

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Стародубцев
Алексей Сергеевич

**РОЛЬ КОНТРОЛЯ ДИСТРАКТОРА В ВОЗНИКНОВЕНИИ ЭФФЕКТА
СТРУПА**

5.3.1. – общая психология, психология личности, история психологии

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата психологических наук

Научный руководитель
д-р психол. наук
проф. В.М. Аллахвердов

Санкт–Петербург
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ОСНОВНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЙ	13
1.1. Основные феномены Струп-интерференции	13
1.2. Интерпретации эффектов интерференции	23
1.3. Психические механизмы преодоления интерференции.....	37
1.4. Проблемы исследований интерференции и способы их решения	54
ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	68
2.1. Методы проверки гипотезы 1	68
2.2. Методы проверки гипотезы 2	71
2.3. Методы проверки гипотезы 3	74
2.4. Методы проверки гипотезы 4	77
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	83
3.1. Блок экспериментов «Струп-квадраты»	83
3.2. Деформация дистракторов в тесте рисунок-слово	96
3.3. Интерференционное влияние псевдослов и незнакомых слов.....	107
3.4. Интерференционное влияние слов с ошибками	113
3.5. Влияние сложности обработки цели на величину интерференции	120
3.6. Влияние сходства дистрактора и цели на величину интерференции	128
3.7. Общее обсуждение результатов экспериментов.....	137
ВЫВОДЫ	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	141
ЛИТЕРАТУРА	144
Приложения	168

ВВЕДЕНИЕ

В когнитивной психологии эффект Струпа считается одним из самых надежных и устойчивых феноменов. Этот эффект также большой по величине и удобный для демонстрации в учебной аудитории (Durgin, 2000). Тест Струпа объявляли «золотым стандартом» для изучения механизмов внимания (Macleod, 1992), его использовали для исследования научения и когнитивного контроля (Besner, Stolz 1999; Flaudias, Llorca 2014, Algom, Chajut, 2019). Таким образом, феномен Струп-интерференции может относиться ко многим психическим процессам и часто рассматривается как отдельная тема исследований.

В классической методике Струпа задача испытуемых – как можно быстрее называть цвет окрашенных слов и игнорировать их значения (Stroop, 1935). Выявлен значимый эффект интерференции – испытуемые медленнее отвечают и делают больше ошибок, когда слово не совпадает со значением (слово «красный» в синем цвете) по сравнению с условием предъявления окрашенных нечитаемых знаков (например, «#####»).

Степень разработанности темы исследования

Интерференцию объясняли при помощи классических когнитивных теорий (теория автоматичности, ресурсная теория, теория когнитивного контроля), но каждый раз обнаруживались эффекты, которые не объясняются в рамках этих теорий. С другой стороны, исследовалось множество частных аспектов интерференции: происходит ли обработка дистрактора и цели (цвета и значения) одновременно или же они обрабатываются по очереди, на каком этапе обработки информации возникает интерференция, какие психические процессы (внимание, память, воля) связаны с интерференцией и т.д..

Сейчас в когнитивной психологии Струп-интерференцию обычно объясняют моделями когнитивного контроля. В этих моделях величина интерференции зависит от того, насколько быстро система когнитивного контроля разрешит когнитивный конфликт между словом и значением – подавит обработку слова и усилит обработку его цвета. При этом причину когнитивного конфликта видят в

автоматической обработки дистрактора. Между тем ряд феноменов указывают, что эффект Струпа возникает не из-за автоматической обработки дистрактора. В частности, в ряде условий этот эффект значительно снижается или даже совсем нивелируется: эффект Струпа падает практически до нулевого уровня в ситуации соревновательного давления; эффект Струпа значительно снижется, если в слове закрасить только одну букву или если не менять дистракторы. Это ставит проблему: если эффект Струпа возникает не в результате автоматических процессов психики, то какова логика его возникновения?

Эффект Струпа изучался во всевозможных направлениях. Аналоги этого эффекта выявлены при использовании разного материала (изображений, букв, цифр и т.д.), разных модальностей (звуковой, магнитной, тактильной) и разных способов ответов (называть ответы вслух, нажимать на кнопки, переводить взгляд в определённые секторы, идти по ковру с написанными Струп-словами и т.д.). Таким образом, существует класс интерференционных феноменов, которые заключаются в снижении эффективности выполнения целевого задания при наличии дистрактора.

Теоретико-методологические основания исследования

Исследование выполнено в рамках когнитивного подхода в психологии и основывается на естественнонаучных принципах: простоты, соответствия, идеализации, фальсификации и принципе независимой проверки.

В этой работе мы опираемся на концепцию сознания В.М. Аллахвердова (Аллахвердов, 1993; Аллахвердов, 2000; Аллахвердов, 2014). Концепция В.М. Аллахвердова объясняет интерференцию проверкой невыполнения задачи игнорирования. Предполагается, что в тесте Струпа контролируется не только правильность выполнения задачи, но и проверка того, правильная ли задача выполнена. Так как в тесте Струпа у стимула есть два явных свойства (цвет и значение), то происходит контроль возможной интерференционной ошибки (контроль невыполнения задачи игнорирования). Однако проверка «не прочитал

ли я слово» приводит как раз к его прочтению (к контролю дистрактора) по аналогии с невозможностью выполнить задачу «не думайте о белой обезьяне».

Методы исследования

В экспериментах мы варьировали сложность дистракторов, сложность целей, сходство дистрактора и цели, контекст предъявления стимулов. Использовались три группы методов: классический тест Струпа (цвет-слово), тест Струп-квадраты (испытуемым на скорость требуется найти квадрат, соответствующий значению слова и игнорировать его цвет), тест рисунок-слово (испытуемым требуется на скорость называть изображение и игнорировать наложенное поверх него слово). В классическом тесте Струпа одинаковые стимулы и ответы повторяются много раз, что делает этот тест удобным для изучения роли сходства дистракторов и целей; в тесте рисунок-слово используются уникальные дистракторы и цели, что делает этот тест удобным для изучения влияния сложности дистракторов и целей, в тесте Струп-квадраты затруднено быстрое обнаружение конфликтности стимулов и поэтому величина интерференции должна сильно зависеть от ранее выбранной неосознанной стратегии контроля.

Объект – эффекты Струп-интерференции.

Предмет – контроль дистрактора как причина эффектов интерференции.

Цель – выведение следствий из гипотезы о механизме контроля задач и их экспериментальная проверка.

Задачи

1. Описать основные феномены Струп-интерференции.
2. Проанализировать теории Струп-интерференции.
3. Описать методические и теоретические проблемы исследований интерференции, предложить способы их разрешения.
4. Сформулировать гипотезы исследования, проанализировать, что об этих гипотезах можно сказать на основе известной эмпирики.

5. Сформулировать эмпирические гипотезы исследования, разработать методы их проверки.

6. Проверить выдвинутые гипотезы в экспериментальном исследовании.

Положения на защиту:

1. Эффект интерференции увеличивается, если у субъекта сформирована неосознанная стратегия, включающая в себя контроль невыполнения задачи игнорирования.

2. В модификациях теста Струпа (например, рисунок-слово) усложнение целевой задачи приводит к снижению величины интерференции.

3. Сложность дистрактора нелинейно связана с величиной эффекта Струпа – интерференция снижается в случае слишком легких или слишком сложных дистракторов.

4. Эффект интерференции снижается, если обработка дистрактора подготавливает правильный ответ или обработку релевантного для задачи объекта.

Гипотезы:

1. Эффект интерференции возникает, когда конфликтные и неконфликтные стимулы хорошо различимы между собой (предъявлены в разных блоках или же дистрактор предъявлен раньше цели).

2. Интерференция увеличивается при незначительном усложнении дистракторов (использовании в качестве дистракторов низкочастотных слов, псевдослов или слов с ошибками); интерференция уменьшается при значительном усложнении дистракторов (использовании низкочастотных дистракторов, написанных вверх ногами).

3. Эффект интерференции снижается при усложнении основного задания (использования менее знакомых целей или графически деформированных целей).

4. При конгруэнтности дистрактора и цели величина интерференции снижается, даже если дистрактор не соответствует правильному ответу; величина

интерференции снижается при увеличении сходства ответов на дистрактор и на цель.

Научная новизна

В работе обосновывается, что когнитивный контроль является не столько средством избавления от интерференции, сколько причиной ее возникновения. Несмотря на парадоксальность этой гипотезы, из нее выводятся проверяемые следствия, которые позволяют единообразно объяснить ряд интерференционных феноменов и предсказать новые:

1) Во-первых, это предсказание о роли сложности дистрактора в появлении интерференции. Известно, что более легкие дистракторы (в терминах их скорости обработки) интерферируют слабее (например, высокочастотные слова интерферируют сильнее низкочастотных), а иногда – сильнее (например, графическая деформация дистракторов снижает интерференцию). Мы предложили и проверили интерпретацию: усложнение дистрактора увеличивает интерференцию, пока его сложность не достигнет величины, когда эти стимулы перестанут восприниматься как конфликтные.

2) Во-вторых, мы рассмотрели роль неосознанной стратегии, включающей в себя контроль дистрактора. Предполагается, что именно эта стратегия приводит к появлению интерференции. Данное предположение противоположно многим моделям интерференции, согласно которым готовность к неконгруэнтным стимулам приводит к снижению интерференции.

3) В-третьи, мы показали, что интерференция снижается, если дистрактор схож с правильным ответом или с целью. В теориях интерференции часто считается, что семантическое или моторное сходство дистрактора и цели усиливает их конкуренцию друг с другом и в этом случае интерференция увеличивается. Мы считаем, что это верно только для тех ситуаций, когда сравниваются дистракторы, похожие на правильный ответ эксперимента с дистракторами, не похожими на правильный ответ эксперимента. Исходя из идеи о последовательном контроле, контроль дистрактора в общем случае должен

происходить быстрее, если была проконтролирована цель, которая схожа с этим дистрактором.

