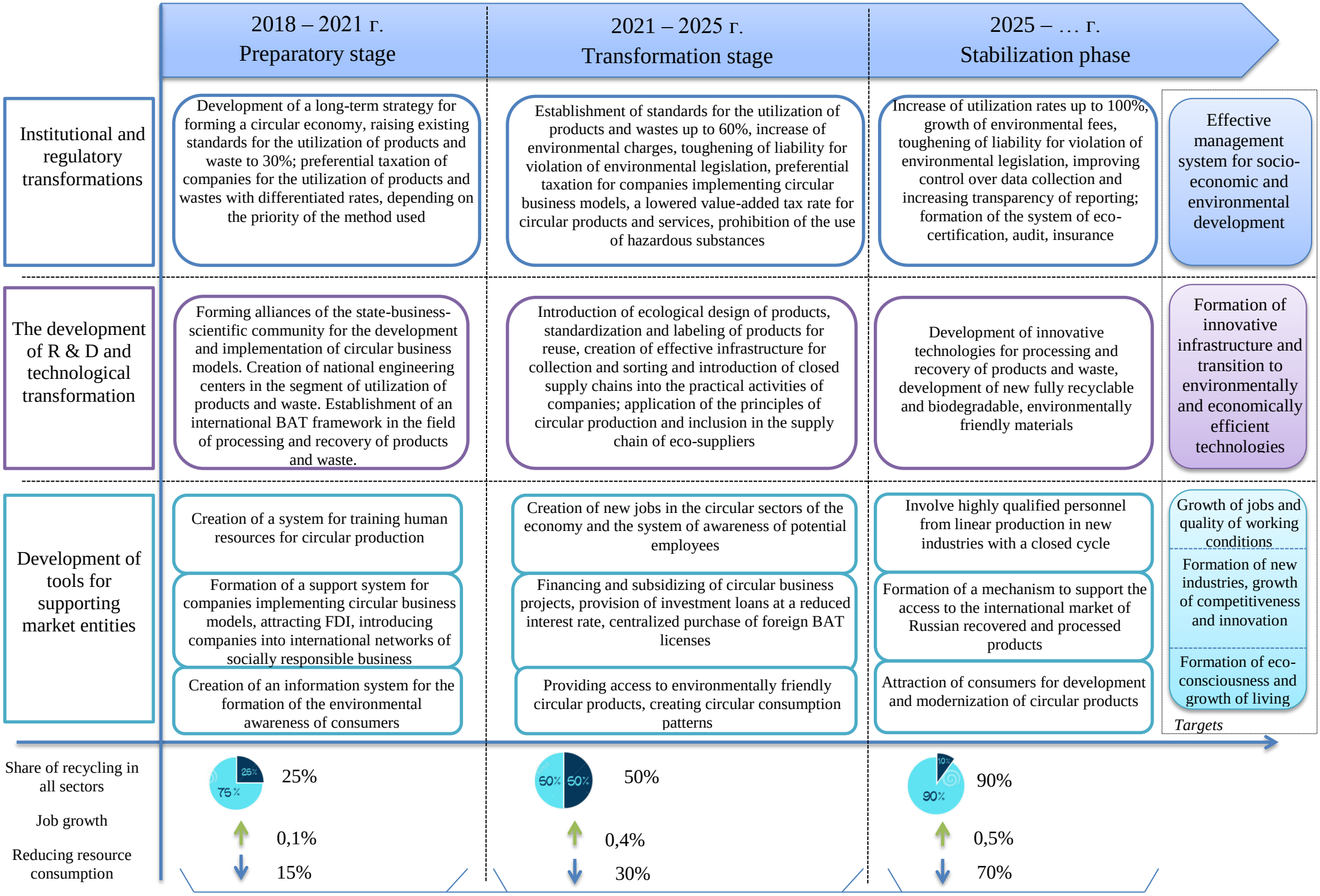
Stage 3. Long-term measures (more than 7 years)

Legal measures: raising the standards for the utilization of products and wastes up to 70-100%, increasing the environmental fee, increasing liability for violating environmental legislation, increasing the extended responsibility of producers, improving control over data collection and increasing transparency in reporting.

Economic measures: increase of prices for resources to stimulate their consumption decrease, use of circular business models by companies, development of co-evaluation and exchange of best practices in the use of circular business models and innovative technologies with foreign companies.

Technological measures: development of biodegradable materials that do not harm the environment, innovative technologies and materials intended for processing.

To illustrate the step-by-step scenario of transforming the linear economy into a circular form, a roadmap has been developed (Fig. 50)


2018 – 2021 г.
Preparatory stage
2021 – 2025 г.
Transformation stage
2025 – … г.
Stabilization phase
Institutional and regulatory transformations
Development of a long-term strategy for forming a circular economy, raising existing standards for the utilization of products and waste to 30%; preferential taxation of companies for the utilization of products and wastes with differentiated rates, depending on the priority of the method used
Establishment of standards for the utilization of products and wastes up to 60%, increase of environmental charges, toughening of liability for violation of environmental legislation, preferential taxation for companies implementing circular business models, a lowered value-added tax rate for circular products and services, prohibition of the use of hazardous substances
Increase of utilization rates up to 100%, growth of environmental fees, toughening of liability for violation of environmental legislation, improving control over data collection and increasing transparency of reporting; formation of the system of eco-certification, audit, insurance
Effective management system for socio-economic and environmental development
The development of R & D and technological transformation
Forming alliances of the state-business-scientific community for the development and implementation of circular business models. Creation of national engineering centers in the segment of utilization of products and waste. Establishment of an international BAT framework in the field of processing and recovery of products and waste.
Introduction of ecological design of products, standardization and labeling of products for reuse, creation of effective infrastructure for collection and sorting and introduction of closed supply chains into the practical activities of companies; application of the principles of circular production and inclusion in the supply chain of eco-suppliers
Development of innovative technologies for processing and recovery of products and waste, development of new fully recyclable and biodegradable, environmentally friendly materials
Formation of innovative infrastructure and transition to environmentally and economically efficient technologies
Development of tools for supporting market entities
Creation of a system for training human resources for circular production
Formation of a support system for companies implementing circular business models, attracting FDI, introducing companies into international networks of socially responsible business
Creation of an information system for the formation of the environmental awareness of consumers
Creation of new jobs in the circular sectors of the economy and the system of awareness of potential employees
Financing and subsidizing of circular business projects, provision of investment loans at a reduced interest rate, centralized purchase of foreign BAT licenses
Providing access to environmentally friendly circular products, creating circular consumption patterns
Involve highly qualified personnel from linear production in new industries with a closed cycle
Formation of a mechanism to support the access to the international market of Russian recovered and processed products
Attraction of consumers for development and modernization of circular products
Growth of jobs and quality of working conditions
Formation of new industries, growth of competitiveness and innovation
Formation of eco-consciousness and growth of living
Targets
Share of recycling in all sectors
Job growth
Reducing resource consumption
25%
75%
0,1%
15%
50%
50%
0,4%
30%
90%
10%
0,5%
70%

The roadmap for the formation of the circular economy in Russia links the targets, the strategy and the plan for the development of the process, and builds in time the main steps of this process. The road map provides for the implementation of tools in the following interrelated areas: institutional and regulatory transformations, the development of R & D and new technologies, and the development and development of mechanisms to support enterprises, consumers and workers in the emerging circular economy. The target targets are aimed at the formation of new industries and competitive innovative enterprises, the growth of jobs and the improvement of the quality of working conditions, the formation of personnel, information and innovation infrastructure, as well as the formation of an effective system of managing socio-economic development, with the aim of sustainability and the growth of the standard of living in general .

The implementation of the roadmap for the development of the circular economy with the support of the state together with business representatives, non-governmental organizations and scientists in Russia will ensure the transformation of the linear model of the economy to enhance environmental, social and economic efficiency, taking into account the digital economy technologies and the requirements of sustainable development.

The Third Chapter Conclusions

A comparative analysis of best practices in the use of remanufacturing and recycling programs has proven the priority of restoring vehicles in the area of saving labor, raw materials and energy resources. Essential effects are provided by the use of remanufacturing technologies, through which not only additional raw materials and energy are extracted from the waste, but rather the recycled products or their individual components are restored, supplying them to the market as full analogues of new products. At the same time in the Russian Federation today there is no fully functioning system for the disposal of old vehicles, there is no infrastructure for collection and sorting, and there are not enough capacities for the process of utilization. Nevertheless, the update of the legislation in the field of waste management in the Russian Federation provides for standards for the recycling of car components, for example, batteries, with rising rates in the long term. Therefore, the lack of capacity for the utilization of vehicles on the one hand, and the significant advantages of remanufacturing in saving raw materials, energy resources, and in reducing CO2 emissions, on the other hand, necessitate the development of recovery technologies in the automotive sector, and the reorientation of efforts by the state and business representatives to support ecologically efficient and innovative reanimation based on innovative approaches.

Enterprises of Russian industry are not involved in the process of product recovery, as evidenced by the analysis of practical experience. The mainly low activity of Russian companies in the formation of the sector of remanfacturine is associated with substantial initial investments and a long payback period, as well as a high degree of uncertainty of commercial efficiency from the introduction of new technologies for the recovery of products and their individual parts. Therefore, in the second paragraph of the third chapter, an evaluation of the investment project for remanufacturing automotive components within the framework of the "black box" system was carried out. The presented project on the development of remanufacturing of automotive parts with high added value proves the economic feasibility and commercial efficiency from investing in this sector. What, on the one hand, will make it possible to obtain additional profit, and on the other hand, to avoid paying the environmental fee in case of the refusal to independently dispose of the products in case of breakage, wear and other reasons for the end of use. In addition to positive economic effects, the introduction of remanufacturing is associated with a reduction in consumption of raw materials and energy by 83% and 74% respectively to restore spare parts of the car in quality corresponding to new analogues. The increase in jobs in the case of the project will be 332 people. For the consumer, the development of

remanufacturing will be associated with a 30-40% reduction in the cost of the finished product, as well as the possibility of rejecting counterfeit products in favor of the restored certified goods.

Transformation of the dominant linear economic model into a circular one, the formation of new environmentally and economically efficient business models, in particular the development of remanufacturing projects, requires mutual efforts of the state, scientists, business representatives and citizens. The implementation of a step-by-step strategy for the formation of the circular economy is associated with short-term, long-term and medium-term measures in the field of formation of the institutional environment, innovation, information and personnel infrastructure, the development and implementation of R & D, the spread of BAT in the field of the utilization of products and wastes, the formation of the environmental consciousness of citizens, technological and legal barriers. Thus, the development of models of the closed life cycle of the product, as well as closed supply chains, the identification of their main elements and dissemination in practice, the introduction of circular business models and consumption patterns, are long processes associated with the stages of preparation, implementation and stabilization of the formation of a circular economy, transition to which is possible with the interaction of all interested parties. The development of the circular economy and in particular remanufacturing will simultaneously reduce pressure on the environment, reduce resource consumption, create additional jobs, and achieve sustainable development goals, which are significant incentives for moving from a linear model of the economy to a closed-cycle economy.

Conclusion

The comprehension of the global problems of modern civilization and the search for solutions to them by scientists and researchers, governments of different countries and leading companies began at the end of the 20th century, as a result of which the concepts of sustainable development, green economy, industrial ecology, "from cradle to cradle" These concepts included the principles of lean, non-waste production, environmental design of products and their reuse, etc. with the aim of reducing pressure on the environment, ensuring stable economic growth and improving the standard of living. Within the framework of the sustainable development paradigm, Russian and foreign scientists conducted research on various problems of modeling and optimization of supply chains, the formation of institutional conditions and overcoming barriers to the ecologicalization of the economy, assessing environmental and economic efficiency, etc. However, the large-scale implementation of the principles of sustainable development became possible with the diffusion of technologies digital economy, such as the Internet of things, robotization, artificial intelligence, cloud computing, analytics large data and 3D printing. So, taking into account the requirements of sustainable development and innovative technologies, a modern concept of the circular economy has been formed and is being implemented, which is associated with the proliferation of closed supply chains, the principle of *"take, make, reuse"* and the development of circular models of production and consumption.

The circular economy is characterized by a restorative and closed nature, minimizing the consumption of primary raw materials, and thus the volumes of processed resources and the final waste sent for burial, optimization of consumption processes by developing and distributing products, components and materials that meet the highest level of their reuse and etc.

If the traditional linear models of the organization of production and economic activities are characterized by inefficient use of raw materials and energy resources, the formation of large amounts of waste and their disposal in landfills and unauthorized landfills, the circular models of production and consumption are aimed at creating closed product life cycles that are processed at the end of use, is restored or reused. Therefore, the formation of a circular economy is associated with positive social, economic and environmental effects. Studies show that reducing CO2 emissions is possible by 70%, reducing the consumption of raw materials in a number of industries can reach 98%, the cost of finished products can be reduced by 40%, the growth of jobs in the EU in the implementation of a number of tools can reach 3 million people. Therefore, the analysis of best practical experience shows that, in order to combat global problems, the governments of developed countries, in cooperation with non-governmental organizations,

business representatives and scientists, implement programs for the development of the circular economy, form the infrastructure and institutional environment, develop and finance innovative technologies and circular business models .

One of the key elements of the circular economy is remanufacturing, which is an industrial recovery at the end of its life cycle according to the specifications of the new product. Remanufacturing technologies are used by companies around the world. are more priority in the area of saving raw materials and energy, labor and CO2 emissions, compared to processing and reuse in cases of technological obsolescence of the product. Therefore, in developed countries, such as the EU member states, active efforts are being made in the field of institutional support for the development of remanufacturing and its distribution in the industrial sectors. Among them, measures for regulatory and legal regulation, as well as economic incentives and financial support for projects aimed at developing best practices in product management at the end of its life cycle.

In Russia, the level of development of the circular economy according to the developed evaluation index is significantly lower than in developed countries, for example, Germany. This is due to a number of problems that can be divided into technological, financial, economic and institutional groups. So, in the Russian Federation, the use of BAT in the field of recycling of old products is not developed, there are no innovative technologies and the necessary equipment for the formation of closed cycle production. At the same time, business representatives are characterized by low investment activity in the development of the best waste management practices and products at the end of its use. A regulatory legal regulation needs further development to form an effective infrastructure for collecting and sorting waste, orienting producers to apply priority methods of product management at the end of its use, development of circular production and consumption patterns. At the same time, the potential for the development of closed cycle production, in particular remanufacturing, is great in the automotive industry, in the large appliance sector, in the aviation industry and in the military-industrial complex. However, the economic mechanisms operating in the country do not stimulate enterprises to abandon the linear production models. Thus, the cost of disposal of waste at landfills is more attractive in comparison with investing in innovative technologies for remanufacturing and reuse of products.

Nevertheless, the government of the Russian Federation seeks to expand the producer's responsibility for the products produced, as indicated by the introduction of standards for the recycling of products with annually increasing rates, the establishment of an environmental fee in the event of non-recycling and fines for violation of legislation in the field of waste management. Therefore, in the future, the tightening of environmental legislation to form a

modern waste management scheme in the Russian Federation on the one hand, and the development of the principles of the circular economy in developed countries, while reducing demand for resources and increasing requirements for the environmental characteristics of products on the other, will encourage Russian companies to modernize existing business models and the formation of industries with a closed cycle. In this regard, the thesis explored the problems associated with the substantiation of methodological approaches to managing the closed life cycle of products, the environmental and economic efficiency of investment projects, the adoption of operational and strategic decisions by enterprises in the transition to a circular economy. The main results of the dissertation study include the following provisions.

1. The main problems and factors affecting the development of the principles of circular production in Russia are revealed. All factors can be divided into: economic, associated with low investment activity of entrepreneurs in the technology of circular production and recycling of waste; technological, consisting in the absence of innovative technologies for the disposal of products at the end of its use, as well as for the unformed waste collection and sorting infrastructure; normative and legal, related to institutional failures and emptiness in the field of environmental legislation of Russia. At the same time, with the purposeful policy of the state in interaction with scientists and business representatives, it is possible to overcome barriers and form a circular economy in Russia.
2. An index for evaluating the environmental design of the product has been developed with an emphasis on its closed life cycle, which includes the following indicators: product costs, operating costs, disposal costs, number of jobs involved in the disposal of the product, environmental damage caused during operation, environmental failure collection from recycling. Based on the concepts of lean and green production, universal quality management and corporate social responsibility, the elements of circular production are presented, which include the ecological design of products, waste-free technologies, resource and energy efficiency, eco-packaging, etc. circular suppliers in the field of economic, ecological and social indicators, which include not only the price and quality of the supplied components and materials, but also their environmental friendliness and innovation for processing or recovery, eco-packaging and transportation, as well as supplier participation in the process of product disposal.
3. A model for supporting the adoption of operational decisions on the method of utilization of products at the end of its use on the basis of economic and environmental efficiency, taking into account the norms of utilization, rates of environmental collection and costs associated with disposal in one way or another. Based on the developed model,

decision rules are presented for the cases of choice between processing with full or partial dismantling of the product, remanufacturing and burial. Thus, the choice in favor of priority methods of utilization of the product indicates the development of the principles of the circular economy, and in favor of less priority methods, signals to the state about the need to reform environmental legislation, as well as the development of mechanisms for supporting market actors for the formation of circular business models.

4. A comparative analysis of the specifics of the Russian program for the utilization of vehicles with similar programs in the EU and US countries was made, their impact on economic and environmental indicators was revealed, and the priority of remanufacturing was proved in comparison with the processing of failed vehicles, their individual parts and parts. Thus, remanufacturing has advantages in comparison with utilization in the field of resource consumption, energy efficiency, reducing the cost of finished products and reducing CO2 emissions. Generalized international experience in the implementation of remanufacturing programs in the automotive industry, studied the specifics of the application of economic and mathematical modeling in the problems of justifying the economic and environmental parameters of programs for the development of remanufacturing. And also proposed the main industries for the introduction of remanufacturing technologies in Russia, which include the production of large household appliances, transport engineering, military-industrial complex, aircraft construction.
5. An investment project and a system for supporting investment decision-making regarding the way of utilization of products at the end of the life cycle are developed using the example of automotive components with an emphasis on remanufacturing, and the indicators of economic and environmental efficiency of the project implementation are given. The commercial and ecological expediency of forming the industry of remanufacturing automotive parts and parts in Russia is grounded. Thus, with the restoration of half of the projected volume of the return of used products (engines, starters, steering racks, gearbox) and at the cost of the restored parts is 30% lower than new analogues, the project will pay for 1.2 years when reaching the planned capacity, reducing energy resources will amount to 79 460 000 kWh per year, and of raw materials - 7 682 220 kg / year.
6. Recommendations are given for the phased development of remanufacturing in the automotive industry of the Russian Federation and the transition to a circular economy. A roadmap for the formation of a circular economy with short-term, long-term and medium-term measures in the field of creating an institutional environment,

technological transformations, and the development of tools to support producers, consumers and human resources has been developed. Among the necessary measures to develop the circular economy in Russia, there has been a tightening of environmental legislation in the field of raising the standards for utilization in the long term, preferential taxation of companies introducing circular business models, the creation of national engineering centers in the segment of utilization of products and wastes to develop innovative technologies for product management at the end use, the formation of an effective system of waste collection and sorting, the introduction of mandatory standardization and ma Kirovka products for reuse, recovery and recycling, the creation of human resources training system for circular production, financing and subsidizing circular business projects, formation of citizens' environmental awareness and so on.

It should be noted that the construction of more accurate scenarios and forecasts is complicated by information problems. Therefore, the creation of innovative information systems for the collection and processing of statistical information, databases of the best available technologies in the sphere under consideration, interaction with international unions and alliances in the development of the principles of circular economy and remanufacturing play a special significance in the transformation of the linear economy of the Russian Federation into a circular model.

The perspective direction of modernization of the developed toolkit for support of programs of development of closed supply chains, principles of circular production, as well as remanufacturing is the inclusion of agent modeling, models of inventory management taking into account the stochasticity of demand and return, design of the location of supply chain objects. All this will give an opportunity to present automakers, heaters, consumers in the form of individual agents with different characteristics that will allow them to clearly model their activities, identify more priority technologies in terms of environmental and economic efficiency, build technological and closed logistics chains that will contribute economically and environmentally. advantageous recycling, more accurately determine the amount of discounts on the recovered products, the rates of environmental charges and standards of util in addition to this, accurately predict the process of withdrawal from the use of products, depending on the level of wear and tear, residual value, as well as the size of discounts for the return of products.

The results of the study, taking into account the changes in the environmental legislation introduced in the country, related to the establishment of mandatory disposal standards and environmental charges in the event of non-recycling, can be used to build a modern scheme for handling waste production and consumption in Russia, to develop recycling programs with an emphasis on remanufacturing in the aviation industry, military-industrial complex, production of

large household appliances. All this will help transform the dominant linear economic model into a circular form. The development of the principles of the circular economy and remanufacturing technologies in Russia will yield positive environmental effects, taking into account the reduction of landfills for burial and reducing consumption of resources, the economic effects of increasing the efficiency of labor, energy and raw materials, and the social effects of creating additional jobs. Thus, the development of the concept of circular economy, and in particular remanufacturing, is an important task for researchers and scientists, the state and business representatives.

List of Used Resources

Scientific publications in periodicals

1. Ali S.S. Optimization approach in the management of "green" supply chains with feedback (on the example of an Indian company) // Problems of nonlinear analysis in engineering systems. Kazan. KSTU them. A.A. Tupolev. 2015. Vol. 21, No. 2 (44). Pp. 121-146
2. Babanova U.V., Gorshenin V.P. A method for evaluating the innovation activity of an organization // Vestnik of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 2012. No. 22 (281). Pp. 42-45.
3. Baksha, N.V. Corporate social responsibility:course book/ N.V. Baksha, A.A. Danilyuk. – Tyumen: publishing house the Tyumen state. un-that, 2013. – 292 pages.
4. Bezdudna A. G., Hungarians V. G. Formation of the innovative mechanism of strategic management of enterprises to use waste production// Economics and entrepreneurship. - M.: 2016, No. 3-1 (68-1), Pp. 662-664.
5. Bezdudnaya A. G., Vengertsev V. G. Ecological and economic aspects of the use of secondary material resources (WMR) as a vector of the modern concept of the region development// Competitiveness in the global world: Economics, science, technology. 2017, No. 8-4 (55), Pp. 11-15.
6. Bezdudna A. G., Kadyrova O. B., Lebedev V. G. Economic management of an industrial enterprise. Textbook. From: St. Petersburg state University of Economics. 2016, 230 p.
7. Bezdudnaya A. G., Prikhodko Yu. a. Problems of public and private investment of innovative activity of enterprises. Economics and entrepreneurship. - Moscow: 2017, № 12-2 (89-2), P. 975-980
8. Bezdudnaya A. G., Treyman M. G. study of features of ecological and economic geoinformation systems for regional development of Russia / / Competitiveness in the global world: Economics, science, technologies. 2017, No. 10 (57), P. 153-158
9. Belyayevo, I.U. Ensuring sustainable development of territories: interaction of business and power. Yu. Belyaeva//Administrative sciences. –2013. – No 4. – Page 4-8.
10. Berezhnaya E.V., Berezhnaya V.I. Mathematical methods of modeling of economic systems. M.: 2005.
11. Bobyliov, S.N. Indicators of sustainable development: regional measurement: a grant on regional environmental policy / S.N. Bobyliov. – M.: Acropolis, TsEPR, 2007. – 60 p..

12. Bredikhin A.L. The sales forecast in the automobile market of Russia till 2030. L. Bredikhin//Materials of the 5th International specialized exhibition forum "Automotive industry. Autocomponents 2013". – 2013.
13. Vetrova M. Steady returnable logistics: foreign experience and Russian perspectives//the Innovative development of economy, Scientific and practical and theoretical magazine. No. 4 (34), 2016, S. 26-39.
14. Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. Assessment of efficiency of investment projects: theory and practice. – M.: Business, 2002. – 888 pages.
15. Gassman O., Frankenberger To., M Chic. Business models: 55 best templates / Alpina Pablisher. M – 2016. – 331 pages.
16. Glazyev S. U. Transition to new ideology of management of global economic development//Problems of the theory and practice of management. 2016. No. 6. Page 9-16
17. Golubetskaya N. P. Grunin O. A., Kuprin A. A., Samodurov A. A., Tsarev S. A., Zhuk I. V. Formation of sustainable enterprise development based on innovative activities/ From: Asterion, 2013, p. 219
18. Golubetskaya N. P. Management. The textbook/Under the editorship of Professor Yu. V. Kuznetsov, SPbSU, Econ. faculty. – M.:OOO "Publishing house "yurait", 2015, -448c.
19. Golubetskaya N. P., Gribanov Yu. I., Repin N. In. Transformation processes of entrepreneurial activity: from industrial economy to digital / / Economics and management. No. 2 (148), 2018. P. 29-35.
20. Golubetskaya N. P. Principles of innovative management of entrepreneurial income of enterprises of the real sector of the economy / / Economics and management. No. 5, 2015. P. 48-51.
21. Golubetskaya N. P. Development of a system of state regulation of environmental parameters in the real sector of the economy in order to move to an innovative way of development// Economy and management. No. 2.5. 2015. P. 28-33.
22. Grafova G.F. Forming of norm of discount at assessment of efficiency of innovations//the Auditor. 2007. No. 10. Page 34-39.
23. Grachev U.P. Mathematic methods of planning of an experiment: Studies. grant / Yu.P. Grachev, Yu.M. Plaksin. – M.: Put, 2008. – 296 pages.
24. Grigoriev L. Collecting will go in the car. It is time to change/L the system of utilization of the cars which fulfilled the term. Grigoriev//"the Russian Business newspaper" - the Industrial review. – No. 934 (5). – 2014.