Для независимой проверки гипотез мы использовали классические для этой области методы и создавали новые. Так, мы адаптировали базу изображений предметов BOSS¹ для русскоязычной выборки, на новом стимульном материале подтвердили эффекты лексикализации и деформации дистракторов, установили, что эти эффекты взаимодействуют между собой и, значит, существует общий механизм их возникновения. В экспериментах мы контролировали скрытые параметры стимулов: скорость обнаружения ошибок в словах, степень знакомости редких слов русского языка, способ создания псевдослов и т.д..

Мы модифицировали метод Ф. Дургина и создали методику «Струп-квадраты», в которой удобно проверять влияние готовности к обработке конфликтных стимулов. Степенью сходства дистракторов и целей на уровне ответов мы управляли, изменяя близость кнопок, соответствующих дистрактору и цели. Семантическое сходство дистрактора и цели изучалось в методике «парадоксальное название». При использовании этого приема конфликт задается не стимулами (они могли быть конгруэнтными – например, «красный» в красном цвете), а инструкцией называть цвета по-другому (красные объекты называть желтыми).

Теоретическая значимость

Тест Струпа является одной из основных методик для исследования процессов научения и механизма внимания. Однако чаще всего тест Струпа используется для изучения когнитивного контроля. Считается, что в тесте Струпа сталкиваются два психических процесса – целенаправленная обработка информации (обработка цели) и автоматическая обработка информации (обработка дистракторов). Как следствие, эффект Струпа приводят для доказательства дуалистических моделей психики, истоки которой зародились еще в философии Р. Декарта.

¹ Bank of Standardized Stimuli

На теоретическом уровне дуалистические модели критикуются за присутствие в них гомункулуса – маленького человека в голове, который заранее знает правильное решение любой задачи. На эмпирическом уровне критика дуалистических моделей заключается в попытке показать, что интерференционные эффекты вызваны независимой работой многих адаптационных механизмов, у которых нет единого управляющего центра («толпой идиотов», по выражению С. Монселла и Д. Драйвера (Monsell, Driver 2000)).

Несмотря на справедливую критику дуалистических моделей, не предложено понятной альтернативы. Подход, в котором один управляющий центр заменен на множество маленьких управляющих механизмов, означает отказ от поиска общего объяснения даже схожих феноменов, что является важным для нас методическим критерием. В данной работе мы пытаемся объяснить все многообразие интерференционных феноменов при помощи ограниченного набора гипотез, которые основаны на концепции контроля В.М. Аллахвердова.

Практическая значимость

Тест Струпа применяется для диагностики уровня развития внимания у школьников и при профессиональном отборе (Осипов, 1992), для диагностики психических функций в клинических исследованиях (Хромов, 2011). В ряде работ (например, Cox et al., 2006) рассматривается связь величины интерференции у испытуемых и их способности сопротивляться вредным привычкам. Кросс-лингвистические версии теста Струпа используются для оценки близости языков друг к другу (Marian et al., 2013). Методику Струпа используют для диагностики чувствительности определенных групп людей к «особым стимулам». Пациенты с депрессией больше отвлекаются на слова «страх», «горе» (Bentall, Thompson, 1990), страдающие алкоголизмом – на слова «водка», «бутылка» (Ryan, 2002) и т.д.. М.В. Зотов и коллеги создали методику «Сигнал» для диагностики суицидального риска, которая основывается на том, что склонные к суициду

участники исследования непроизвольно обращают внимание на слова типа «веревка», «лезвие» и т.д. (Зотов и др., 2003).

На наш взгляд, теоретическое осмысление феномена интерференции позволит лучше интерпретировать результаты соответствующих методик. Например, разрешится вопрос, происходит ли отвлечение на конфликтные стимулы из-за ослабления контроля или из-за более яркого образа конфликтного стимула.

Достоверность результатов обеспечивается применением широкого арсенала методов исследования и использованием корректных методов статистики. Наши теоретические гипотезы проверялись при помощи методик цвет-слово, рисунок-слово, Струп-квадраты. Экспериментальные условия исследовались на разном материале. Например, в качестве условия «более сложные дистракторы» использовались низкочастотные слова, слова с ошибкой, псевдослова. При этом использовалось три разных способа создания псевдослов, а также варьировалась скорость обнаружения ошибок в словах. Контроль побочных переменных осуществлялся либо при помощи дизайна эксперимента (уравнивание побочных факторов внутри экспериментальной и контрольной групп), либо значения этих переменных уточнялись в отдельном исследовании. Кроме того, использовались разные способы усложнить обработку цели (предъявление незнакомых целей или визуально зашумленных целей) и разные способы сделать дистрактор и цель более схожими, разные способы сформировать у испытуемых неосознанную стратегию контроля дистрактора.

Апробация результатов исследования

Результаты проведенных исследований докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях: конференция «Ананьевские чтения» (Санкт-Петербург, 2015, 2016, 2018, 2018), конференция «Психология XXI века» (Санкт-Петербург, 2016, 2016), конференция «Смольные чтения» (Санкт-Петербург 2017, 2019), конференция «Ломоносов» (Москва, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020), конференция на базе факультета Высшей школы экономики (Москва,

2019), конференция «Когнитивная наука в Москве. Новые исследования» (Москва, 2019), школа молодых ученых памяти Дункера (Москва, 2016, 2018), конференция по когнитивной науке памяти Дж. С. Брунера (Ярославль, 2018, 2019), восьмая международная конференция по когнитивной науке (Светлогорск, 2018), конференция «Когнитивные исследования на современном этапе» (Архангельск, 2018), конференция «Когнитивные штудии» (Минск, 2019), седьмая международная конференция по мотивации и когнитивному контролю (Берлин, 2019).

По итогам работы было опубликовано 12 научных статей: 4 в журналах, индексируемых в базах Scopus/Web of Science и 4 опубликовано в журналах, рекомендованных ВАК:

1) Аллахвердов М.В., Стародубцев А.С. Влияние положения дистрактора на эффект Струпа // Петербургский психологический журнал. 2016. № 17. с. 125-150.

2) Стародубцев А.С., Аллахвердов В.М. Влияние установки о наличии конфликтных стимулов в тесте Струпа на величину интерференции // Вестник СПбГУ. Психология и педагогика. 2017. Т. 7. № 2. с. 137-153

3) Стародубцев А.С. Влияние когнитивного контроля на эффект Струпа // Петербургский психологический журнал. 2018. № 24. С. 40-62.

4) Стародубцев А. С., Мирошник К. Г., Сопов М. С. Эффект лексикализации дистракторов в тесте «рисунок — слово» // Шаги / Steps. 2019. Т. 5. № 1. с. 8–24. DOI: 10.22394/2412-9410-2019-5-1-8-24.

5) Сопов М. С., Стародубцев А. С., Мирошник К. Г. Влияние субъективной сложности целей на величину интерференции в тесте «Рисунок-Слово» // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2019. Т 9. № 1. с. 92-106. DOI: 10.21638/11701/spbu16.2019.107

6) Сопов М.С., Стародубцев А.С., Мирошник К.Г., Шиндриков, Р.Ю. База стандартизированных изображений BOSS: адаптация для использования на

русскоязычной выборке // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2019. Т.16. № 4. С. 690-704.

7) Стародубцев А.С., Мирошник К.Г. Ошибки в высокочастотных и низкочастотных словах увеличивают Струп-интерференцию // Теоретическая и экспериментальная психология. 2019. Т.12. № 3. С. 63-71.

8) Стародубцев А.С., Мирошник К.Г. Влияние скорости обработки дистрактора на величину эффекта Струпа // Петербургский психологический журнал. 2019. № 28. с. 4

9) Стародубцев А.С., Аллахвердов М.В. Роль конфликта ответов и семантического конфликта в возникновении эффекта Струпа // Российский журнал когнитивной науки. 2019. Т. 6. № 4. С. 24–38.2-64.

10) Стародубцев А.С., Аллахвердов В.М. Запоминание противоречивой информации в свете гипотезы о неосознаваемом поиске разрешения противоречий // Экспериментальная психология. 2020. Том. 13, № 1. С. 20-34.

11) Аллахвердов, В. М., Науменко, О. В., Филиппова, М. Г., Щербакова, О. В., Аванесян, М. О., Воскресенская, Е. Ю., & Стародубцев, А. С. (2015). Как сознание избавляется от противоречий. Шаги/Steps, 1(1)

12) Starodubtsev A. S., Allakhverdov M.V. / Stroop Effect: Conflict Detection and Control Strategy Factors [text] // Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics: Proceedings of the 9th International Conference on Cognitive Sciences, Intercognsci-2020, October 10-16, 2020, Moscow, Russia. – Springer Nature, 2021. – Т. 1358

ГЛАВА 1. ОБЗОР ОСНОВНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЙ

В первом параграфе мы описали эмпирические феномены Струп-интерференции. Во втором параграфе рассмотрены гипотезы возникновения интерференции. В третьем параграфе рассмотрены психические процессы, которые предположительно препятствуют интерференции. В четвертом разделе мы формулируем основные проблемы проведенных исследований и обсуждаем возможные способы их решения.

1.1. Основные феномены Струп-интерференции

1.1.1. Методика Струпа и основные способы ее использования

Тест Струпа возник в традиции бихевиоризма. Бихевиоризм объяснял человеческое поведение связями между стимулами и реакциями. Исследовалось, как выученная ассоциация влияет на формирование других ассоциаций с этим же стимулом. К примеру, испытуемые научались в ответ на слог «гар» отвечать «пим». После безошибочного выполнения этой задачи ее изменяют: в ответ на старые слоги-стимулы уже требуется давать новые ответы (в ответ на слог «гар» отвечать «куг»). По мысли исследователей, выученные ассоциации мешают формироваться новым (хотя это и зависит от сходства слогов друг с другом, см. Пиаже, Фресс, 1973). Описанная методика требует много времени и для формирования первой ассоциации, и для разучивания новой. Д.Р. Струп предложил для экспериментов использовать ассоциативные связи, которые сформировались в течении жизни испытуемых (Stroop, 1935). Люди много читают и операция чтения становится автоматизированной. По этой причине слова должны прочитываться вне зависимости от задачи испытуемых. В тесте Струпа испытуемые должны были называть цвета окрашенных слов. Выяснилось, что при несовпадении слов со значением (слово «зеленый» в синем цвете) испытуемые

выполняют эту задачу медленнее, чем в контрольном условии (окрашенные нечитаемые знаки).