25. Gubanov S.S. About economic model and the long-term strategy of new industrialization of Russia//the Economist. 2016. No. 2. C. 3–10.
26. Gusev, U.N. Sustainable development through a prism of corporate social responsibility / Yu.N. Gusev//Economic systems. – 2013. – N 2. – Page 2-4.
27. Danilov-Danilyan V.I. Before the main call of a civilization: a look from Russia / V.I. Danilov-Danilyan, K.S. Losev, I.E. Reyf. – M.: INFRA-M, 2009. – 224 with
28. Davydova A. Decision on heat. Effects of ratification of the Parisian climatic agreement for economy of Russia and the world. 22.08.2016 URL: http://kommersant.ru/doc/3069138?utm_source=kommersant&utm_medium=doc&utm_campaign=vrez (date of the request: 19.10.2016).
29. Davydova R., Asambayev V. Methodical approaches of assessment of efficiency of investment projects//Daydzhest-Finansy, 2002. No. 5.
30. Devyatkov V.V. Methodology and technology of imitating researches of complex systems: current state and perspectives of development: monograph / V.V. Devyatkov. – M.: High school textbook.: INFRA-M, 2013. – 448 pages.
31. Derevyagin A.A. The scheme and economy of system of utilization of vehicles in Russia / A.A. Derevyagin//Materials of the international conference "Utilization of Vehicles in Russia". – 2013.
32. Doroshenko U.A., Avilova I. P. To a question of assignment of a discount rate at assessment of efficiency of investment projects//SCIENTIFIC SHEETS, No. 8 (39) 2007. Page 169-172
33. Yemelyanov A.A., Vlasova E.A. The structural analysis and imitating modeling in the Manual system PILGRIM/. - M.: MESI, 2000.
34. Endovitsky D.A. Complex analysis and control of investment activities: methodology and practice / Under the editorship of the prof. L. T. Gilyarovskoy. – M.: Finance and statistics, 2001. – 400 pages.
35. Zhigalov N.V., Pakhomova N.V. The modern system of strategic planning of energy saving and increase in energy efficiency in Russia in the context of new climatic policy//Problem of modern economy. 2015. No. 3. Page 62-72.
36. Zaretskaya L.M. A research of opportunities of use of "green" technologies at management of chains of deliveries//the Trade and economic magazine, 2015, No. 2, S. 91-100.Karkh D., Potapov Page. Some theoretical and applied aspects of returnable logistics//News of URGEU No. 2 (40) 2012, S. 118-122.
37. Karch D., Potapova S. Some theoretical and applied aspects of return logistics// news USUE № 2 (40) 2012, Pp. 118-122.

38. Karpov U. Imitating modeling of systems. Introduction to modeling with AnyLogic 5. SPb.: BHV-St. Petersburg, 2005.
39. Katalevsky D. Yu. Bases of imitating modeling and the system analysis in management: Manual / U. Katalevsky. – M.: Publishing house of the Moscow university, 2011. – 304 pages.
40. Kobelev N.B. Bases of imitating modeling of difficult economic tasks. - M.: Business, 2003.
41. Kovalchuk U., Stepnov I. Digital economy: transformation of the industrial enterprises//Innovations in management, No. 11, 2017. Page 32-43
42. Kovshevny V.V. Results of "program of utilization" 2014 and the near-term outlook / V.V. Kovshevny, M.N. Rodionov//Materials XI of the International forum "Scrap of Ferrous and Non-ferrous Metals 2015". – 2015.
43. Komissarov A. Fourth industrial revolution//Newspaper Vedomosti of 14.10.2015 (No. 3938)
44. Kornev A. Norway puts the first-ever experiment on eco-friendly burning of garbage. 26.01.2016 URL: https://naked-science.ru/article/media/norvegiya-stavit-pervyi-v-mire (date of the request: 19.10.2016).
45. Kornilov A.M. Economic-mathematical modeling of a recycling of municipal solid waste and use of secondary material raw materials / A.M. Kornilov, K.T. Pazyuk//Messenger TOGA. – 2008. – No. 2(9).
46. Korostyshevskaya E.M. Interstate innovation systems as link of global scientific and technology space. On Saturday.: Globalizacia a jej socialno-ekonomicke dosledky 08. Zbornik prispevkov z medzinarodnej vedeckej konferencie. I cast. Zilina. Slovenska Republika. 2008.
47. Lapidus L.V. Electronic economy: new opportunities for business / Perspective of development of electronic business and electronic commerce. Materials II of the Interfaculty scientific and practical conference of young scientists: Moscow, Lomonosov Moscow State University, economics department; November 25, 2015. Reports and performances / Under the editorship of Dr.Econ.Sci. Lapidus L.V., 2016.
48. Lukyanova N. Internet of things: semiotics convergence natural and artificial in communications//Information society. – 2014. – No. 3. – C. 4–9.Lychkina N.N. The current technologies of imitating modeling and their application in information business systems and the systems of support of decision-making. – Second All-Russian scientifically practical conference "Imitating modeling. Theory and practice. IMMOD 2005", Collection of reports, St. Petersburg, 2005. Page 25-31

49. Lychkina N. N. Modern technologies of simulation modeling and their application in business information systems and decision support systems. - The second all-Russian scientific practical conference " Simulation modeling. Theory and practice. IMMOD 2005", a Collection of papers, St. Petersburg, 2005. C. 25-31
50. Makarchenko M. A., Alekseev V. S. Ensuring the implementation of the innovation process. Economics and environmental management. No. 1, 2014. P. 30.
51. Makarchenko, M. A., Antonov A. A. the Concept of social entrepreneurship and distinguishing features of social entrepreneurs// Scientific journal ITMO. Series: Economics and environmental management. No. 2, 2015. P. 35-42.
52. Makarchenko, M. A., Lagerev A. N. Innovation system in the Russian economy// Materials of the conference. Innovative technologies LLC, St. Petersburg state University of low-temperature and food technologies. 2011, Pp. 129-130
53. Makarchenko, M. A., Podolyako A.V., Dvorakova Z. the Influence of organizational culture on production efficiency// Scientific journal ITMO. Series: Economics and environmental management. No. 1, 2014. P. 46.
54. Makarchenko, M. A. , Skorobogatov M. V., Halych S. V. study of the problems of IT-companies in the implementation of changes in organizations according to Delphi method// Fundamental research. No. 8-1, 2017, P. 141-145
55. Maksyutina E., Golovkin And. Neoindustrialization of the Russian economy on the basis of technologies of the fourth industrial revolution and development of the human capital//Scientific and technical sheets СПбГПУ. Economic sciences. Том10, No. 1, 2017. Page 43−52.
56. Markeeva A. V. Internet of things (iot): opportunities and threats for the modern organizations//Society: sociology, psychology, pedagogics. – 2016. – No. 2. – Page 42-46.
57. Item march. New industrial revolution. Consumers, globalization and end of mass production. M.: Publishing house of Institute of Gaidar, 2015. 420 with.
58. Medynsky, V.G. The innovation management: the textbook for higher education institutions in "Management of the organizations" / V.G. Medynsky. – M.: INFRA-M., 2008. 520 with.
59. Minkina I. I., Elizaryev V. E., Belozersk A. Yu. Development of the return chain of deliveries on utilization of losses waste of material resources at the JSC APATIT Uspekhi enterprise in chemistry and chemical technology, No. 8, 2014, S. 133-136.

60. Molchanov N.N., Antoshkin S.I. A research of interaction of branding of innovations and an economic situation of firm (on the example of the innovation oriented companies of the Russian Federation)//Economy and management. 2015. No. 5 (115). Page 40-49.
61. Molchanov N.N., Molchanov A.N. Assessment of activity of innovation oriented companies on the basis of monitoring of a control system//the International economic symposium - 2015 materials of the International scientific conferences devoted to the 75 anniversary of economics department of St. Petersburg State University: collection of articles. Editor-in-chief: S.A. Belozerov. 2015. Page 46-56.
62. Molchanov N.N. Assessment of quality of hi-tech services//Economy and management. 2012. No. 3 (77). Page 74-79.
63. Molchanov N.N. History of development of economy of scientific and technical progress//Messenger of the St. Petersburg university. Economy. 2009. No. 3. Page 88-93.
64. Motovilov O. V. analysis of the development of the national innovation system and measures to support it in the future. 2014. No. 7. P. 34-38.
65. Motovilov O. V., the Corporate venture financing of innovation projects // Vestnik Sankt-peterb. UN-TA. 2016. Ser.5: Economics. Issue. 4. P. 75-91.
66. Motovilov O. V. financial and credit support of innovative activity. Textbook. SPb.: JSC "krismas+", 2008. 178 p. Nasyrov M. The address with household waste in Sweden – we adopt experience. URL: http://www.biowatt.com.ua/analitika/obrashhenie-s-bytovymi-othodami-v-shvetsii-perenimaem-opyt/ (date of the request: 19.10.2016).
67. Nasyrov M. Handling of household waste in Sweden-adopt experience. URL: http://www.biowatt.com.ua/analitika/obrashhenie-s-bytovymi-othodami-v-shvetsii-perenimaem-opyt/ (accessed: 19.10.2016).
68. Nesterenko N.U., Pakhomova N.V. Organic agriculture in Russia: conditions of transition to a trajectory of sustainable development//Rural economics of Russia. 2016. No. 12. Page 34−41.
69. Oblakova A.V. Assessment of efficiency and risk analysis of investment projects / A.V. Oblakova, S.V. Stepanov//Financial business. 2007. No. 2. Page 27-35
70. Ovchinnikova A.V. Factors affecting the effectiveness of innovation/ / Theory and practice of modern science. No. 4(10), 2016, P. 539-542
71. Ovchinnikova A.V., Norina A. A. analysis of the concentration of car manufacturers in Russia, forecasts and prospects of the industry// Week of science SPBPU materials of scientific-practical conference. Engineering-economic faculty. S. V. Shirokova (resp. ed.), AA Kovalenko (resp. ed.). 2015, Pp. 161-163

72. Ovchinnikova A.V., Matveev V. V. influence of small and large enterprises on changes in the structure of industrial sectors// Problems of modern economy. No. 3(55), 2015, Pp. 193-198
73. Ovchinnikova A. V., Karpova M. A. Problems and prospects of development of automotive market of Russia// Vestnik Kucerovsky. No. 4(8), 2015, Pp. 166-178.
74. Ovchinnikova A.V., Karpova M. A. Application of the theory of industrial markets to the study of modern trends in the automotive industry// Bulletin of the Udmurt University. Series Economics and law. No. 3, 2015, Pp. 55-62
75. Omelchenko I. N., Alexandrov A. A., Brom A. E., Belova O. V. Main directions of development of logistics of the XXI century: resource-saving, power and ecology. / Humanitarian messenger, 2013, issue 10. URL: http://hmbul.bmstu.ru/catalog/econom/log /118.html (date of the request: 19.10.2016).
76. Ostervalder A. Creation of business models: Reference book of the strategist and innovator/Alpin Pablisher; M − 2012. 66 pages.
77. Palamarchuk O.T. Science and technical revolutions//Economy. Right. Press. Vestik KSEI – 2013. – No. 4. – Page 8488
78. Pakhomova N.V. Ecological management / N.V. Pakhomova, A. Endres, K. Richter. – SPb.: St. Petersburg, 2003. – 544 pages.
79. Pakhomova N. In. Environmental management / N. In.Pakhomova, A. Endres, K. Richter. – SPb.: Peter, 2003. - 544s.
80. Pakhomova N. In. Malyshkov G. B. Modernization of Russian environmental legislation and import of institutions: economic and legal analysis / / Vestn. St. Petersburg. UN-TA. 2012. Episode 5. Economy. Issue. 3. P. 20-35.
81. Pakhomova N. In. Richter K. K., Vetrova M. A. Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution // Innovations, № 7, 2017.
82. Pakhomova N. V., Richter K. K., Vetrova, M. A. the Transition to a circular economy and closed-loop supply chain as a factor of sustainable development // Vestnik SPbGU. Economy. 2017. Volume 33, vol. 2. P. 60-84.
83. Pakhomova N. In. Richter K. K., Vetrova M. A. Formation of modern waste management system - from safe disposal to remanufacturing (EU experience, tasks for Russia) // Problems of modern economy. 2016. Issue. 4 (60). P. 181 to 188.
84. Pakhomova N. V., Richter K. K., G. B. Malyshkov Structural transformations in the formation of a green economy: challenges for the Russian state and business// problems of modern Economics, N 3 (43), 2012, Pp. 7 – 16

85. Pakhomova N. In. Richter K, Malyshkov G. B., Bondarenko Yu. P. Organizational and institutional conditions of formation of demand for innovations / / Bulletin of St. Petersburg University. 2015. Series 5: Economics. Issue. 2. C. 4-33. Perekalsky V. A. Analysis of foreign experience of creation and development of systems of utilization of vehicles/VA. Perekalsky//Materials of the 28th All-Russian scientific conference of young scientists "Reforms in Russia and problems of management – 2013". – M.: GUU, 2013.
86. Perekalsky V. A. Analysis of foreign experience of creation and development of systems of utilization of vehicles / V. A. Perekalsky // Materials of the 28th all-Russian scientific conference of young scientists "Reforms in Russia and problems of management – 2013". – M.: GUU, 2013.
87. Perekalsky V. A. Application of imitating modeling in a problem of justification of financial and economic parameters of programs of utilization of vehicles/VA. Perekalsky//Materials of the International administrative forum "Management of Economy in the Strategy of Development for Russia". – M.: GUU, 2014. – Issue 2. – Page 89-92.
88. Perfilyeva E.E., Belozerova S.S. Ekologo-ekonomichesky assessment of investment projects//the Bulletin of the Center of environmental policy of Russia "On the way to sustainable development of Russia". Publishing Reform-Press group, 2007. No. 36. Page 87-102.Petrov A. Digital economy: a call of Russia in the global markets//Trade policy. No. 3/11, 2017. Page 1-73
89. Pisareva O.M. Scenario modeling in management: development of methodology of forecast and analytical researches of complex organizational systems//"Messenger of economic integration". – 2011. – No. 7 (39). Page 19-26.
90. Pishchulov G. V., Richter K.K. The overview of models of coordination in closed circuits of deliveries//the International economic symposium - 2017 Materials of the international scientific conferences. 2017. Page 578.
91. Platonova I.S. Application of circular economy in the field of industrial complexes//In the collection: Economy, management, finance Materials VIII of the International scientific conference. 2018. Page 49-53.
92. Poles N. A., Motovilov O.V., Lukashov N.V. Management of the innovation projects. The textbook and a practical work for the academic bachelor degree. M.: Юрайт, 2016. 330 pages.
93. . Portsenko A. The garbage Netherlands in Russia URL: http://www.trud.ru/article/18-02-2014/1307775_musornye_niderlandy_v_rossii.html (date of the request: 05.06.2017)

94. Potapova S., Shakhnazaryan S. A problem of definition of the concept "returnable logistics" and its role in management of chains of deliveries//Izvestiya URGEU, No. 2 (46) 2013 of Page 123-128.
95. The government was going to raise transport and ecological taxes//Interfax. URL: http://www.interfax.ru/business/429313 (date of the request: 05.06.2017)
96. Rastrogin A.E. Rational subsurface use: state regulation of the market of primary and secondary resources / A.E. Rastrogin//Materials XI of the International forum "Scrap of Ferrous and Non-ferrous Metals 2015". – 2015.
97. Rakhmanov A.L. Results of the program of utilization of old cars / A.L. Rakhmanov//Federal reference book: National security of Russia. – Issue 1. – 2011.
98. Rifkin J. The third industrial revolution: As horizontal interactions change power, economy, the world in general. M.: Alpinanon-fikshn, 2014. 410 pages.
99. Rodionov M.N. Creation of system of utilization of the vehicles which left operation//Materials of the "Metallurgy in Providing State Defense Order" conference. – 2014.
100. Rodionov M.N. Vehicle scrappage as instrument of increase in sales of new autocomponents//Materials of the 6th conference "Utilization of Vehicles in Russia-2014". – 2014.
101. Sausheva O.S. Monitoring of efficiency of a recycling: tasks and organization//NIU ITMO Scientific magazine. Economy series and ecological management. No. 4, 2017. Page 102-109
102. Sergienko O.I. Transition to the best available technologies as source of innovations and way of the organization of resursoeffektivny production//Efficiency of economy, ecological innovations, climatic and power policy: Saturday. articles by results of the international research seminar. SPb.: LLC Skifiya-print publishing house. 2016. Page 170−178.
103. Sergienko O.I., Buryak I.V. Perspectives of using reverse logistics for utilization of household appliances in Russia//Low-temperature and food technologies in the 21st century. VII international scientific and technical conference: conference materials. SPb.: Saint Petersburg State National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2015. Page 367−370
104. Sergienko O.I., Kashchenko U.S. Estimation of resource efficiency and ecological impact of technological processes at the enterprise of automobile branch// Scientific magazine. "Economy and Ecological Management" series, No. 4, 2015. P.342 – 352

105. Seredkina E., Kosheleva N., Gayvoronsky M.The fourth industrial revolution, Internet of things and responsible innovations//Euroasian Union of Scientists (EUS) № 2 (23), 2016. P.134 – 137

106. Smolyak S.A. Discount norms for assessment of efficiency of investment projects in the risk circumstancies//Audit and the financial analysis. – 2000. – №2.

107. Tolkachyov S.A., Andrianov K.N., Lapenkova N.V. Intellectual production through a prism of the third industrial revolution//the World of new economy. 2014. No. 6. P. 28–38.

108. Tomenko L. S., Zakhodyakin G. V. The analysis of a reverse chain of deliveries of the enterprises for processing of worn-out automobile tires about use of agentny modeling//Achievements in chemistry and chemical technology, No. 9, 2013, S. 51-52.

109. Uskov V. Development of the Internet of things as instrument of implementation of strategy of scientific and technology development of the country//Social space No. 2(09), 2017. Page 1-11.

110. Cheberko E.F. Bases of business activity. Business history: the textbook and a practical work for the academic bachelor degree / E.

111. Cheberko E.F. – M.: Yurayt publishing house, 2016. – 420 pages of Cheberko E.F., Isaev S.A. New tendencies in the relations of the state and business and their role in development of society. - SPb.: Publishing house, 2008. - 282 pages.

112. Cheberko E. F. Theoretical bases of business activity (macroeconomic aspect). – SPb.: Publishing house спбгуп, 2009. - 304 pages.

113. Cheberko E. F., Kolmykov A.G. Main directions and factors of transition to innovative economy. - SPb.: Publishing house, 2011. – P. 227

114. Chelmakina L. Assessment of efficiency of investment drafts//Problems of the theory and practice of management.2007. №9. P. 69-75.

115. Chernyak L. Cyberphysical systems are on start//Open systems. 2014. – No. 2. P. 57-65

116. Churakov E.P. Mathematical methods of experimental data in economy. M.: 2005.

117. Shushkin M.A. Classification and choice of strategy of industrial partnership of car makers//Magazine of automobile engineers. 2015. No. termination of article 3 (92), beginning of article of 2014, 6(89). P. 65-67.

118. Shushkin M.A., Garina E. P. Implementation of innovative projects on the basis of a paradigm of sustainable development: methodology and practice. N. Novgorod: NGPU, 2015.

119. Shushkin M.A., Paltsev V. V. Creation of the automobile engineering centers in Russia: way of overcoming technological dependence//Bulletin of the Kazan technological university. 2014. T. 17. № 15. P. 454-461.

120. Yastreb N. The Fourth industrial revolution: global industrial networks and Internet of things // InVestRegion № 4, 2014. P.22–16

121. Akçalı E., Çetinkaya S. Quantitative models for inventory and industrial planning in closed-loop supply chains// International Journal of Industrial Research, 2011, vol. 49, no. 8, pp. 2373–2407.

122. Ajukumar V., Gandhi O. Evaluation of green maintenance initiatives in design and development of mechanical systems using an integrated approach// Journal of Cleaner Industrial, Volume 51, 15 July 2013, P. 34–46

123. Amelia L. Initiating automotive component reuse in Malaysia// Journal of Cleaner Industrial, Volume 17, Issue 17, November 2009, P. 1572–1579

124. Andersen M. An introductory note on the environmental economics of the circular economy // Sustainability Science. 2007. Vol. 2. P.133−140.

125. Bazan E., Jaber M.Y., Zanoni S. Carbon emissions and energy effects on a two-level manufacturer-retailer closed-loop supply chain model with remanufacturing subject to different coordination mechanisms// International Journal of Industrial Economics, 2017, vol. 183, pp. 394–408.

126. Beuren F. Product-service systems: A literature review on integrated products and services // Journal of Cleaner Industrial. 2013. Vol. 47. P. 222−231

127. Boulding K. The economics of the coming spaceship earth // Environmental Quality in a Growing Economy: Essays from the Sixth RFF Forum. H. Jarrett. Baltimore, John Hopkins University. 1966. P. 3–14

128. Braungart M., McDonough W. Cradle to cradle: Remaking the way we make things, 2010.

129. Bulow J. An Economic Theory of Planned Obsolescence// Quarterly Journal of Economics, 1986.

130. Buyukozkan C. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers// Expert Systems with Applications, vol. 39, no.3, 2012. P. 3000–3011.

131. Curtis H, Walker J. Design council European survey of manufacturing companies' attitudes towards design for sustainability. London: Design Council;2001

132. Daniel R. Guide, Luc N. Van Wassenhove. The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. INSEAD, 2008. P. 3-17.

133. Dheeraj N., Vishal N. An Overview of Green Supply Chain Management in India/ Research Journal of Recent Sciences Vol. 1(6), 2012, P.77-82.

134. Edler J., James A. Understanding the emergence of new science and technology policies: Policy entrepreneurship, agenda setting and the development of the European Framework Programme// Research Policy. 2015. №44. P. 1252–1265

135. Firnkorn J., Müller M. Selling Mobility instead of Cars: New Business Strategies of Automakers and the Impact on Private Vehicle Holding // Business Strategy and the Environment. 2012. Vol. 21 (4). P. 264–280

136. Gerholdt J. The 5 business models that put the circular economy to work, 2015. URL: https://www.greenbiz.com/article/5-business-models-put-circular-economy-work (date of the request: 01.05.2018)

137. George D., Brian C., Chen Y. A circular economy model of economic growth // Environmental Modelling & Software. 2015. Vol. 73. P. 60−63.

138. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems // Journal of Cleaner Industrial. 2016. Vol. 114. P. 11−32.

139. Ghisellini P. Zucaro A., Viglia S., Ulgiati S. Monitoring and evaluating the sustainability of Italian agricultural system. An emergy decomposition analysis // Ecological Modelling. 2014. Vol. 271. P. 132−148.

140. Giutini R., Gaudette K. Remanufacturing: the next great opportunity for boosting US productivity//Business Horizon, 46 (6), 2003, C. 41–48.

141. Gordon S. Supplier evaluation: benefits, barriers and best practices// n Proceedings of the 91st Annual International Supply Management Conference, May 2006

142. Gray C., Charter M. Remanufacturing and product design// International Journal of Product Development (IJPD), Vol. 6, No. 3/4, 2008, P.25-37

143. Guide J., Wassenhove L., The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research/ Operations research, Vol. 57, 2009, P. 10-18.

144. Gupta, S.M., Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey// Computers & Industrial Engineering 36, 1999, P. 811–853

145. Dobos I., Gobsch B., Pakhomova N., Pishchulov G., Richter K. Design of contract parameters in a closed-loop supply chain. Central European Journal of Operations Research, 2013, vol. 21, no. 4, pp. 713–727.

146. Dobos I., Gobsch B., Pakhomova N., Pishchulov G., Richter K. Design of contract parameters in a closed-loop supply chain. Central European Journal of Operations Research, 2013, vol. 21, No. 4, pp. 713-727.

147. Dobos I., B. Gobsch B., Pakhomova N., Pishchulov G., Richter K. Remanufacturing of used products in a closed-loop supply chain with quantity discount// Operations Research Proceedings 2011, pp 457-462

148. Dobos I., Pishchulov G., Gössinger R. How to control a reverse logistics system when used items return with diminishing quality. In: Kliewer N., R. Borndörfer, J. F. Ehmke (eds.) Operations Research Procedures 2017. vol. to appear. Springer, Berlin, 2018.

149. Dobos, I., Richter K. A production/recycling model with quality consideration// International Journal of Production Economics. Vol. 104, Issue 2, December 2006, P. 571-579Hawks K. What is Reverse Logistics?// Reverse Logistics Magazine, Winter/Spring 2006, P.28-41

150. Henry R. at al. Municipal solid waste management challenges in developing countries – Kenyan case study// Waste Management, Volume 26, Issue 1, 2006, C. 92–100

151. Huber M. Remanufactured aircraft// Business aviation, 2015. URL: http://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2015-02-22/remanufactured-aircraft (date of the request: 05.06.2017)

152. Ilgin M., Gupta S., Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art// Journal of Environmental Management 91, 2010, P. 563–591.

153. Iyigun O. What could Entrepreneurship do for Sustainable Development? A Corporate Social Responsibility-Based Approach // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2015. № 195. P. 1226-1231

154. Jaafar I., Venkatachalam A., Joshi K., Ungureanu A., De Silva N., Jawahir I. Environmentally Conscious Mechanical Design. Myer Kutz. 2007 – 408 p.

155. Jawahir I., Badurdeen F., Rouch E. Innovation in sustainable manufacturing education. In: G. Seliger, Editor. Proc. of the 11th Global Concerns on Sustainable Manufacturing, Berlin, Germany. 2013. P. 9−16.

156. Jia C., Zhang J. Evaluation of Regional Circular Economy Based on Matter Element Analysis // Procedia Environmental Sciences. 2011. Vol. 11. P. 637– 642

157. Johnson M., McCarthy I. Product Recovery Decisions within the Context of Extended Producer Responsibility. Journal of Engineering and Technology Management 34, 2014,C. 9-28.

158. Kannan G., Soleimani H, Kannan D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future/ European Journal of Operational Research, 240 – 2015, C. 603–626

159. Karlsson R., Luttropp C. Ecodesign: What's happening? An overview of the subject area of ecodesign and of the papers in this special issue. Journal of Cleaner Industrial, 14, 2006. P. 1291–1298.

160. Korostyshevskaya E. M.State Policy in the Sphere of the Qualitative Education International Higher Education Research. Vol. X. /Ed. by M. Takeda Sapporo, Japan, January 2010.

161. Kuo R., Wang Y., Tien F. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection//Journal of Cleaner Industrial, vol.18, no.12, 2010. P.1161–1170

162. Lacy P., Rutqvist J. The Product as a Service Business Model: Performance over Ownership / Lacy P., Rutqvist J. Waste to Wealth. The Circular Economy Advantage. Palgrave Macmillan. UK. 2015. P. 99−114.

163. Linder M., Williander M. Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties// Business Strategy and the Environment. iVolume26, Issue2, February 2017. P. 182−196.

164. Matsumoto M., Yang S., Martinsen K. Trends and research challenges in remanufacturing// International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. January 2016, Volume 3, Issue 1, P. 129–142

165. McDonough W., Braungart M. Design for the Triple Top Line: New Tools for Sustainable Commerce // Corporate Environmental Strategy. 2002. Vol. 9. P. 251-258

166. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. W. Limits to growth: A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind. New York City: Universe Books. 1972 – 211 p.