Д. Р. Струп считал, что привычка к чтению мешает быстро назвать цвет слова. Несмотря на «механистичность» объяснения, в нем скрыта идея о контроле. В большинстве проб люди правильно выполняют задачу называть цвета слов, хотя и с временной задержкой. Если бы связь «стимул-реакция» полностью определяла человеческое поведение, то люди прочитывали бы слова, а не называли их цвета. Поэтому в эффекте Струпа можно увидеть влияние и автоматической обработки стимулов (т.к. время ответов меньше в контрольном условии) и влияние контроля (т.к. испытуемые чаще все-таки дают правильный ответ).

Впоследствии тест Струпа стал одной из самых популярных методик в когнитивной психологии (см. обзоры MacLeod, 1992; Аллахвердов, Аллахвердов, 2014). Эффект Струпа называют одним из самых проверенных, больших по величине и устойчивых феноменов. Некоторые исследователи обозначают его даже как «one of the most robust effect» (Kinoshita et al. 2017), что можно перевести и как «самый большой эффект» (по величине) и как «самый устойчивый» (не пропадает при изменении многих параметров).

Тест Струпа объявляется «золотым стандартом» для изучения эффектов внимания (MacLeod, 1992), научения, когнитивного контроля и автоматических процессов психики (Besner, Stolz 1999; Flaudias, Llorca 2014, Algom, Chajut, 2019). База Google Scholar содержит более 10000 статей, посвящённых Струп-интерференции. Изучение интерференции продвигается «вглубь» и «вширь». «Путь вглубь» заключается в попытке разложить на части классический эффект. По остроумному замечанию С. Киношита «Все согласны, что цвет вступает в конфликт со значением, но никто не знает, в чем этот конфликт заключается²» (Kinoshita, 2017, с. 824). Каждый из параметров слова может влиять на

² «It is widely agreed that the Stroop effect reflects conflict between the color and the to-be-ignored word, but much is still not known about the nature of that conflict».

интерференционный эффект: его графический образ, его значение, его автоматическое проговаривание и т.д.. При этом каждый из параметров может быть необходимым условием интерференции или только усиливать влияние других.

«Путь вширь» заключается в попытке получить эффект Струпа на другом материале. В таких работах оставляют каркас оригинальной методики: элемент, на который нужно реагировать (цель) и элемент, который нужно игнорировать (дистрактор). Например, в тесте рисунок-слово задача испытуемых – на скорость называть изображения и игнорировать наложенные поверх них слова. Разница между временем называния изображений при предъявлении поверх них слов или нечитаемых знаков (XXXXX) обозначается как эффект интерференции. Существует целый класс аналогичных методик, обозначаемых как «Похожие на Струп-эффект» (Stroop like effect; см. обзор MacLeod, 1991). Часть авторов оспаривают возможность единообразно объяснить результаты разных интерференционных тестов (см. Algom, Chajut, 2019; Schmidt, 2015). В других подходах разные интерференционные тесты рассматриваются как взаимозаменяемые (Botvinick et al., 2001; Braem, 2019).

1.1.2. Разнообразие факторов интерференции. Эффект семантического градиента

Считается, что *эффект Струпа* характеризуется разницей между временем ответов и количеством ошибок при предъявлении неконгруэнтных и контрольных стимулов. Неконгруэнтными (incongruent, incomputable) называют стимулы, цвет которых не совпадает со значением. Однако нет общепризнанного понимания 1) какими именно должны быть контрольные стимулы (см. Lorentz, 2016; Осипов, 1992) 2) какими именно должны быть «значения» неконгруэнтных слов. Слово «значение» взято в кавычки, так как интерференционный эффект появляется и при предъявлении псевдослов (ламоск, булама) или даже окрашенного набора букв (автмвл). Объект, который требуется игнорировать, обозначается словом

«дистрактор». В интерференционных тестах используются разные виды дистракторов: слова со всевозможными характеристиками, псевдослова, наборы букв или геометрических фигур и т.д..

Исследователи пытались упорядочить разные дистракторы по степени их интерференционного воздействия. Опишем некоторые из них в порядке от наибольшего интерференционного воздействия к наименьшему.

1. Классическое условие: дистракторы – обозначающие цвета слова, которые потенциально могут быть правильным ответом и при этом они не совпадают с текущим цветом слова. Например, слова «красный», «зеленый», «желтый», «синий» в эксперименте, в котором используются эти же цвета.

2. Дистракторы вне набора ответов. Дистракторы – обозначающие цвета слова, которые не являются правильным ответом ни в одной пробе эксперимента. Например, слова «розовый» и «белый» окрашены в желтый или зеленый цвета.

3. Дистракторы, ассоциативно связанные с ответами. Например, потенциальными ответами могут быть цвета «синий» или «зеленый» и используются слова «море» или «травя». При этом рассматривается именно условие несовпадения цвета и «цветной ассоциации» к слову (слово «море» в зеленом цвете).

4. Дистракторы, обозначающие «не цветные» существительные русского языка различной частотности (высокочастотные, среднечастотные, низкочастотные).

5. Дистракторы, представляющие из себя прилагательные, глаголы или абстрактные существительные.

6. Дистракторы-псевдослова (нечитаемые, например «гврну»). При этом читаемые псевдослова («трыне», «гомова») интерферируют даже сильнее существующих слов.

7. Дистракторы, представляющие из себя набор букв.

8. Дистракторы, представляющие из себя геометрические фигуры.

9. Конгруэнтные дистракторы представляют из себя слова, значения которых совпадает с их цветом (слово «красный» в красном цвете).

Большинство описанных условий рассматривались еще Г. Кляйном (Klein, 1964) и были дополнены в дальнейших работах (Levin, Tzelgov, 2016). Г. Кляйн назвал эффект «*семантическим градиентом*» (Semantic Gradient).

Представленный список дистракторов не является исчерпывающим. Во-первых, каждое из условий можно разбить еще на несколько. Например, дистракторы-псевдослова могут быть созданы разными способами, что часто влияет на размер эффекта (см. Стародубцев и др., 2019). Во-вторых, предъявленный список можно дополнять. В частности, на эффект интерференции влияют: язык, на котором написано слово, количество букв в слове, количество лексических соседей слова, насыщенность цвета слова, понятность шрифта, положение стимула относительно точки фиксации и т.д.. Даже положение кнопок ответов на клавиатуре значимо влияет на интерференционный эффект (см. с. 136). В-третьих, можно комбинировать различные условия. Некоторые из факторов могут суммировать свое влияние как «слои пирога», а некоторые могут проявляться только в специфической комбинации других факторов. Например, категориальная связь дистрактора и цели может и увеличивать, и снижать интерференцию в зависимости от того, деформированные ли слова предъявлены (см. с. 178).

1.1.3. Эффект набора ответов

В тесте Струпа чаще всего используется ограниченный набор стимулов. Обычно это цвета «красный», «желтый», «синий» и «зеленый». Таким образом, набор потенциальных ответов состоит только из четырех элементов. Использовать именно 4 цвета рекомендует и С. Брэм с соавторами в статье, посвященной методическим стандартам изучения когнитивного контроля (Braem et al., 2019). При этом дистракторы также используются только из набора возможных ответов. Именно такая версия теста является «самой удобной

демонстрацией в учебной аудитории³» (Durgin, 2000, с. 121).

Тем не менее в качестве дистракторов можно использовать и названия других цветов – например, «розовый», «белый», «фиолетовый», «серый» и т.д.. Еще Г. Кляйн показал значимый эффект интерференции в этом условии, хотя его величина значимо снижается. Согласно интерпретации Г. Кляйна, эффект интерференции снижается по мере «отдаления» значения слова от правильного ответа. Эта закономерность была подтверждена и в других работах. Например, абстрактные существительные интерферирует обычно меньше, чем конкретные существительные, так как они меньше похожи на цветные прилагательные (Eskes et al., 1990). Напротив, время ответов уменьшается, если значения слов ассоциируются с их цветом (слово «вода» в синем цвете (Dalrymple-Alford, 1972)).

Эффект набора ответов показывает, что величина интерференции зависит от значений слов. Значения учитываются психикой, даже если испытуемый уверяет, что он не читал слов. В интерференционных тестах у испытуемых формируется «образ ответов» и этот образ влияет на интерференционный эффект.

1.1.4. Влияние способа ответа на величину интерференции

В оригинальной работе стимулы были напечатаны на картонной карточке в виде таблицы 10 на 10. В дальнейшем у исследователей появилась возможность предъявлять стимулы по одному и фиксировать скорость ответа на одиночный стимул. Предъявление стимулов на карточках до сих пор используется в клинических исследованиях. Тем не менее в работе М. Киндта и коллег не было выявлено значимой корреляции между интерференцией, измеренной в «карточной» версии и при предъявлении одиночных стимулов (Kindt et al., 1996).

Помимо способа предъявления стимулов используются и разные способы ответов на стимулы. В классической версии теста испытуемые называют цвета вслух. Однако применяются и другие способы ответов – при помощи нажатия на

³ «The Stroop effect is one of the easiest and most powerful effects to demonstrate in a classroom, but not the easiest to explain».

кнопку, перевода взгляда на определенный сектор, ответа при помощи мышки и т.д.. Например, поверх определенной кнопки на клавиатуре прикрепляется наклейка зеленого цвета и нажатие на эту кнопку считается ответом «зеленый» (Schulz, 2017). В исследовании Ф. Дургина помимо Струп-слов в углу экрана предъявлялись окрашенные квадраты (Durgin, 2000). В случае, если испытуемый давал ответ «красный», он должен был перевести курсор на красный сектор. Другая версия этой задачи – перевести взгляд на соответствующий сектор (Hodgson et al., 2009).