167. Morrissey A. at al. Waste management models and their application to sustainable waste management// Waste Management, Volume 24, Issue 3, 2004, C. 297–308.

168. Ness D. Sustainable urban infrastructure in China: towards a factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure system// Int. J. Sustain. Dev. World Ecol. 15, 2008, C. 288-301.

169. Pauli, G. Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs / G. Pauli-USA: Paradigm Publications, 2010. - 386 p.

170. Planing P. Business Model Innovation in a Circular Economy Reasons for Non-Acceptance of Circular Business Models // Open Journal of Business Model Innovation.

2015. URL: http://www.scipublish.com/journals/BMI/papers/1250 (date of the request: 21.02.2017).

171. Pishchulov G., Dobos I., Gobsch B., Pakhomova N., Richter K. A vendor–purchaser economic lot size problem with remanufacturing. Journal of Business Economics, 2014, vol. 84, no. 5, pp. 749–791.

172. Pishchulov G., Dobos I., Gobsch B., Pakhomova N., Richter K. A vendor–purchaser economic lot size problem with remanufacturing. Journal of Business Economics, 2014, vol. 84, no. 5, pp. 749–791.

173. Pokharel S., Mutha A. Perspectives in reverse logistics: A review // Resources, Conservation and Recycling № 53, 2009. P. 176.

174. Rashid A., Asif F., Krajnik P., Nicolescu C. Resource Conservative Manufacturing: an essential change in business and technology paradigm for sustainable manufacturing // Journal of Cleaner Industrial. 2013. № 57. P. 166−177.

175. Richter K. Pure and mixed strategies for the EOQ repair and waste disposal problem// OR Spektrum, 1997, vol. 19, no. 2, pp. 123–129.

176. Richter K. The EOQ repair and waste disposal model with variable setup numbers// European Journal of Operational Research, 1996, vol. 95, no. 2, pp. 313–324.

177. Richter K.K. Green supply chain management – does it contribute to climate and energy policy // Efficiency of economy, ecological innovations, climatic and power policy. The collection of articles by results of the international research seminar.– St. Petersburg, 2016. – P. 22–32.

178. Ruiter C. The Circular Economy Performance Index. VU University Amsterdam. 2015. URL: http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/337188 (date of the request: 21.02.2017).

179. Sauvé S., Bernard S., Sloan P., Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research// Environmental Development, vol. 17, 2016, P. 48–56

180. Savaskan R.C., Bhattacharya S., Van Wassenhove L.N. Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing// Management Science, 2004, vol. 50, no. 2, pp. 239–252

181. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. URL: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/ (date of the request: 21.02.2017).

182. Scott T. The Sustainable Business. A Practitioner's Guide to Achieving Long-Term Profitability and Competitiveness. Greenleaf Publishing Limited. 2015 – 238 p

183. Seitz M., Peattie K.: Meeting the closed-loop challenge: the case of remanufacturing. Calif. Manag. Rev. 2004, P. 74–89.

184. Sempels C., Hoffmann J. Sustainable innovation strategy. Creating value in a world of finite resources. Palgrave Macmillan UK. 2013 – 229 p.

185. Shafiee A., Stec T. Gaining a Competitive Advantage with Sustainable Business– Implementing Inductive Charging using Systems Thinking, A Benchmarking of EVs and PHEVs. Chalmers University of Technology, Master's Thesis. Göteborg. 2014 – 92 p.

186. Sherwin C. Sustainable design 2.0: new models and methods, 2013. URL: https://www.theguardian.com/sustainable-business/blog/sustainable-design-models-methods-biomimicry-cradle (date of the request: 21.02.2017).

187. Shi J., Li T., Liu Z., Zhang H. Life Cycle Environmental Impact Evaluation of Newly Manufactured Diesel Engine and Remanufactured LNG Engine// Procedia CIRP 29, 2015. P. 402 – 407

188. Smith V. The Impact of Automotive Product Remanufacturing on Environmental Performance // Procedia CIRP, Volume 29, 2015, P. 774-779.

189. Statham S. Remanufacturing Towards a More Sustainable Future. URL: http://www.lboro.ac.uk/microsites/mechman/research/ipm-ktn/pdf/Technology_review/remanufacturing-towards-a-more-sustainable-future.pdf (date of the request: 05.06.2017)

190. Steinhilper R. Remanufacturing: The Ultimate Form of Recycling. Fraunhofer IRB, Stuttgart; 1998.

191. Thiell M., Zuluaga J., Montanez J., van Hoof, B.: Green Logistics – Global Practices and their Implementation in Emerging Markets, p. 2, Colombia 2011.

192. Zhang X., Badurdeen F., Rouch K., Jawahir I.. On improving the product sustainability of metallic automotive components by using the total lifecycle approach and 6R methodology. In: G. Seliger, Editor. Proc. of the 11th Global Conf. on Sustainable Manufacturing, Berlin, Germany. 2013. P. 194−199

193. Zhou F. Study on the Implementation of Green Supply Chain Management in Textile Enterprises/ Journal of Sustainable Development, Vol. 2 №1, 2009, P. 75-79

194. Xiong Y., Zhao Q., Zhou Y. Manufacturer-remanufacturing vs supplier-remanufacturing in a closed-loop supply chain// International Journal of Industrial Economics, 2016, vol. 176, pp. 21–28.

195. Van Renswoude K., Wolde A., Joustra D. Circular Business Models. Part 1: An introduction to IMSA's Circular Business Model Scan. 2015. URL: http://circular-

future.eu/wp-content/uploads/2015/08/IMSA-Circular-Business-Models-April-2015-Part-1.pdf (date of the request: 21.02.2017).

196. Verbeek L. A Circular Economy Index for the consumer goods sector. 2016. URL: http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/337188 (date of the request: 21.02.2017).

197. Vercalsteren A. Integrating the ecodesign concept in small and medium-size enterprises: Experiences in the Flemish region of Belgium. Environmental Management and Health, 12,2001. P. 347–355.

198. Guide D., Wassenhove L. Managing product returns for remanufacturing// Industrial and Operations Management, vol.10, 2001. P. 142-155

199. Wu T., D. Shunk, J. Blackhurst, and R. Appalla, "AIDEA: a methodology for supplier evaluation and selection in a supplierbased manufacturing environment,"International Journal of Manufacturing Technology and Management,vol.11,no.2, p. 174–192, 2007.

Normative legal acts and official documents

200. The state program of the Russian Federation "Environmental protection" for 2012 - 2020 (resolution of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 No. 326). – 2014.

201. The state report "About a state and about environmental protection of the Russian Federation in 2015"

202. Directives of the EU on expanded liability of the producer (the Directive Packing (94/62/EU); The Directive the Served vehicles (2000/53/EU); Directive of the Battery (2006/66/EU); Directive Electronic equipment (2012/19 / EU))

203. The report on results of check and the analysis of the course of implementation of the plan of priority actions on ensuring sustainable development of economy and social stability in the first half of the year 2015 (It is approved by Board of Audit Chamber of the Russian Federation (the protocol of July 22, 2015 No 34K (1045))//Audit Chamber of the Russian Federation. – 2015.

204. State Council Meeting for ecological development of Russia for the benefit of future generations of URL: http://www.putin-today.ru/archives/39164 (date of the request: 6/5/2017)

205. The concept of the long-term forecast of scientific and technological development of the Russian Federation until 2025 years / the Ministry of Education and Science of the Russian Federation. – M, 2006.

206. The concept of long-term social and economic development of the Russian Federation until 2020 (with changes and additions): order of the Government of the Russian Federation from 11/17/2008 of No 1662-p//Russian Federation Code. – 2008.

207. Plan of measures ("road map") for improving the energy efficiency of buildings, structures and structures. URL: http://government.ru/media/files/RnhU0rvDLLc5Z6mHK7wYENRMG6N7efOS.pdf (date of the request: 19.10.2016).

208. The resolution of the Government of the Russian Federation from 12/31/2009 No. 1194 "About stimulation of acquisition of new vehicles instead of left operation and handed over on utilization and also on creation in the Russian Federation the systems of collecting and utilization of the vehicles which have left operation"

209. The resolution of the Government of the Russian Federation from 4/4/2016 N 269 "About definition of standards of accumulation of solid municipal waste"

210. The resolution of the Government of the Russian Federation from 3/16/2016 N 197 "About the approval of requirements to structure and contents of territorial schemes of the address with waste, including with solid municipal waste"

211. The resolution of the Government of the Russian Federation from 11/12/2016 N 1156 "About the address with solid municipal waste and modification of the resolution of the Government of the Russian Federation of August 25, 2008 N 641"

212. The resolution of the Government of the Russian Federation from 6/3/2016 N 505 "About the approval of Rules of commercial accounting of volume and (or) lot of solid municipal waste"

213. The resolution of the Government of the Russian Federation from 5/30/2016 N 484 "About pricing in the field of the address with solid municipal waste"

214. The resolution of the Government of the Russian Federation from 5/16/2016 N 424 "About the statement of an order of development, coordination, a statement and updating of investment and production programs in the field of the address with solid municipal waste, including an order of determination of planned and actual values of indicators of efficiency of the objects used for processing, neutralization and burial of solid municipal waste"

215. The resolution of the Government of the Russian Federation from 9/5/2016 N 881 "About carrying out territorial subjects of the Russian Federation of competitive selection of regional operators by authorized bodies of executive power according to the address with solid municipal waste"

216. Forecast of scientific and technological development of the Russian Federation until 2030. – 2013.

217. The program of development of digital economy in the Russian Federation till 2035

218. The program of development of digital economy in the Russian Federation till 2035

219. About long-term state economic policy: decree of the President of the Russian Federation from 5/7/2012 No 596//Russian Federation Code. – 2012.

220. About the Strategy of national security of the Russian Federation till 2020: decree of the President of the Russian Federation from 5/12/2009 No 537//Russian Federation Code. – 2009.UN: Our Common Future // Report of the World Commission on the Environment. - United Nations, 1987. - P. 24. - URL: http://www.un.org/en/ga/pdf/brundtland.pdf (date of the request: 19.11.2017).

221. UN: Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015: Transformation of our world: An Agenda for Sustainable Development for the period to 2030 / General Assembly, 4th plenary session // UN. - September 25, 2015. URL: https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/285/75/PDF/N1528575.pdf?OpenElement (date of the request: 19.11.2017).

222. Fundamentals of state policy in the field of environmental development of Russia for the period until 2030 (approved by the President of the Russian Federation of April 30, 2012). - 2012.

223. Decree of the Government of the Russian Federation of December 4, 2015 No. 2491-r "Norms of waste disposal from the use of goods"

224. The strategy for the development of the automotive industry of the Russian Federation for the period until 2020 (approved by the order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation of April 23, 2010 No. 319). - 2010.

225. The decree of the President of the Russian Federation from 19.04.2017 № 176 "About Strategy of ecological safety of the Russian Federation for the period till 2025"// URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201704200016

226. The Federal Law from June, 19th, 1996 N 78 FL, item 1 «About bases of state regulation of social and economic development of the Russian Federation»

227. The Federal Law "On Production and Consumption Wastes" of June 24, 1998 N 89-FL

228. Federal Law No. 172-FZ of June 28, 2014 "On Strategic Planning in the Russian Federation"

229. The Federal Law "On Amending the Federal Law on Environmental Protection and Certain Legislative Acts of the Russian Federation"of 21.07.2014 N 219-FL

230. The Federal Law "On Amendments to the Federal Law On Wastes of Production and Consumption, Certain Legislative Acts of the Russian Federation and the Repeal of Certain Legislative Acts (Provisions of Legislative Acts) of the Russian Federation" of 29.12.2014 N 458-FL

Reports and statistical collections

231. Quarterly report of AVTOVAZ open joint stock companyof 4 quater 2017 URL: http://info.avtovaz.ru/index.php?id=301 (date of the request: 01.02.2018)

232. Opinions: Utilization and processing of old cars or autorecycling in Russian: from spontaneous utilization to federal system//the Industry portal "Secondary Raw Materials" URL: www.recyclers.ru (date of the request: 05.06.2017)

233. The market of automobile and commercial cars in Russia: results of 2015 and prospect of development//Report of the PWC agency, February, 2016.Econational project. Utilization of the vehicles which have left operation//Materials X of the International forum "Scrap of ferrous and non-ferrous metals 2014». – 2014.

234. Market of cars and commercial vehicles in Russia: results of 2015 and prospects of development// PWC Report, February 2016.

235. Automotive Recyclers of Canada. A National Approach to the Environmental Management of End-of-life Vehicles in Canada: Submission to the Canadian Council of Ministers of the Environment. – 2011.

236. Automotive Parts Remanufacturing Market: Global Industry Analysis and Forecast 2016–2024 / Persistence Market Research, 2015

237. Cascading use of biomass: opportunities and obstacles in EU policies URL: http://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/cascading_use_memo_final.pdf (date of the request 05.06.2017)

238. Circular Economy Evidence Building Programme, Remanufacturing study, march 2015

239. Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity (Methodology), 2015 URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/insight/circularity-indicator (date of the request 05.06.2017)

240. Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy; Ellen MacArthur Foundation: UK, 2013.

241. Ellen MacArthur Foundation. Delivering the Circular Economy a Toolkit for Policymakers; Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK, 2015.

242. IPCC: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries. URL: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_FINAL.pdf (date of the request: 23.01.2017)

243. ISO 14001:2015. Environmental management system standards - Requirements and guidance for use

244. National Climate Assessment: Climate Change Impacts in the United States. Highlights. URL: https://nca2014.globalchange.gov/highlights#section-5682 (date of the request: 23.01.2017)

245. Opportunities for a circular economy in the Netherlands, 2013. URL: https://www.tno.nl/media/8551/tno-circular-economy-for-ienm.pdf (date of the request: 23.01.2017)

246. PSI URL: http://www.ford.ru/AboutFord/Environment/PSI (date of the request: 05.06.2017)

247. The Circular Economy and Benefits for Society, Interim Report, Club of Rome with support from MAVA Foundation and Swedish Association of Recycling Industries, 2015. URL: http://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf (date of the request: 23.01.2017).

248. The international business compass 2015: Update and Subject Focus Labor Market Performance URL: https://www.bdo-ibc.com/fileadmin/dokumente/BDO-IBC-Summary-2015_ENG.pdf (date of the request: 05.06.2017)

249. UNEP: The Emission Report 2017. A UN Environment Synthesis Report / UNEP. URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y (date of the request: 23.01.2017)

250. World Bank: Knowledge Papers: Urban Development Series. Chapter 3: Waste Generation URL: http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/Chap3.pdf (date of the request: 23.01.2017)

251. WRAP, Employment and the circular economy: Job creation in a more resource efficient Britain, 2015. URL:

http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Employment%20and%20the%20circular%20economy%20summary.pdf (date of the request: 23.01.2017)

Internet resources

252. Analytical agency Avtostat URL: https://www.autostat.ru/ (date of the request: 05.06.2017)

253. State Statistics URL: https://www.fedstat.ru/indicator/36701 (date of the request: 05.06.2017)

254. Industry 4.0: creation of the digital enterprise URL: http://www.pwc.ru/ru/technology/publications/industry-4.html/ (date of the request: 05.04.2018)

255. The international index of competitiveness of production – 2016 [An electronic resource]. URL: https://www2.deloitte.com/global/en/pages/manufacturing/articles/global-manufacturing-competitiveness-index.html (date of the request: 05.08.2017)

256. Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation URL: http://minpromtorg.gov.ru (date of the request: 05.06.2017)

257. Electronic encyclopedia Wikipedia URL: https://en.wikipedia.org/

258. Federal State Statistics Servise URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b_oxr15/Main.htm (date of the request: 05.06.2017)

259. Cat Reman URL: http://www.caterpillar.com/ru/company/brands/cat-reman.html (date of the request: 05.06.2017)

260. Circle Economy Website URL: https://www.circle-economy.com (date of the request: 05.06.2017)

261. Eurostat URL: http://ec.europa.eu/eurostat/ (date of the request: 05.06.2017)

262. Greenpeace International URL: http://www.greenpeace.org/international/en/ (date of the request: 05.06.2017)

263. IFC URL: http://www.ifc.org (date of the request: 05.06.2017)

264. Supply Chain 24/7 URL: http://www.supplychain247.com (date of the request: 05.06.2017)

265. The Automotive Parts Remanufacturers Association (APRA) URL: http://apra.org/ (date of the request: 05.06.2017)

266. USITC, 2012. URL: https://www.usitc.gov/publications/332/pub4356.pdf (date of the request: 05.06.2017)

Appendix 1

Purposes in the field of sustainable development of the UN [UN, 2016]

Appendix 2

Classification of the products which are subject to recycling [Made by the author]

Transactions	Cause	Example
Technical maintenance and repair	Defect / Defects (new product) Defect / Defects (BU product) Loss of consumer usefulness (BU product)	Computers and component parts Household appliances and electronics Car and vehicles Machines, cars and equipment
Reusing	Termination of a cycle of use	Reverse container and packaging, pallets, container carts, covers, etc.
Restoration	The expired expiration date (new product) The expired expiration date (BU a product) Defect / Defects (new product) Defect / Defects (BU product) Loss of consumer usefulness (BU product) Outdated models / illiquid goods (new product) The spoiled packaging (new product)	Computers and component parts Household appliances and electronics Car and vehicles Machines, cars and equipment Furniture Home appliances and batteries (lamps, batteries, etc.)
Processing	The expired expiration date (new product) The expired expiration date (BU a product) Defect / Defects (new product) Defect / Defects (BU product) Loss of consumer usefulness (BU product) Outdated models / illiquid goods (new product) The spoiled packaging (new product)	Book and printing products Textiles and footwear Packing materials (glass, plastic, polyethylene, etc.) Food Drugs Cosmetics and household chemicals Construction materials Components of the products which aren't subject to recovery The sorted solid household and technogenic waste
Restoration	The product which was in the use	Furniture Car and vehicles Musical instruments

Appendix 3

Ecological effects of different methods of management of waste and products at the end of use

[Made by the author]

Actions	All types of deviations / products	Effect
Organization of waste dumps	All types of deviations / products	Emission of methane and other greenhouse gases; pollution of the soil and subsoil waters; necrosis of potential resources
Neutralization and burial on a polygon	All types of deviations / products	Neutralization of waste significantly reduces their impact on the environment, however is also followed by emissions of methane and other greenhouse gases, pollution of the soil and subsoil waters, a necrosis of potential resources.
Burning, composting about obtaining energy	Solid utility waste; the industrial wastes including petrocontaminated, toxic, poisonous; the medical waste including infected; bioorganic waste, including corpses of the infected animals.	Receiving electro – and heat energy, reduction of waste for 95% of lump Process of burning and composting is followed by emissions of CO2
Processing and utilization	Home appliances and batteries (lamps, batteries, etc.) Food Drugs Cosmetics and household chemicals The packing materials which aren't subject to processing (glass, plastic, polyethylene, etc.) Components of the products which aren't subject to processing and recovery The sorted solid household and technogenic waste	Decrease in use of resources To 90%, energy Up to 75% Reduction of CO2 Up to 86% Reduction in cost of the received resource up to 22%
Recovery (repair, restoration, remanufactring)	Computers and component parts Household appliances and electronics Vehicles Machines, cars and equipment Furniture Tires Home appliances and batteries (lamps, batteries, etc.)	The price of the finished product recovered by means of a remanufacturing is 30% lower - 40% new, expenses of work are 11,1% lower - 20%; expense of energy is 50% less, resources for 67-85%, decrease in emissions of greenhouse gases to 87%
Prevention and minimization of waste	All types of deviations/products	Modern methods of planning of production, allow to reduce significantly consumption of resources and energy, to reduce emissions of CO2

Appendix 4

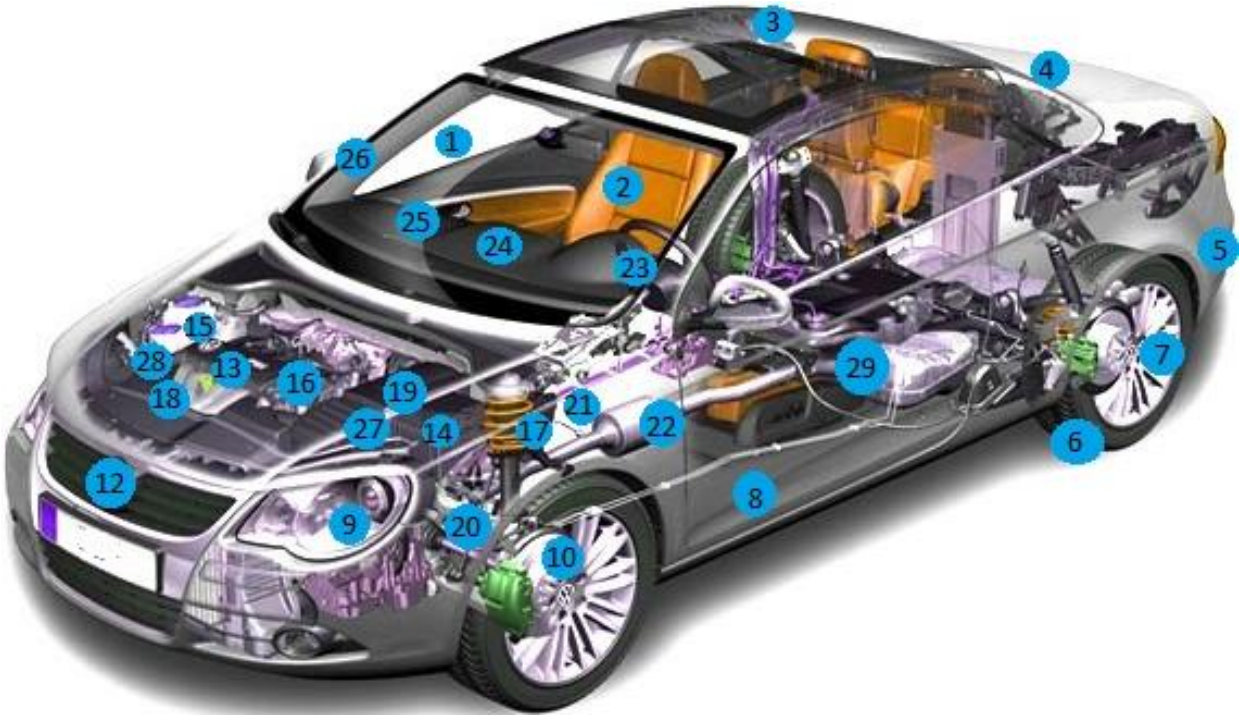
The comparative characteristic of the ecological legislation of the EU and the Russian Federation for 1998-2014 [Made by the author]

Year	Russia	EU
1998	The Federal law No. 89-FZ of June 24, 1998 "Is adopted about industrial and consumption waste. Accounting only of toxic waste is carried out.	The directive 2000/53/EU "About the fulfilled vehicles" The directive 2002/96/EU "About the fulfilled electrical and electronic equipment"; The directive 2002/95/EU "About restriction of the use of some substances in an electrical and electronic equipment"; The directive 99/31/EU "About waste disposal on polygons"; The directive 2000/59/EU "About capacities (equipment) for reception in ports of the waste which is formed on vessels and waste of a cargo"; The directive of the European Parliament and Council 2000/76/EU "About burning of waste".
2005	License requirements to the enterprises are established: which activity is connected with the address of hazardous waste (The resolution of the government of August 26, 2006 No. 524 "About the adoption of the Provision on licensing of activities for collecting, use, neutralization, transportation, placement of waste of the I-IV class of danger"). The assembly of the State Parties of the CIS adopted the Model law "About Industrial and Consumption Waste" (new edition) and recommended it for use in the national legislation. In the Russian legislation it wasn't considered.	The directive 2006/21/EU "About waste management and dead rocks of a mining complex". Two reference books are recommended for use in the field of the address with waste: "Burning of waste" and "Processing of waste".
2008	In a contradiction to rules of international law activities for the address with biological waste and waste of treatment and prevention facilities are excluded from a coverage of the Federal Law "About Industrial and Consumption Waste" since January 1, 2009. Accounting of municipal solid waste began.	In the European Union the new Frame directive "About Waste" is taken: According to standards of the Directive, waste began to be considered as a valuable anthropogenic resource. The basic principles of the European policy in the field of the address with waste are legislatively established: use of a hierarchy of priorities in the field of the address with waste; introduction of expanded liability of the producer; introduction of the principle "pays pollutant", etc.
2014	The new Federal Law No. 458-FL of 29.12.2014 provides the list of actions in the field of the address with waste: stimulation of construction of	The European Commission offered "step-by-step refusal of burial of biodegradable waste on polygons in 2020-2025".

	facilities, intended for the address with waste; recycling stimulation; identification of places of unauthorized placement of waste. The resolution established standards of recycling. The resolution provides establishment of rates of the ecological collecting on each group of the goods which are subject to utilization after loss of consumer properties by them paid by producers, importers of goods which don't provide independent recycling from use of goods.	the new Directive 2012/19/EU "About the fulfilled electrical and electronic equipment" where new target indicators of collecting the formed fulfilled electronic equipment are established, separate collecting this waste, etc. is legislatively fixed.
2017	Disposal of the Government of the Russian Federation of 28.12.2017 of N 2970-p. The new inventory, including packaging, subject to utilization after loss of consumer properties by them is approved. The new list consists of two sections. The first section "Goods, except for Packaging, the Subject Utilization after Loss of Consumer Properties by Them", includes 46 groups of goods. The second section "The Packaging of Goods Which Is Subject to Utilization after Loss of Consumer Properties by It" includes 10 groups of goods	Package on circular economy accepted (2015) and the Action plan which covers all production and economic cycle, beginning from production and consumption of products and completing recycling and the market of secondary raw materials and also includes a change of normative and legal regulation of an order of the address with waste with high target rates. Among these indicators, it is possible to allocate – utilization of 65% of household waste and 75% of packing materials by 2030, reduction of the areas of dumps for 10%, etc.