Моторная версия теста Струпа избавляет исследователей от трудоёмкого анализа голосовых ответов. Однако задача произнесения ответа вслух более чувствительна при проверке ряда гипотез. Например, эффект частотности дистракторов – увеличение интерференции при использовании низкочастотных слов по сравнению с высокочастотными – обнаружен только в голосовой версии задачи Струпа (Sharma et al., 2010). Эффект негативного прайминга также проявляется в голосовой версии теста Струпа, но не в моторной версии (Mills et al., 2019). Существуют и эффекты, характерные только для моторных версий задачи Струпа. Например, еще Д.Р. Струп показал, что цвет слова значимо не влияет на скорость его чтения (*эффект асимметрии Струпа*). Однако в моторных версиях теста интерференция возникает и в задаче реагировать на значения слов. Более того, в версиях теста с предъявлением окрашенных секторов (модификации Ф. Дургина и Т.Л. Ходжсона) больший эффект интерференции обнаружен в задаче реагировать на значение слова, а не на его цвет. Ф. Дургин обозначал этот эффект *обратным эффектом Струпа* (reverse Stroop effect). В исследовании К.В. Собела и коллег (Sobel et al., 2020) было показано, что обратный эффект Струпа больше стандартного эффекта Струпа в задачах, в которых нужно выполнить зрительный поиск.

В большинстве известных нам работ моторные и голосовые версии задачи Струпа считаются взаимозаменяемыми тестами. Исключения составляют работы, в которых целенаправленно анализировалось сходство и отличие двух методик.

На наш взгляд, обратный эффект Струпа показывает, что слово не всегда получает приоритет в обработке и это нужно учитывать при интерпретации результатов исследований.

1.1.5. Разнообразие видов интерференционных тестов

Существует множество методик, которые вызывают эффект, схожий с эффектом Струпа (Stroop like effect). В этих методиках предъявляется два объекта, но реагировать нужно только на один из них (цель), а другой – игнорировать (дистрактор). В классической методике в качестве пары «цель-дистрактор» выбрана пара цвет-слово, но можно использовать и другие стимулы. Например, эффект Струпа обнаруживали в аудиальной модальности. Если испытуемые классифицируют слова по громкости, то они медленнее классифицируют слово «тихо», сказанное громким голосом или слово «громко», сказанное тихим голосом (Morgan, Brandt, 1989). Аналогичный эффект показан и в гендерном тесте Струпа. Люди медленнее классифицируют пол говорящего, если женским голосом сказано слово «мужчина», а мужским – «женщина» (Green, Barber, 1981). Эффект получен даже при несоответствии значения слова и гендерного стереотипа (женщина произносит слово «футбол» или «пират») (Most et al., 2007). Потрясает разнообразие модальностей, в которых еще был получен эффект Струпа. Д. Хект и М. Райнер обнаружили эффект Струпа даже в гаптической и магнитной модальностях (см. Hecht, Reiner, 2010).

Тем не менее большинство версий теста Струпа используют визуальную модальность. В числовой версии теста Струпа испытуемые называют количество цифр и игнорируют значения цифр (333 – конгруэнтная проба, 3333 – неконгруэнтная проба). В другой версии теста требуется назвать регистр букв и не читать слова («НИЗКИЙ» – неконгруэнтная проба, «низкий» – конгруэнтная) (Zhou, 2007). В тесте фланкера испытуемым нужно реагировать на центральный стимул и игнорировать боковые (PPPPP – конгруэнтный стимул, PPSPP – неконгруэнтный) (Eriksen, Eriksen, 1974). В тесте Саймона конфликт (Valle-Inclán,

1996) вызван несоответствием пространственного положения стимула и кнопки ответа. Например, стимул расположен в правой части экрана, а для ответа требуется нажимать левую кнопку.

Многообразие методик создает проблемы выбора. С. Брэм (Braem et al., 2019) предлагает использовать классическую версию теста Струпа, потому что она самая распространенная. Мы считаем, что использование методик должно быть обосновано логикой исследования. Нам известно, что числовую версию теста Струпа иногда используют для того, чтобы не отсеивать испытуемых из-за языка, на котором они говорят. Ряд авторов подчеркивают нюансы отдельных методик. Например, тест Саймона отличают от пространственного теста Струпа (Hilbert et al., 2014). В тесте Саймона стимулы связаны с направлением (например, это стрелки влево или вправо), а в пространственном тесте Струпа эту связь назначают перед экспериментами (стимул синего цвета – значит кнопка «влево», красного – «право»).

Мы в основном будем разбирать эмпирические результаты, полученные в методиках «цвет-слово»⁴ и «рисунок-слово». Будут анализироваться и другие методики, когда сама теоретическая модель предполагает проверку и на другом материале. Наряду с тестом цвет-слово в нашей работе будут описываться результаты, полученные при использовании теста рисунок-слово. В этом тесте стимулом является изображение знакомого для испытуемых объекта, а дистрактором – наложенное поверх него слово. Величину интерференции считают как разницу между временем называния изображения при предъявлении поверх него слова или нечитаемого набора знаков (XXXXX). Сходство феноменов интерференции в тестах рисунок-слово и цвет-слово было установлено в работе Л. ван Маанена и коллег (van Maanen et al., 2009). Впоследствии выводы Л. ван Маанена и коллег были подтверждены и в работе П.А. Старревелда и В. Ла Хеижа (Starreveld, La Heij, 2017). По этой причине в

⁴ Иногда словами «тест Струпа» обозначают множество вариантов теста (включая тест рисунок-слово). Когда мы пишем «тест цвет-слово» мы имеем в виду именно версию теста, в которой предъявляются окрашенные слова.

дальнейшем мы будем использовать методики рисунок-слово и цвет-слово как взаимозаменяемые методы. Обычно в тесте рисунок-слово у исследователей больше «возможности для маневра» так как изображений существует больше, чем цветов.

В некоторых методиках дистрактор и цель принадлежат к разным объектам. Например, вместо Струп-слова используют окрашенный прямоугольник и слово в черном цвете, которое написано рядом с ним. Задача испытуемого в этом случае остается той же – как можно быстрее назвать цвет и игнорировать значение. Такая методика позволяет предъявлять дистрактор отдельно от цели (например, предъявлять прямоугольник на 100 мс раньше слова). Еще одна версия подобной задачи – задача соответствия Струпа. В этой задаче испытуемым предъявляют слово (например, «синий» в желтом цвете) и окрашенный прямоугольник. Задача испытуемого – решить, совпадает ли значение слова и цвет окрашенного прямоугольника. Иногда применяют методику, в которой в качестве стимулов используется два окрашенных слова и дана задача сравнить цвет одного слова со значением другого (Dyer, 1973).

Раздельное предъявление цели и дистрактора позволяет использовать дистрактор и цель из одной «модальности». К примеру, в тесте слово-слово два слова предъявляются рядом друг с другом и задача испытуемого – назвать только одно из них (например, верхнее). Наличие второго слова в этом случае приводит к увеличению времени ответов. Более того, характеристики игнорируемого слова тоже влияют на скорость ответов. Как и в других парадигмах, на скорость ответов в тесте слово-слово значимо влияет частотность игнорируемого слова и его категориальная принадлежность. Существует также тест рисунок-рисунок, в котором нужно реагировать только на одно из двух предъявленных изображений (Jescheniak et al., 2014). Описанные методики применялись для обоснования и критики интерпретации моделей интерференции.

1.1.6. Вывод из первого параграфа

Во множестве исследований показано, что эффект Струпа градуален и

проявляется во многих условиях. Устойчивость эффекта Струпа по отношению к модальности, типу ответов и способу предъявления стимулов дает основание предполагать единый механизм феноменов интерференции.

Эффект Струп-интерференции обычно описывают ситуацией, при которой 1) предъявлено два объекта или один объект с двумя очевидными свойствами 2) ставится задача реагировать только на один объект (цель), а другой – игнорировать (дистрактор) 3) игнорируемый объект (дистрактор) значимо влияет на скорость/точность выполнения целевой задачи.

Исходя из эмпирики можно выделить условия, в которых интерференция больше: 1) дистрактор входит в набор возможных ответов 2) цель имеет «смысловую» природу (цвет слова, название изображения), а дистрактор – «физическую» (начертания букв, пространственное положение стимула).

Имеются данные о сходстве тестов рисунок-слово и цвет-слово даже в частных аспектах. В основном мы далее анализировали именно их. Другие интерференционные тесты анализировались, когда гипотеза предполагала их использование. Однако без объяснения причин Струп-интерференции сложно однозначно очертить границы эффекта. Во втором разделе мы разбираем теории, в которых пытались описать процесс обработки информации, приводящий к появлению эффекта Струпа.

1.2. Интерпретации эффектов интерференции

На заре когнитивной психологии психические феномены объясняли алгоритмами обработки информации. Возникла иллюзия, что при удачном подборе параметров информации можно объяснить любой психический феномен. Струп-интерференцию пытались объяснить параметрами «степень автоматичности», «скорость психических процессов», «совместимость стимула и ответа», «частотность стимулов», «мера связи стимулов» и т.д.. В обсуждаемых моделях основной акцент ставится на причинах возникновения интерференции. В качестве таких причин наиболее часто выделяют автоматическую обработку

дистрактора, высокую скорость обработки дистрактора, способность обработать дистрактор без затрат ресурсов внимания и стадийную обработку информации.

1.2.1. Эффект Струпа и концепция автоматичности

Мало кто отрицает существование автоматических процессов психики. Эти процессы происходят и при выполнении теста Струпа. Вопрос в том, достаточно ли автоматической обработки дистракторов для появления интерференции.

Классическое определение автоматических процессов описано в работах Р.М. Шиффрина и В. Шнайдера (Shiffrin, Schneider, 1977), М. Познера и С. Снайдера (Posner, Snyder, 1975). В этих работах перечислены параметры, которые отличают автоматические процессы от контролируемых: эффективность, неосознанность, не требовательность к ресурсам внимания. М. Познер с С. Снайдер также отмечали, что другие процессы психики не могут влиять на автоматические процессы (баллистичность).

Классическое понимание автоматичности основывалось на логике «все или ничего»: все критерии одновременно выполняются или одновременно не выполняются. Однако логика «все или ничего» не может объяснить даже феномен семантического градиента. В подходе «все или ничего», и слово «дверь», и слово «трава», и слово «зеленый» оказывают одинаковое интерференционное воздействие.

Можно предположить, что любой процесс в определённой степени автоматический. Такую интерпретацию часто рассматривают (см. обсуждение Moors, 2016), но ее сложно соотнести с эмпирическими феноменами. Характерный оборот в научных статьях про интерференцию такой: «хотя автоматичность и комплексное явление, в данной работе мы будем рассматривать классическое понимание автоматичности» (Liefoghe et al., 2020).