Appendix 5

The automobile components which are subject to utilization [It is made by the author]

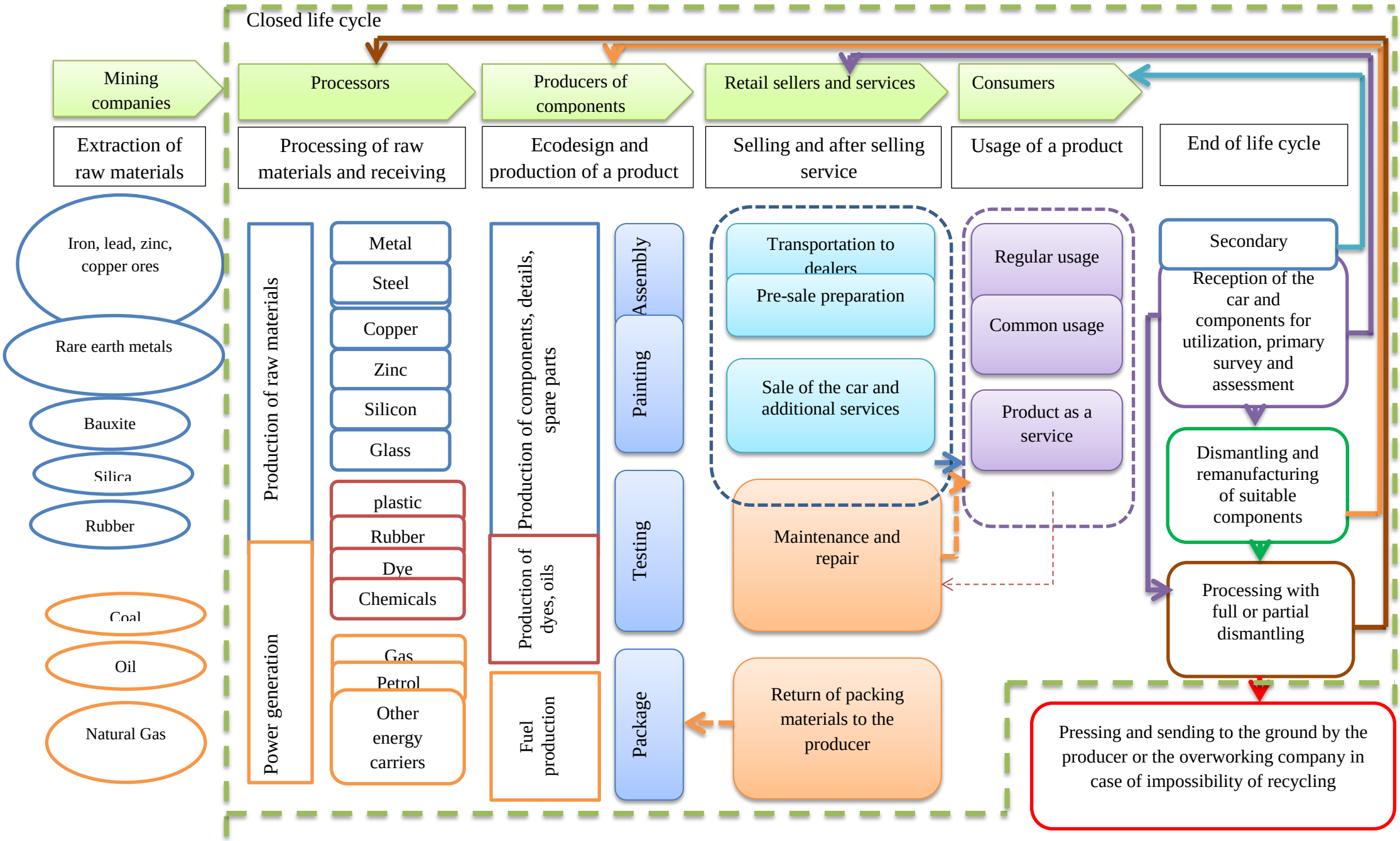


№	Automobile parts	Remanufactoring	Recycling
1	Window	Technology of liquid glass	fiber glass isolation, glass bottles, carpet glue, etc. applications
2	Seat	Banner of worn-out fabrics and elements	Material for sound insulation in cars
3	Body	Cleaning, alignment, painting	Parts of cars or steel / aluminum products
4	Luggage carrier		
5	Bumper		Parts of cars, including use for an interior
6	Tyre	Retreading	Cement, the rubberized asphalt for highways
7	Disc	Cleaning, alignment, painting	Steel/Aluminum products
8	Door	Cleaning, alignment, painting	Parts of cars or steel / aluminum products
9	Headlight	Technology of liquid glass	Fiber glass isolation, glass bottles, carpet glue, etc. applications
10	Brake disk and blocks	Cleaning, consolidation, installation of new elements	Steel/Aluminum products
12	Radiator	Cleaning, installation of new elements	Aluminum products
13	Engine	Dismantling of an old kernel, survey, cleaning, operations on recovery and testing.	Aluminum products
14	Accumulator	Qualitative analysis and safety inspection of rechargeable batteries, Recovery of	Crushing, neutralization of acid and separation of polymers from lead. The extracted materials are used in

		accumulator blocks and modules, testing.	a set of other products, including new batteries.
15	Омыватель	Cleaning	Plastic details
16	Oils and liquids	-	Cleaning and reuse
17	Shock-absorber	Survey, cleaning, operations on recovery and testing	Steel / aluminum products
18	Ignition plug		
19	Transmission	Dismantling and careful cleaning. All details are checked if the disabled detail is identified, then it is replaced on new or restored with high quality. After modules gather and the transmission passes test.	Steel / aluminum products
20	Brake cylinder	Survey, cleaning, operations on restoration and testing	Steel / aluminum products
21	Pedal knot		
22	Exhaust pipe and muffler	Survey, cleaning, alignment	Steel / aluminum products
23	Steering wheel	Cleaning, drawing a new covering, painting	Plastic products
24	On-board computer	Dismantling, restoration of parts and elements, use at production of new computers	Plastic products
25	Airbag	Dismantling of the module, survey, testing and reuse	Plastic products
26	Polyurethane sealant	Cleaning and reuse	Polyurethane
27	Block of electric relays and safety locks	Dismantling, restoration of parts and elements, use at production of new relays and safety locks, testing	Steel / aluminum products
28	Air filter	Dismantling of metal details, their cleaning and assembly with use of the new filtering materials, glues, laying.	Plastic products
29	Gasoline tank and gasoline pump	Dismantling and careful cleaning, operations on restoration, testing	Steel / aluminum products

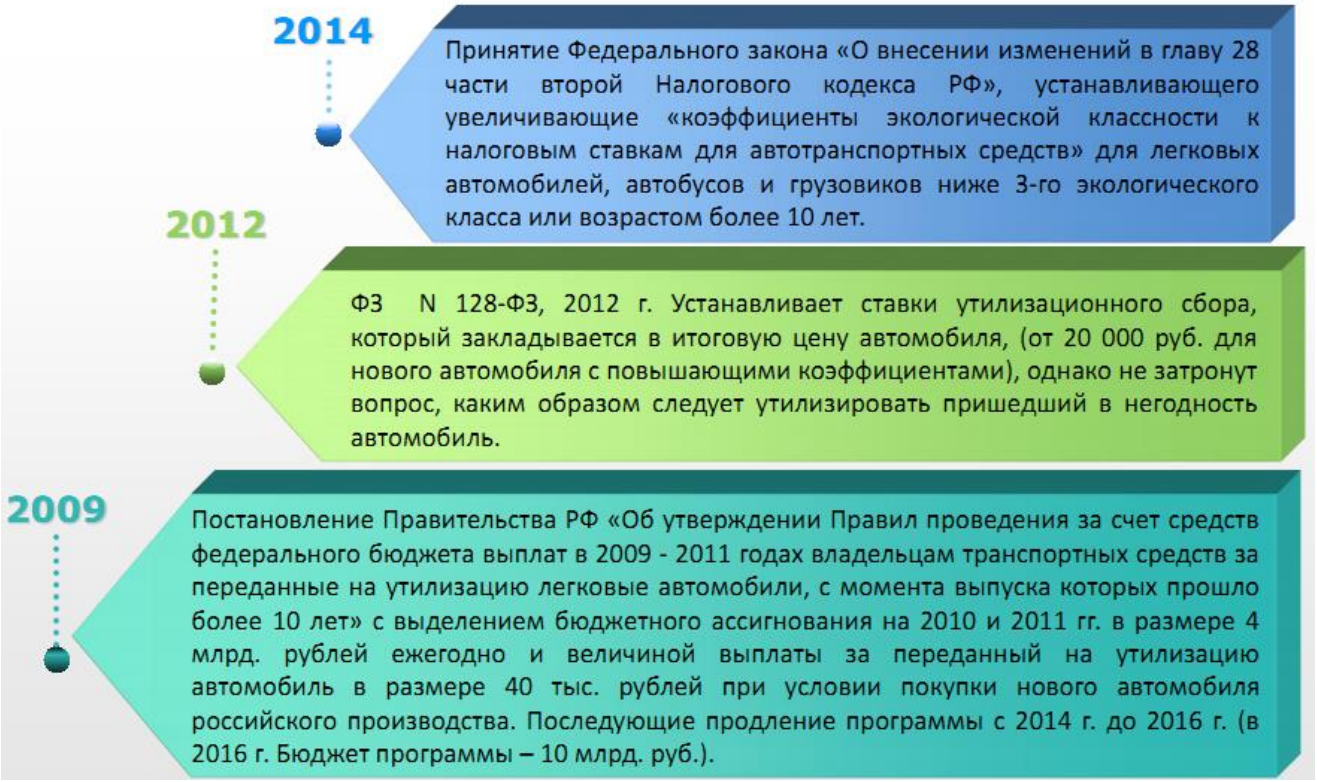
Appendix 6

The closed chain of deliveries in automotive industry [It is made by the author]



Appendix 7

The legislation in the field of the program of utilization of vehicles in the Russian Federation [Is made by the author]



Appendix 8

The system of support of adoption of investment decisions on a utilization method [It is made by the author]

1 stage

Introduction of basic data:

- types of the restored production
- cost of a new product
- the cost of the restored product taking into account an estimated discount from the price of a new product

	Цена восстановленного изделия, тыс. руб. за 1 шт 2018 г.	Цена нового изделия, тыс. руб. за 1 шт 2018 г	Объем шт 2018 г.
Продукция			
Коробкапередач механика модель 2181, 2180	17.9	25.6	53774
Рулевая рейка 845006828	11.8	16.8	19
Двигатель модель 21127, 21129	66.7	95.3	55425
Двигатель модель 21179, H4M	86.5	123.6	31
Рулевая рейка модель 21920, 11183	6.1	8.7	54340
Коробка передач механика 21807	25.1	35.8	12
Коробка передач автмат модель 21902, 21120	86.8	124.0	23

2 stage

Introduction of investment expenses on:

- development of the project documentation and specification
- purchase of the production equipment
- reconstruction / construction of production rooms and warehouses

Вклад инициатора проекта: создание технологического комплекса, разработка и апробация технологии и др.	90 000
Монтаж и наладка технологического оборудования, создание АСУТП	20 000
Разработка проектно-сметной документации, рабочей документации и технического задания, получение необходимы	16 400
Содержание службы возвратной логистики	5 390
Подготовка эксплуатационных кадров	4 040
Реконструкция складов для хранения возвращенной и готовой продукции, цеха для ремануфактуринга	
Сооружение цеха для ремануфактуринга	9 750
Сооружение склада хранения возвращенной продукции	4 500
Сооружение склада хранения восстановленной продукции	7 765
Установка системы систем аспирации и вентиляции, видеонаблюдения	3 500
Производственное оборудование	
Оборудование для приема и первияной дефектовки	428
Оборудование для мойки и очистки детали в сборе	1 930
Камера механической очистки	72 073
Диагностическое оборудование и инструменты	42 106
Оборудование для мойки разобранной детали	2 406
Стенд для промывки гидротрансформаторов	144
Оборудование и инструменты для сборки/разборки детали и дефектовки	109 378
Оборудование для восстановления	250 625
Оборудование участка диагностики и испытаний	135 856
Прочие кап вложения	1 209
Получение локальной лицензии	4 000
Пополнение оборотного капитала	129 426

3 stage

Automatic quarterly calculation of sales proceeds for the set period

it is made by each type of a product including VAT and without the VAT

ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА И ВЫРУЧКА ОТ РЕАЛИЗАЦИИ	1 кв. 2018 - 4 кв. 2(	Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2 к
Объем прои дства продук и		шт			409	409	504	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	74%	74%	72%	
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21127, 21129	171135	шт	0	0	13856	13856	16442	
Цена восстановленного Двигателя модели 21127, 21129	82.75	тыс. руб./ шт	66.7	66.7	66.7	66.7	70.1	
Выручка от реализации Двигателя модели 21127, 21129	12171731.39	тыс. руб.	0	0	924727	924727	1152174	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.1%	0.1%	1.2%	
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21179, H4M	2000	шт	0	0	8	8	211	
Цена восстановленного Двигателя модели 21179, H4M	90.93	тыс. руб./ шт	86.5	86.5	86.5	86.5	90.9	
Выручка от реализации Двигателя модели 21179, H4M	186764.13	тыс. руб.	0	0	692	692	19193	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	7%	7%	9%	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 21920, 11183	175515	шт	0	0	13585	13585	16739	
Цена восстановленной Рулевой рейки модели 21920, 11183	6.38	тыс. руб./ шт	6.1	6.1	6.1	6.1	6.4	
Выручка от реализации Рулевой рейки модели 21920, 11183	1136080.68	тыс. руб.	0	0	82442	82442	106659	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.00%	0.00%	0.10%	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 845006828	1199	шт	0	0	5	5	127	
Цена восстановленной Рулевой рейки модели 845006828	12.37	тыс. руб./ шт	11.8	11.8	11.8	11.8	12.4	
Выручка от реализации Рулевой рейки модели 845006828	15244.55	тыс. руб.	0	0	54	54	1567	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	19%	19%	20%	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 2181, 2180	177646	шт	0	0	13444	13444	16881	
Цена восстановленной Коробки передач механика модели 2181, 2180	18.81	тыс. руб./ шт	17.9	17.9	17.9	17.9	18.8	
Выручка от реализации Коробки передач механика модели 2181, 2180	3393654.88	тыс. руб.	0	0	240684	240684	317341	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.01%	0.01%	0.06%	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 21807	366	шт	0	0	3	3	39	
Цена восстановленной Коробки передач механика модели 21807	26.34	тыс. руб./ шт	25.1	25.1	25.1	25.1	26.3	
Выручка от реализации Коробки передач механика модели 21807	9887.23	тыс. руб.	0	0	72	72	1023	
Доля в общем объеме производства		%	0%	0%	0.04%	0.04%	0.05%	
Объем реманufактуринга Коробки передач автмат модели 21902, 21120	95	шт	0	0	6	6	9	
Цена восстановленной Коробки передач автмат модели 21902, 21120	91.21	тыс. руб./ шт	86.8	86.8	86.8	86.8	91.1	
Выручка от реализации Коробки передач автмат модели 21902, 21120	8781.56	тыс. руб.	0	0	499	499	797	
Всего выручка от реализации восстановленых деталей без НДС	**16 922 144**	**тыс. руб.**	**0**	**0**	**1 249 171**	**1 249 171**	**1 598 754**	**1**
НДС к выручке от реализации	18%	тыс. руб.	0	0	224851	224851	287776	
Всего выручка от реализации восстановленых деталей с НДС	**19 968 130**	**тыс. руб.**	**0**	**0**	**1 474 022**	**1 474 022**	**1 886 530**	**1**

4 stage

Automatic quarterly calculation of costs of restoration of each type of a product includes:

- costs of purchase and delivery of the details which were in the use
- costs of a sink and mechanical cleaning of details assembled and separate parts of a detail
- expenses dismantling and troubleshooting of a detail
- costs of purchase of semi-finished products and separate parts for restoration of a detail
- costs of testing of the restored detail
- costs of municipal are necessary heating, the electric power, water
- all-shop and manufacturing expenses

ЗАТРАТЫ НА ОПЛАТУ ТРУДА		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2
ИТР	17	чел.	5	10	11	17	17	
з/п	55	тыс. руб.	165	165	165	165	165	
ФОТ		тыс. руб.	825	1650	1815	2805	2805	
Основной производственный персонал	202	чел.	5	100	141	145	202	
з/п	32	тыс. руб.	96	96	96	96	96	
ФОТ		тыс. руб.	480	9600	13536	13920	19392	
Вспомогательный персонал	113	чел.	0	0	63	78	113	
з/п	25	тыс. руб.	75	75	75	75	75	
ФОТ		тыс. руб.	0	0	4725	5850	8475	
Итого численность персонала		чел.	10	110	215	240	332	
ФОТ		тыс. руб.	1305	11250	20076	22575	30672	
Страховые взносы	38%	тыс. руб.	496	4275	7629	8579	11655	
Затраты на оплату труда		**тыс. руб.**	**1 801**	**15 525**	**27 705**	**31 154**	**42 327**	

ЗАТРАТЫ НА "ЗАКУП" И ДОСТАВКУ БЫВШИХ В УПОТРЕБЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ДО ЗАВОДА		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21127, 21129	68453.9352	шт	0	0	13856	13856	16442	
Объем реманufактуринга Двигателя модели 21179, H4M	799.8	шт	0	0	8	8	211	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 21920, 11183	70205.9	шт	0	0	13585	13585	16739	
Объем реманufактуринга Рулевой рейки модели 845006828	479.7	шт	0	0	5	5	127	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 2181, 218(	71058.4	шт	0	0	13444	13444	16881	
Объем реманufактуринга Коробки передач механика модели 21807	146.3	шт	0	0	3	3	39	
Объем реманufактуринга Коробки передач автмат модели 21902, 21120	37.8	шт	0	0	6	6	9	
Доля поставок с центра приема и сортировки		%	100%	100%	100%	100%	100%	
Цена закупа Двигателя модели 21127, 21129	9.5	тыс. руб./шт	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
Затраты на закуп Двигателя модели 21127, 21129		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**111952**	**111952**	**132846**	
Цена закупа Двигателя модели 21179, H4M	12.4	тыс. руб./шт	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	
Затраты на закуп Двигателя модели 21179, H4M		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**84**	**84**	**2213**	
Цена закупа Рулевой рейки модели 21920, 11183	0.9	тыс. руб./шт	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Затраты на закуп Рулевой рейки модели 21920, 11183		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**9981**	**9981**	**12298**	
Цена закупа Рулевой рейки модели 845006828	1.2	тыс. руб./шт	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Затраты на закуп Рулевой рейки модели 845006828		**тыс. руб.**	**0**	**0**	**5**	**5**	**126**	
Цена закупа Коробки передач механика модели 2181, 2180	2.6	тыс. руб./шт	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	

5 stage

Automatic quarterly calculation of an indicator of EBITDA for the set period

EBITDA		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Всего выручка от реализации продуктов переработки тонких пылей без НДС	6 395 016	тыс. руб.	0	0	1 249 171	1 249 171	1 598 754
НДС к выручке от реализации	*18%*	*тыс. руб.*	*0*	*0*	*224851*	*224851*	*287776*
Затраты на оплату труда	169 309	тыс. руб.	1801	15 525	27 705	31 154	42 327
Затраты на покупку и доставку бывших в употреблении деталей до завода	751 710	тыс. руб.	0	0	154 255	154 266	187 927
Затраты на мойку и механическую очистку деталей в сборе и отдельных частей детали	17 265	тыс. руб.	0	0	3 500	3 500	4 316
Затраты на разборку и дефектовку деталей	353	тыс. руб.	0	0	72	72	88
Затраты на тестирование восстановленных деталей	715	тыс. руб.	0	0	145	145	179
Затраты на закуп полуфабрикатов и отдельных частей для восстановления деталей	2 238 314	тыс. руб.	0	0	437 210	437 213	559 579
Затраты на отопление, электроэнергию, воду	1 027	тыс. руб.	0	0	217	217	257
Общецеховые и общезаводские расходы	32 850	тыс. руб.	75	75	8 046	8 071	8 212
Итого операционные затраты		тыс. руб.	1 876	15 600	631 149	634 637	802 886
НДС к затратам	*18%*	тыс. руб.	*338*	*2808*	*113607*	*114235*	*144519*
EBITDA	3 183 472	тыс. руб.	-2 214	-18 408	729 266	725 150	939 124
% от Выручки					58%	58%	59%

СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ		Ед. изм.	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Всего выручка от реализации продуктов переработки тонких пылей без НДС	6 395 016	тыс. руб.	0	0	1 249 171	1 249 171	1 598 754
НДС к выручке от реализации	*18%*	*тыс. руб.*	*0*	*0*	*224851*	*224851*	*287776*
Затраты на оплату труда	169 309	тыс. руб.	1801	15 525	27 705	31 154	42 327
затраты на покупку и доставку бывших в употреблении деталей до завода	751 710	тыс. руб.	0	0	154 255	154 266	187 927
затраты на мойку и механическую очистку деталей в сборе и отдельных частей детали	17 265	тыс. руб.	0	0	3 500	3 500	4 316
Затраты на разборку и дефектовку деталей	353	тыс. руб.	0	0	72	72	88
Затраты на тестирование восстановленных деталей	715	тыс. руб.	0	0	145	145	179
Затраты на закуп полуфабрикатов и отдельных частей для восстановления деталей	2 238 314	тыс. руб.	0	0	437 210	437 213	559 579
Затраты на отопление, электроэнергию, воду	1 027	тыс. руб.	0	0	217	217	257
Общецеховые и общезаводские расходы	32 850	тыс. руб.	75	75	8 046	8 071	8 212
Операционные затраты	3 211 544	тыс. руб.	*1876*	*15 600*	*631 149*	*634 637*	*802 886*
Амортизационные отчисления			0	0	*30 747*	*30 747*	*30 747*
Производственные затраты			1 876	15 600	661 896	665 384	833 633
Валова прибыль		тыс. руб.			1 329 668	1 329 040	1 711 263

6 stage

Automatic quarterly calculation of a financial cash flow and the analysis of efficiency of the project for the set period
it is made taking into account it is chosen an interest rate for the credit and the crediting period

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ		Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Собственные средства инициатора проекта		тыс. руб.	90 000	0	0	0	0	0
Средства нарастающим итогом		тыс. руб.	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90 000
Кредит		тыс. руб.	0	638 000	52 000	13 500	0	0
Задолженность по кредиту	299 500	тыс. руб.	0	638 000	690 000	703 500	643 500	583 500
Выплата по кредиту		тыс. руб.	0	0	0	0	-60 000	-79 305
%	12%	тыс. руб.	0	0	0	0	0	-19 305
Период для рассчета выплат по кредиту	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*
тело		тыс. руб.	0	0	0	0	-60 000	-60 000
Период для рассчета выплат по кредиту	*12*		*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*2*
Финансовый денежный поток		тыс. руб.	90 000	638 000	52 000	13 500	-60 000	-60 000
Финансовый денежный поток нарастающим итогом		тыс. руб.	90 000	728 000	780 000	793 500	733 500	673 500
Поток денежных средств		тыс. руб.	0	-2 214	-18 408	583 413	580 120	735 855

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА		Ед. изм.	"0"	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019
Чистый поток денежных средств		тыс. руб.	-90 000	-640 214	-70 408	569 913	640 120	795 855
То же, нарастающим итогом		тыс. руб.	-90 000	-730 214	-800 622	-230 709	409 412	1 205 267
			-2	-1	0	1	2	3
Ставка сравнения и индексы дисконтирования	*25%*	*ед*	*1.129*	*1.063*	*1.000*	*0.941*	*0.886*	*0.834*
Дисконтированный чистый поток денежных средств		тыс. руб.	-101 602	-680 227	-70 408	536 389	567 027	663 510
То же, нарастающим итогом		тыс. руб.	-101 602	-781 828	-852 236	-315 848	251 179	914 689
Простой срок окупаемости		лет	1.0				1	
Дисконтированный срок окупаемости		лет	0.9					
Чистый дисконтированнный доход (NPV)		тыс. руб.	5 155 091					
Рентабельность инвестиций (PI)		%	969%					
Внутренняя норма доходности (IRR)		%	344%					

Appendix 9

Technical and economic indicators of the investment project of a remanufacturing of automobile components in the Russian Federation [It is made by the author]

Indicator	Measurement unit.	1 quarter 2018	2 quarter 2018	3 quarter 2018	4 quarter 2018	1 quarter 2019	2 quarter 2019	3 quarter 2019	4 quarter 2019	1 quarter 2020	2 quarter 2020	3 quarter 2020	4 quarter 2020
Numver of staff	people	10	110	215	240	332	332	332	332	332	332	332	332
Average monthly salary	Rub/month	43500	34091	31126	31354	30795	30795	30795	30795	30795	30795	30795	30795
Remanufacturing volume of engine 21127, 21129	pcs.	0	0	13856	13856	16442	16442	16442	16442	19413	19413	19413	19413
Remanufacturing volume of engine 21179, H4M	pcs.	0	0	8	8	211	211	211	211	285	285	285	285
Volume of a remanufacturing of the Steering rack of model 21920, 11183	pcs.	0	0	13585	13585	16739	16739	16739	16739	20348	20348	20348	20348
Remanufacturing volume of Steering rack 845006828	pcs.	0	0	5	5	127	127	127	127	171	171	171	171
Remanufacturing volume of engine of mechanic transmission 2181, 2180	pcs.	0	0	13444	13444	16881	16881	16881	16881	20809	20809	20809	20809

Remanufacturing volume of engine of mechanic transmission 21807	pcs.	0	0	3	3	39	39	39	39	51	51	51	51
Transmission remanufacturing volume automatic machine of model 21902, 21120	pcs.	0	0	6	6	9	9	9	9	12	12	12	12
Sales proceeds with the VAT	Thousand rubles	0	0	1 474 022	1 474 022	1 886 530	1 886 530	1 886 530	1 886 530	2 368 492	2 368 492	2 368 492	2 368 492
Cost of production with the VAT	Thousand rubles	2 214	18 408	775 503	779 619	978 153	978 153	978 153	978 153	1 191 539	1 191 539	1 191 539	1 191 539
Gross profit	Thousand rubles	-2 214	-18 408	698 519	694 403	908 377	908 377	908 377	908 377	1 176 953	1 176 953	1 176 953	1 176 953
Net profit (loss) of the reporting period	Thousand rubles.	-2 709	-22 683	551 186	546 944	715 046	715 046	715 046	715 046	929 907	929 907	929 907	929 907
Specific sales proceeds	Thousand rubles./pcs			36,03	36,03	37,40	37,40	37,40	37,40	38,77	38,77	38,77	38,77
Specific product cost	Thousand rubles./pcs			18,96	19,06	19,39	19,39	19,39	19,39	19,51	19,51	19,51	19,51
Payments to the budget and extrabudget funds	Thousand rubles	496	4275	147333	147459	193331	193331	193331	193331	247046	247046	247046	247046
Manufacture Profitability	%			60%	59%	61%	61%	61%	61%	65%	65%	65%	65%