Ряд ученых считают, что в тесте Струпа слово неосознанно прочитывается (Algom, Chajut, 2019). Однако методика Струпа не соответствует процедуре изучения неосознанных когнитивных процессов. Например, в исследованиях

прайминг-эффекта изучают, как на выполнение задачи влияют предшествующие стимулы. Чтобы добиться неосознания предшествующих праймов, их предъявляют на короткое время (29 мс) и закрывают визуальной маской. Ж. Цзян и коллеги провели эксперимент, в котором значение слов не осознавались испытуемыми. В их исследовании испытуемым сначала в черном цвете на 29 мс предъявлялось слово, означающее цвет, затем – визуальная маска, а затем – окрашенный квадрат (Jiang et al., 2015). Испытуемые медленнее называли цвет квадрата, если он не совпадал со значением слова, хотя испытуемые и не осознавали слова. Тем не менее величина эффекта составляла всего 10 мс, что значительно меньше размера эффекта в классическом варианте теста Струпа.

Величина интерференции зависит от контекста, внимания и стратегий испытуемых (см. раздел 1.3), что не соответствует концепции автоматичности. В работе М.В. Фаликман также подчеркивается, что феномен интерференции не объясняется классическим определением понятия автоматичности (Фаликман, 2020). В современных работах предлагается анализировать разные признаки автоматичности отдельно друг от друга (Moors, 2007). В некоторых концепциях интерференцию рассматривают через призму одного из параметров автоматичности: ресурсов внимания, скорости обработки слов и т.д. (см. далее).

Логика «все или ничего» не работает, но альтернативного понимания автоматичности не предложено. Это не означает, что при выполнении теста Струпа не выполняются автоматические процессы в классическом понимании. Мы считаем, что в интерференционных феноменах дистрактор автоматически обрабатывается, однако не этот фактор важен для объяснения интерференции (см. также (Flaudias, Llorca, 2014) с аналогичными выводами).

Таким образом, концепция автоматичности «все или ничего» является легкой мишенью для критики. Почти любая эмпирическая работа, показывающая влияние внимания или контекста на величину интерференции (см. с. 38) может рассматриваться как опровергающий пример. При градуальном понимании автоматичности необходимо указать, как именно измеряется степень

автоматичности когнитивного процесса. Если автоматичность определять через скорость обработки дистрактора и цели, то концепция автоматичности идентична модели лошадиных гонок (см. следующий пункт).

1.2.2. Гипотеза о приоритете дистрактора из-за скорости его обработки

В ряде моделей значение и цвет слова конкурируют за приоритет в обработке. Так как значение слова мешает быстро назвать его цвет, а цвет слова не влияет на скорость его прочтения, то значение объявляется победителем этого соревнования. Что определяет его «победу»? Классическая модель лошадиных гонок (horse-race model) говорит, что выигрывает более быстрый процесс (см. обзоры Dunbar, MacLeod 1984; Brown et. al, 1995; Schmidt 2018). Это логично: люди быстрее читают слова, чем называют их цвета (Cattell, 1886).

Основные допущения классической модели следующие: разные психические процессы выполняются параллельно и не влияют друг на друга; более быстрая операция первая достигает «буфера ответов»; для реализации более медленного процесса необходимо сначала освободить «буфер ответа» от результата более быстрого процесса, что требует времени; в моделях лошадиных гонок предполагается, что чем больше разрыв между скоростью двух процессов, тем медленнее освобождается буфер ответов. Существует класс схожих моделей, которые отличаются отдельными положениями. Например, в классической модели скорость чтения и называния цвета не влияют друг на друга (Dunbar, Macleod 1984). Однако выявлено, что сходство значения и цвета влияет на величину интерференции (см. с. 79.). Так, слово «огонь» в красном цвете интерферирует слабее, чем слово «вода». Модель лошадиных гонок можно модифицировать, введя предположение о влиянии ассоциативной связи между дистрактором и целями.

На наш взгляд, основной недостаток модели заключается в ее непонятности. Р. Вирдзи и Х. Егет сокрушались (Virzi, Egeth, 1985, с. 304), что модели

соревнования не приводят существенных деталей⁵. Например, согласно модели лошадиных гонок, чем больше разница между скоростью чтения и скоростью называния цвета, тем больше величина интерференции. Какая логика этого предположения? Допустим, цвет слова называется за 600 мс. Тогда значение «победит», если оно обрабатывается за время от 1 мс до 599 мс. Почему изменения внутри этого диапазона влияют на интерференцию? В зависимости от ответа на этот вопрос будут описаны разные схемы интерференции. Возможно, ранее пришедший ответ с течением времени заполняет собой весь «буфер ответа». Схожая позиция принята большинством современных ученых. Например, в моделях накопления свидетельств (Kinoshita et al., 2017) цвет и значение обрабатываются много раз. Каждая полная фаза обработки слова или цвета добавляет одно свидетельство к соответствующим им ответам. Однако так как слова обрабатываются быстрее, то скорость накопления свидетельств соответствующего ответа растет быстрее. Как следствие, на момент обработки цвета слова в буфере ответов уже содержится больше свидетельств, соответствующих значению слова.

Схожая логика описана в моделях распространения активации (например, Roelofs, 2003). В таких модели набор потенциальных ответов хранятся в оперативной памяти: цвет и значение слова постепенно повышают активацию «своих» узлов в памяти. При этом слово быстрее повышает активацию «своего» узла. Однако в этих концепциях сложно определить, какую роль выполняет уровень активации. Если субъект может выбрать для ответа и более слабый узел (что по факту и происходит в тесте Струпа), то непонятно назначение активации. И модель накопления свидетельств, и модели распространения активации содержат методическую проблему – не объясняется, как измерять уровень активации узлов памяти или скорость накопления свидетельств.

Возможно другое объяснение влияния скорости чтения на величину интерференции. Предположим, что скорость психических процессов всегда

⁵ «The account just provided of speed-of-processing models is necessarily devoid of details».

варьируется вокруг средних значений. Допустим, разброс времени чтения в отдельных пробах варьируется от 500 мс до 700 мс. Если скорость называния цвета – 600 мс, то в половине проб цвета обрабатываются быстрее, а в половине – медленнее. Если же средняя скорость чтения – 500 мс (разброс от 400 мс до 600 мс), а скорость называния цвета – 600 мс, то скорость чтения во всех пробах будет быстрее скорости называния цвета. Схожая идея высказана в работе А. Еиделса (Eidels, 2012) и на ее основе построена модель Р. Морана и Д. Алгома (Moran, Algom, 2011). Основная идея этого объяснения – интерференция возникает не во всех, а только в части проб, в которых дистрактор «победил» цель, однако при усреднении данных этот эффект размывается.

Некоторые эксперименты не объясняются в модели лошадиных гонок. Например, К.Н. Дунбар и К. Маклеод (Dunbar, Macleod, 1984) в качестве дистракторов использовали зеркально отраженные слова. Было выявлено, что люди читают такие слова медленнее, чем называют их цвета. По логике модели лошадиных гонок, цвет становится доступен раньше значения и поэтому интерференции не должно возникать. Однако значимый эффект интерференции был обнаружен и при использовании зеркальных слов. Более того, эффект интерференции сохраняется, если дистрактор предъявляется на 400 мс раньше или позже цели (Glaser, Claser, 1982) (или даже на 1000 мс (см. Dhooge, Hartsuiker, 2011)). Таким образом, модели лошадиных гонок находятся в сложном положении: «Лучше не ставить на лошадиные гонки» – писал Р.Д. Шмидт (2018), К.Н. Дунбар и К. Маклеод заключили «как знает любой опытный фанат лошадиных гонок, лошадиные гонки непредсказуемы»⁶.

Современные аналоги моделей лошадиных гонок используют уже менее однозначные конструкты. Вместо соревнования по скорости обработки (которую можно измерить) описывается соревнование по «степени активации» или по «скорости накопления свидетельств». Другой путь – отказ от идеи о конкуренции между цветом и значением. Тогда постулируется существование алгоритма,

⁶ «As any experienced race fan knows, handicapping a horse race is never an easy matter»

который учитывает слово больше, чем его цвет. Например, А. Протопапас и коллеги считают (Protopapas et al., 2017), что форма объекта более важна для восприятия, чем его цвет. Красный банан мы воспринимаем именно как красный банан, а не как удлиненное яблоко. М. Дишон-Берковиц и Д. Алгом (Dishon-Berkovits, Algom, 2000) писали, что изменение формы «психологически сложнее» не заметить по сравнению с изменением цвета.

1.2.3. Гипотеза о приоритете дистрактора из-за несовместимости цвета и вербального ответа

Приоритет слова может объясняться алгоритмом обработки информации. Классической моделью такого рода является модель трансляции (translational model) (Virzi, Egeth, 1985). В этой модели существуют две независимых системы обработки информации – вербальная система и невербальная система. В каждой системе последовательно происходит визуальная обработка информации, семантическая обработка и моторная обработка. Однако после визуальной обработки информация может попасть и в блок перекодирования (translation mechanism), который перенаправляет информацию в другую систему. Далее информация продолжает обрабатываться внутри каждого из блоков, один из которых ведет к вербальному ответу, а другой – к невербальному. Если поставлена задача произнесения вслух, то используется результат обработки вербальной системы, если ответить надо при помощи движения – невербальной системы⁷.

У вербальной системы есть прямой доступ к значению слова, а для произнесения цвета вслух нужно перекодировать информацию. Перевод невербального кода в вербальную систему требует времени, в то время как эта система уже «занята» обработкой слова. Именно фактор «загруженности канала» и необходимости перевода вызывает замедление времени ответов.

⁷ Сами авторы иногда называют системы «Система 1» и «Система 2», или «вербальная» и «пространственная». Однако наши термины кажутся нам более точными.

Для доказательства модели трансляции используют задачи, в которых испытуемые используют для ответа разные системы. На вербальные стимулы быстрее даются вербальные ответы, но медленнее – невербальные. В эксперименте Р. Вирдзи и Х. Егета испытуемые сортировали картонные карточки, на каждой из которых был напечатан стимул. Этими стимулами могли быть окрашенные слова, окрашенные знаки «xxx» или слова в черном цвете. Испытуемые на скорость раскладывали набор карт в корзины с разными метками. В одном из условий они были помечены словами «красный», «синий», «желтый», «зеленый», а в другом – соответствующими цветами. Выяснилось, что скорость ответов зависит от способа метки корзин: когда корзины помечены словами, то испытуемые быстрее классифицируют слова; если же корзины помечены цветами, то испытуемые быстрее классифицируют цвета. Схожий результат получен и на материале других задач. Например, в тесте Саймона (слово «левый» в правой части экрана) человек быстрее читает слово, чем называет его положение. Однако если для ответа нужно нажимать на кнопки, то быстрее дается уже ответ на пространственное положение стимула. Этим же механизмом можно объяснить эффект асимметрии Струпа. Скорость чтения слова не зависит от его цвета, так как чтение соотносится с задачей называния. С другой стороны, нажатие на кнопку соотносится с реакцией на цвет и поэтому цвет уже влияет на скорость классификации значений слов. Именно по этой причине возможен обратный эффект Струпа при использовании моторной версии теста (см. Blais, 2006). В модификации Ф. Дургина испытуемым в центре экрана предъявлялось неконгруэнтное слово (например, слово «красный» в синем цвете), а в углах экрана предъявлялись окрашенные квадраты. Задача испытуемых – перевести курсор в сектор, который совпадает с цветом или значением слова. Эта задача выполнялась значимо медленнее, если требовалось реагировать на значение слова, а не на его цвет (Durgin, 2000; Miller et al., 2016). Тем не менее в недавней работе К.В. Собела и коллег эта гипотеза была поставлена под сомнение (Sobel et al., 2020). В серии экспериментов варьировались задача (реагировать на цвет или на значение) и тип секторов (окрашенные квадраты или слова, написанные

черным цветом). Во всех возможных комбинациях интерференция была больше, если ставилась задача реагировать на цвет слова. Авторы сделали вывод, что интерференция со стороны цветов зависит не от «необходимости перевода», а от типа задачи – в задаче зрительного поиска цвет всегда получает приоритет.

Модели трансляции изучались на материале задачи «сопоставления Струпа». В этих задачах испытуемые сопоставляют цвет или значение Струп-стимула со словом в черном цвете или с цветом геометрической фигуры. Показано, что эта задача выполняется быстрее, если сравнение происходит внутри одной модальности (цвет с цветом или слово со словом) (Luo, 1999).

Критика моделей трансляции как основной причины интерференции частично основывается на демонстрации несимметричности двух описываемых систем. В исследовании М. Сугга и Д. МакДональда (Sugg, McDonald, 1994) было показано, что закономерности «перевода» от вербальной системы к невербальной отличаются от закономерностей «перевода» от невербальной системы к вербальной.

Модель трансляции критикуется и на основании экспериментов, использующих «непереводимые ответы» (untranslated respond). Например, можно поставить задачу реагировать на цвет и цветом же пометить кнопки ответов. В этом случае обнаружена значимая интерференция, несмотря на одну модальность стимулов и ответов. В эксперименте С. Блейза и Д. Беснера для ответа на два цвета использовалась одна клавиша (например, клавиша М для ответов «зеленый» или «синий»; методика 2:1). Выяснилось, что в этом условии эффект интерференции исчез, если цвет слова и его значение соответствовали одной кнопке ответов (слово «зеленый» в синем цвете). Авторы сделали вывод, что модель трансляции хуже соответствует данным, чем модель, в которой вводится фактор «конкуренции ответов» (Blais, Besner, 2006). Модель трансляции также не объясняет интерференцию при использовании дистракторов и целей одной модальности. Между тем обнаружен значимый эффект интерференции в

парадигмах цвет-цвет (Glaser, Glaser, 1989), слово-слово (Mulatti et al., 2015) и рисунок-рисунок (Geng et al., 2013; Jescheniak et al., 2014).

Таким образом, модели трансляции объясняют лишь часть экспериментальных феноменов. Однако в рамках этой модели было расширено объяснение феномена интерференции. Было показано, что интерференция наблюдается не только в тех задачах, в которых надо игнорировать слова. Также было обнаружено, что способ ответов на стимулы значимо влияет на величину интерференции.

Модели параллельной обработки (например, модель лошадиных гонок) и модель последовательной обработки (например, модель трансляции) каждая объясняет лишь некоторые «свои феномены» и не объясняет остальные. Более того, часть феноменов не объясняет ни одна из моделей. Современные модели или акцентируют внимание на существовании многих конфликтов или подробно рассматривают лишь один какой-то их аспект.

1.2.4. Влияние дистрактора на интерференцию на разных стадиях обработки информации

Ряд моделей интерференции описывают нескольких конфликтов между дистрактором и целью. К примеру, большинство ученых поддерживают гипотезу о конфликте на нескольких стадиях обработки информации. Сначала происходит ее перцептивный анализ, затем она обрабатывается на семантическом уровне, формируются соответствующие моторные ответы и впоследствии эти ответы реализуются или подавляются. Кратко эти стадии можно описать как «вижу – понимаю – действую».

В 20-ом веке дискуссии разворачивались вокруг гипотез о перцептивном конфликте и конфликте на уровне ответов. Гипотеза о перцептивном конфликте связана с идеей о нехватке ресурсов для обработки цвета слова, так как часть ресурсов тратится на обработку его значения. Гипотеза конфликта ответов объясняет интерференцию необходимостью подавлять ответ, соответствующий

дистрактору.

В дальнейшем конфликты стали описывать на перцептивной стадии, стадии принятия решения, стадии подготовки ответов и их реализации (Lurker, Katz, 1981). В современных работах сохранилась логика описанных стадий, хотя они иногда называются по-другому. Только стадии «реализации ответа» и «подготовки ответов» уже не рассматривают отдельно⁸. Стадия «перцептивного конфликта» обозначается как «конфликт задач»: подчеркивается не перцептивная природа конфликта, а факт выполнения дополнительной задачи чтения слова. Стадия «принятия решения» иногда обозначается и просто словом «решение» и терминами «лексический конфликт», «семантический конфликт» и т.д.. Из-за разных обозначений для понимания идеи какого-либо автора требуется знать, как он обозначает другие стадии обработки информации. Так, термин «лексический конфликт» может описывать разные виды конфликтов в зависимости от того, противопоставляется ли он «семантическому конфликту» или «конфликту ответов».

Конфликт задач (task conflict) отражает замедление времени ответов, вызванное самим фактом прочтения слова. В этом случае предполагается конфликт, даже если цвет слова совпадает с его значением. В большинстве экспериментов это не так – время ответов на конгруэнтные стимулы незначительно, но устойчиво меньше времени ответов на контрольные стимулы (например, Уточкин, Большакова, 2010). Была создана гипотеза, что когнитивный контроль позволяет преодолеть влияние конфликта задач. Согласно этой гипотезе, если снизить уровень контроля, то время ответов на конгруэнтные стимулы будет больше времени ответов на контрольные стимулы. Один из таких способов – введение высокой пропорции не цветных слов (нейтральных проб). Предполагается, что если конфликтных проб мало, то контроль медленнее включается (Kalanthoff et al., 2013). Другой способ снижения когнитивного

⁸ В исследовании С. Любкера и А. Катца это разграничение было только обозначено, но не было предложено методики разграничить эти стадии обработки информации.

контроля – введение подсказки о предъявлении контрольных (неконфликтных) стимулов. В этом условии контроль как бы меньше готов к работе с конфликтными стимулами (Goldfarb, Henik, 2007). Еще одним способом снижения когнитивного контроля является ведение дополнительной задачи, на которую тоже будут тратиться ресурсы контроля (Kalanthoff et al., 2018). В описанных условиях время ответов на конгруэнтные стимулы действительно было несколько больше времени ответов на контрольные стимулы (эффект обратной фасилитации).

Обычно эффекты конфликта задач очень малы и проявляются только в специфических условиях (например, когда отсутствуют неконгруэнтные стимулы). Даже сторонники конфликта задач признают, что в большинстве случаев этот конфликт не возникает или быстро разрешается (Kalanthoff et al., 2018). Более того, в работе О. Энтел и Д. Целгова не были воспроизведены доказательства существования конфликта задач (Entel, Tzelgov, 2018).

Самое значительное влияние на интерференцию приписывают «семантическому конфликту» и «конфликту ответов». Исследователи пытались придумать методическую процедуру, чтобы их разграничить. Д. Шарма и Ф.П. МакКенна (Sharma, McKenna, 1988) исследовали, как на интерференцию влияют лексический фактор, фактор семантической связи, фактор лексической связи, фактор принадлежности к набору ответов. Эти факторы появились в результате анализа эффекта семантического градиента: окрашенный набор букв не содержит ни одного из этих факторов, не цветные слова (стол, гвоздь) содержат только лексический фактор, связанные с цветом слова (море, трава) содержат фактор лексической связи, цветные слова не из набора ответов (оранжевый, белый) содержат фактор лексической релевантности, а классические неконгруэнтные слова содержат все описанные факторы. Авторы воспроизвели эффект *семантического градиента* (чем больше факторов интерференции, тем больше ее величина), когда перед испытуемыми была поставлена задача произносить цвета вслух, но не в моторной версии задачи Струпа. В задаче нажимать на кнопки

значимый эффект на интерференцию оказывал только фактор принадлежности к набору ответов. Авторы пришли к выводу, что в Струп-эффекте одновременно действуют два конфликта: семантический (куда входят все факторы кроме принадлежности к набору ответов) и конфликт ответов (фактор принадлежности к набору ответов). В случае голосовой задачи Струпа одновременно действуют оба, в моторной задаче действует только конфликт ответов.

В дальнейшем идеи Д. Шамы и Ф.П. МакКены применялись для различения конфликтов разного вида. Считается, что дистракторы вне набора ответов и семантически связанные дистракторы вызывают только семантический конфликт (Parris et al., 2014). Еще один способ разделить эти два конфликта – использовать для дистрактора и цели одинаковые кнопки ответа (экспериментальная парадигма 2:1). Например, одна кнопка может быть назначена и для ответа «красный» и для ответа «желтый». В этом случае слово «красный» в желтом цвете является семантически конфликтным, но на уровне ответов этот стимул конгруэнтен. Показано, что величина интерференции значительно возрастает, если дистрактор вызывает конфликт ответов (Lupker, 1979; Van Veen, Carter, 2005).

На наш взгляд, описанные методы недостаточно четко разграничивают семантический конфликт и конфликт ответов. Считается, что фактор набора ответов (см. с. 17) влияет на интерференцию на стадии подавления ответов. Однако хранившейся в памяти «набор ответов» может влиять на все стадии обработки информации. «Набор ответов» связан с ожиданием последующих стимулов (в самом деле, если в Струп-тесте предъявить стимул, который ни разу не был предъявлен ранее, то этот стимул будет неожиданным для испытуемых). Однако известно, что ожидание определенных объектов влияет и на скорость его опознания, и на скорость ответа. Например, если человек ожидает появления бабочки, то ему потребуется меньше времени и для ее опознания, а не только для реакции на бабочку. С другой стороны, «семантические факторы» могут влиять на скорость подавления ответов. Например, после предъявления слова ускоряются ответы, которые семантически связаны с этим словом (слово «собака»

читается быстрее после слова «кошка»). Поэтому эксперименты Д. Шамы и Ф.П. МакКенны можно объяснить влиянием только конфликта ответов. Так, в голосовой версии теста Струпа испытуемые могут произнести любое слово и поэтому любой стимул потенциально входит в набор ответов (в той или иной степени). В моторной версии теста Струпа испытуемые не могут ответить «розовый», если перед экспериментом ни одна кнопка не помечена розовым цветом. Возможно, именно по этой причине в моторной версии теста Струпа был выявлен только фактор принадлежности к набору ответов.

Гипотезы о семантическом конфликте и конфликте ответов по отдельности не могут объяснить известных данных. На этом основании часть ученых заключила, что обе гипотезы верны и всегда действуют два вида конфликтов. Однако логически эти гипотезы плохо сочетаются и неясно, каким методом их разграничить (см. обзор Стародубцев, Аллахвердов 2019).

Помимо методических сложностей, непросто описать механизм разрешения конфликта, в котором бы нашлось место и для семантического конфликта, и для конфликта ответов. Если конфликт происходит еще на семантической стадии, то на этой же стадии он и должен разрешиться. В этом случае в моторной стадии конфликта вообще не должно произойти. Если же для разрешения конфликта необходимо подавить моторный ответ, то в разрешении семантического конфликта уже нет необходимости. Можно представить ситуацию, при которой семантический конфликт и конфликт ответов происходят одновременно и один из психических механизмов исправляет семантический конфликт, а другой – конфликт ответов. Заметим, что такая интерпретация разрывает связь между семантическими параметрами стимула и способами ответа на него. В любом случае, концепция интерференции должна описывать и механизмы преодоления интерференционного воздействия дистрактора.

1.3. Психические механизмы преодоления интерференции

В современных работах снизился интерес к проблеме возникновения интерференции. Возникновение интерференции стали считать фактом, который не требует объяснения. При таком подходе авторы просто констатируют, что слово автоматически прочитывается и на этом заканчивают обсуждение причин возникновения интерференции. Вместо этого изучаются механизмы, которые позволяют субъекту все-таки назвать цвет слова несмотря на его автоматическое прочтение. Такие механизмы обычно связывают с «высокоуровневыми» процессами психики: с ожиданием, вниманием, стратегией и т.д.. Для исследователей интерференции характерно разбивать все психические процессы на автоматические (которые зависят только от стимулов) и на неавтоматические, которые зависят от высокоуровневых психических процессов (внимания, контроля, стратегии и т.д.). При таком разделении причины возникновения интерференции – автоматические процессы, а причины преодоления интерференции – «высокоуровневые» процессы. Для преодоления конфликта при помощи «высокоуровневых» процессов психики нужно классифицировать информацию как конфликтную и впоследствии либо не обращать на нее внимание, либо подавлять образ (representation) конфликтной информации. Еще одним способом игнорирования является построение стратегии решения задачи, которая в меньшей степени учитывает конфликтную информацию.

1.3.1. Механизм внимания в появлении и преодолении интерференции

В методике Струпа слова привлекают произвольное внимание, даже если их предъявлять в углу экрана на 120 мс (Lachter et al., 2008). Д. Лахтер и коллеги предъявляли дистрактор только на 100 мс и закрывали его маской, но все равно обнаружили небольшой, но значимый интерференционный эффект (14 мс). При отсутствии внимания к дистрактору не было выявлено значимого эффекта интерференции в работе Ж.Д. Жешениака и коллег (Jescheniak et al., 2014). В их эксперименте испытуемые называли изображения только определенного цвета и игнорировали изображения другого цвета. Нерелевантное изображение

увеличивало время ответов только если предъявлялась стрелка, показывающая на него.

В некоторых экспериментах интерференция наблюдалась при отсутствии внимания к дистрактору (Lachter et al., 2008) или даже при его неосознании (см. Мауг, 2004). Однако чем больше внимания направлено на дистрактор, тем больше интерференционный эффект. Один из способов усилить внимание к дистрактору – ввести дополнительную задачу мониторинга. А. Еиделс и коллеги усложнили стандартную задачу Струпа, введя инструкцию называть цвета только определенных слов, а других – игнорировать. В этой задаче испытуемым требовалось прочесть слово, чтобы проверить, надо ли называть его цвет. В результате величина интерференции значительно увеличилась (Eidels et al., 2014; см. также аналогичный результат в работе (Агафонов, Федотова, 2005)). Другие способы привлечь внимание к словам оказались не настолько эффективным методом увеличения интерференции. В исследовании З. Шипстед и Д.М. Броудвея (Shipstead, Broadway, 2013) испытуемых предупреждали, что после эксперимента их попросят припомнить все предъявленные слова. Предполагалось, что испытуемые будут уделять больше внимания значениям слов и интерференция возрастет, однако этого эффекта выявлено не было.

Гораздо больше работ, в которых внимание испытуемых отвлекали от дистрактора, что снижало интерференционный эффект. В исследовании Д. Канемана и Д. Чейзика (Kahneman, Chajczyk, 1983; см. также аналогичный результат в работе (Cho et al., 2006)) помимо Струп-стимулов на экране предъявлялось дополнительное слово, которое не являлось названием какого-либо цвета. Выяснилось, что в этом условии величина интерференции снижается. Дополнительное слово как бы «размывает» влияние основного дистрактора (эффект размытия). В эксперименте З. Чена (Chen, 2003) вниманием испытуемых управляли при помощи предъявления вертикальных палочек на 120 мс. Эти палочки были либо в месте будущего предъявления стимула, либо в другом месте. Если внимание испытуемых направляли от Струп-слова, то величина

интерференции снижалась. В другом эксперименте З. Чена перед предъявлением стимула предъявлялся большой или маленький прямоугольник. Автор предположил, что большой прямоугольник распределит внимание испытуемых на большую визуальную область, а малый – на маленькую. Было выявлено, что интерференция возрастает, если дистрактор попадает в узкий фокус внимания. В работе П. Перре и С. Дуктора (Perret, Ducrot, 2010) визуальные метки привлекали внимание испытуемых к третьей или пятой букве Струп-слова. Выяснилось, что величина интерференции выше, если испытуемые обращали внимание на третью букву. В этом случае дистрактор легче прочесть и значение слова привлекает больше внимание. В работе Д. Беснера и Д.А. Штольца (Besner, Stolz, 1999) величина интерференции снизилась, когда дистрактор располагался далеко от цели. По мнению Д. Беснера и Д.А. Штольца зависимость интерференции от внимания показывает, что слово не обрабатывается автоматически – механизмы контроля управляют обработкой слова.

В ряде исследований внимание от дистрактора отвлекали дополнительной задачей. В работе К. Гао с соавторами (Gao et al., 2007) во время прохождения теста Струпа испытуемые удерживали в памяти определенную цифру. Тем не менее не было обнаружено значимого влияния фактора загруженности рабочей памяти. В работе С. Кима и коллег (Kim et al., 2005) исследовалось, как тип запоминаемого материала влиял на интерференционный эффект. Выяснилось, что интерференция снижается при удерживании в памяти вербальной информации, но увеличивается при запоминании пространственной информации. Авторы сделали вывод, что удерживание в памяти вербальной информации препятствует обработке другого вербального стимула. В работе З. Чена (Chen, 2003) перед выполнением задачи Струпа испытуемые выполняли задачу различения оттенков цветов. Выяснилось, что после этой задачи время называния цвета Струп-стимула увеличивалось. В исследовании Б.К. Хьюстона (Houston, 1969) испытуемые выполняли задачу Струпа во время посторонних шумов (звуков гитары, поездов, машин и т.д.). В этом условии величина интерференции значительно снижалась. В

исследовании Л.Р. Хартли и Р.Г. Адамса (Hartley, Adams, 1974) шум во время прохождения теста Струпа также снижал интерференционный эффект, хотя и только в первой части эксперимента. Схожий результат обнаружен в работе Н.Н. Киреевой, где было выявлено снижение интерференции, когда испытуемые слышали свой голос с временной задержкой (Киреева, 1986).

Один из самых эффективных способов отвести внимание от дистрактора предложили Д. Беснер с коллегами (Besner et al., 1997). В их исследовании в Струп-слове была окрашена только одна буква и дана задача назвать ее цвет. В оригинальной работе интерференция упала до нулевого уровня (Besner et al., 1997). В последующих работах интерференция в этом варианте теста была получена (Marmurek, 2003), но ее величина значительно снижалась по сравнению с обычными условиями. Тем не менее даже в этом условии значение слова учитывается когнитивной системой. Например, ассоциативная конгруэнтность цвета и значения ускоряет время ответов и в задаче, в которой окрашена только одна буква. В работе П. Мари-Беффа и соавторов (Marí-Beffa et al., 2000) даже при окрашивании только одной буквы значение слова все равно влияло на следующий ответ (наблюдался эффект прайминга).

Самая радикальная позиция о роли внимания в появлении интерференции была высказана в статье М. Дишон-Берковиц и Д. Алгома (Dishon-Berkovits, Algom, 2000). Авторы поставили под сомнение, что эффект Струпа является самым устойчивым феноменом когнитивной психологии. Утверждается, что на самом деле появление эффекта Струпа полностью зависит от внимания. Так как в экспериментах стимул меняется в каждой пробе, то именно это изменение привлекает внимание испытуемых. В их работе было показано, что предъявление в тесте Струпа только одного слова (например слова «красный» в разных цветах) не приводит к возникновению эффекта интерференции.

Заметим, что ряд авторов противопоставляет пространственное внимание и «внимание к значению» (например, Chajut et al., 2009). При таком понимании возможна ситуация, при которой субъект как бы смотрит на дистрактор, но его не

обрабатывает. Содержательно в этом случае механизм внимания похож на механизм стратегии (субъект смотрит на дистрактор, но «решает» его не обрабатывать).

Таким образом, чем больше внимания привлекает дистрактор, тем больше величина интерференции. Однако интерференция может проявляться и при минимальном внимании к дистрактору. Если слово все равно обрабатывается даже при минимальном внимании к дистрактору, то должен существовать механизм, подавляющий результаты обработки дистрактора.

1.3.2. Механизм подавления дистракторов

Во всех обсуждаемых моделях значение слова доступно для ответа раньше цвета слова. Однако человек чаще называет цвет слов, а не читает их. Значит, существует механизм, не допускающий вербализацию прочитанного слова. В разных моделях интерференции этот механизм действует на семантическом уровне или на уровне ответов. Например, в модели Д. Мортон (см. Stirling, 1979) значение слова и его цвет активируют два узла памяти (логогена). Для правильного ответа активация логогена цвета должна быть выше активации логогена значения. Это может произойти при увеличении активации логогена цвета и снижении активации логогена значения. Самым убедительным доказательством существования этих механизмов является феномен прайминга. Если два раза подряд предъявлен одинаковый стимул (напр., красный), то для ответа используется один логоген и время ответа на второй стимул снижается. Психика как бы запоминает, что красный – это правильный ответ и использует эту информацию в следующей пробе. Феномен негативного прайминга заключается в увеличении времени ответов, если правильный ответ совпадает с дистрактором предыдущей пробы. Например, после стимула «красный» в синем цвете испытуемый медленнее в следующей пробе отвечает «красный». Ответ «красный» в этом случае как бы «отрицательно запоминается» (Mills et al., 2019; Neill, 1977).

В модели Вивер интерференция объясняется через конкуренцию активированных узлов памяти (Roelofs, 2005). В этой модели предполагается существование когнитивного контроля, который подавляет «в ноль» активацию дистрактора. После подавления дистрактора он активирован даже меньше, чем перед предъявлением стимула. Эта модель основывается на идеи о конкуренции между словом и значением и похожа на модель лошадиных гонок. Другая схема подавления дистракторов предполагается в модели исключения ответов (Mulatti, Coltheart, 2013). В этой модели сначала генерируется ответ, соответствующий значению слова. Впоследствии этот ответ подавляется и начинается обработка целевого стимула. Обработка дистрактора и цели происходит по очереди.

Из моделей соревнования и очереди выводятся противоположные следствия. В моделях соревнования предполагается, что чем больше разница между активацией дистрактора и цели, тем больше величина интерференции. В моделях очереди предполагается, что чем быстрее обрабатывается дистрактор (чем больше он активирован), тем быстрее начнется обработка цели. Преодоление интерференции в моделях соревнования можно уподобить стратегии «опередить дистрактор», а в модели очереди «подождать конца обработки дистрактора».

В моделях очереди чем быстрее обрабатывается слово, тем меньше оно задерживает обработку цвета. Этот прогноз подтверждает эффект частотности дистракторов. Эффект частотности дистракторов заключается в увеличении интерференции при использовании в качестве дистракторов редких слов («камыш», «дрель») по сравнению с частотными словами («солнце», «дерево»). Е. Дуги и Р.Д. Харцукер показали, что длительность контроля определяется не только частотностью слов, но и «последствиями» их произнесения. В их работе в качестве дистракторов использовались нецензурные слова такой же частотности, что и контрольные слова (Dhooge, Hartsuiker, 2011). Несмотря на инструкцию «реагировать на скорость и не обращать внимание на ошибки», испытуемые реже прочитывали нецензурные дистракторы и медленнее отвечали в этом условии. С другой стороны, при использовании слов другого языка или визуально

деформированных слов интерференция значительно снижается, хотя сложность дистракторов и увеличивается (см. с. 72).

На наш взгляд, множество экспериментов указывают на то, что дистрактор не подавляется, а на него вешается ярлык «не отвечать». Если бы дистрактор полностью подавлялся, то степень его связи с целью не влияла бы на интерференционный эффект (см. например, подробную обзорную работу, в которой разбираются другие доказательства против гипотезы о подавлении дистрактора (MacLeod, 2003)). Далее мы покажем, что связь цели и дистрактора значительно влияет на величину интерференции. Например, если в парадигме рисунок-слово испытуемым предъявить изображение собаки и сверху написать слово «кость», то время ответов будет меньше по сравнению с предъявлением слова «яблоко». Это означает, что даже «освободившись» от влияния дистрактора, его ассоциативное поле значительно влияет на скорость ответов.

1.3.3. Роль стратегий решения задачи

Если бы психика «знала» оптимальное решение любой задачи, то нерелевантная информация вообще бы не обрабатывалась. Однако некоторые казались бы нерелевантные параметры могут помогать выполнять актуальную задачу. Степень учета нерелевантной информации определяется ситуацией: когда нерелевантная информация подсказывает правильный ответ, то целесообразно больше ее учитывать.

В работе А. Протопапаса и коллег подчеркивалось, что интерференция не связана с практикой чтения слов, а связана со стратегией обращать внимание на форму объекта. В их исследовании испытуемые разучивали китайские иероглифы и их произношение. Иероглифы означали цвета, используемые в методике Струпа. Так как испытуемые ранее не заучивали иероглифы, количество дней «тренировки называть цвета» и «тренировки чтения» было проконтролировано. Тем не менее при предъявлении китайской версии теста Струпа начертания иероглифов интерферировали сильнее, чем их цвета, даже если испытуемые до

этого одинаковое число раз читали иероглифы и называли цвета слов по-китайски (Protopapas, 2017).

Конгруэнтные стимулы («красный» в красном цвете) могут модифицировать стратегию дальнейшего решения задач. После конгруэнтных проб дистрактор будет учитываться уже в большей степени. Напротив, после конфликтных стимулов, дистрактор учитывается меньше. Г.Д. Логан и Н.Д. Збродофф называли свою статью «когда полезно заблуждаться⁹»: по мысли авторов, после конфликта психика лучше готова к обработке последующих конфликтных стимулов. В их статье описан *эффект пропорции*: интерференция значительно возрастает, если в блоке много конгруэнтных стимулов (Logan, Zbrodoff, 1979).

В дальнейшем эффект пропорции обнаружили во множестве исследований (см. обзор Bugg, Crump, 2012). Существует две интерпретации этого эффекта. Он может объясняться изменением стратегии после конгруэнтных или неконгруэнтных стимулов. Помимо стратегии «обращать меньше внимания на слово» эта стратегия также может заключаться в подготовке к подавлению ответа, соответствующего значению слова. Альтернативное объяснение заключается в формировании ассоциативных связей после конгруэнтных проб. Если слово «красный» часто предъявляется в красном цвете, то формируется устойчивая связь «красный как значение слова» с «красный как цвет слова». При высокой же пропорции конфликтных стимулов такой связи не формируется. Л.Л. Якоби с соавторами (Jacoby et al., 2003) предложили методику, которая разграничивает факторы смены стратегии и ассоциативного научения. В этой методике два слова (например, «красный» и «зеленый») в большинстве проб были неконгруэнтными, а два других – чаще конгруэнтными. В эксперименте Якоби предъявлялось одинаковое количество конгруэнтных и неконгруэнтных стимулов и поэтому изменения стратегии не должно произойти. Однако было показано, что «чаще неконгруэнтные» стимулы меньше интерферировали, чем «чаще конгруэнтные». Если же пропорция неконгруэнтных стимулов повышается только за счет

⁹ «When it helps to be misled: Facilitative effects of increasing the frequency of conflicting stimuli in a Stroop-like task»

определенных слов, то эффект интерференции снижается только при предъявлении этих слов (Schmidt, Besner, 2008). Зависимость интерференции от пропорции конкретных слов называется *item specific proportion effect*. Этот эффект доказывает влияние фактора ассоциативного научения. Тем не менее дискуссия о влиянии контроля/стратегии и ассоциативного научения продолжается. Сторонники стратегического объяснения пытаются найти новые аргументы: использовать только инструкцию о преобладании конфликтных или неконфликтных стимулов (Entel et al., 2014), полностью менять набор слов после половины эксперимента (Bugg, Hutchison, 2012) и т.д.. Сторонники ассоциативного научения, в свою очередь, пытаются объяснить влиянием ассоциативного научения и эти результаты (Schmidt et al., 2015).

Изменение стратегии также обосновывается при помощи эффектов контекста и последствия. Эффект контекста заключается в снижении интерференции, если предъявлялись подсказки о неконгруэнтности стимулов. Например, интерференция снижается, если обычно неконгруэнтные слова написаны курсивом. Курсив как бы подсказывает о необходимости меньше учитывать дистрактор (Bugg et al., 2008). В работе С.Т. Клаппа (Klapp, 2007) неконгруэнтные стимулы чаще предъявлялись в определенной части экрана (например, вверху), а конгруэнтные стимулы – в другой части экрана. Выяснилось, что в «преимущественно неконгруэнтной» части экрана интерференция была ниже. Этот эффект проявляется, даже если испытуемые не осознают, как связана неконгруэнтность стимула и его пространственное положение. Таким образом, эффект контекста вызван неосознанными процессами психики. Вместо термина «стратегия» был предложен термин «неосознанный контроль».¹⁰ Схожий вывод был сделан в работе М. Д. Крампа с соавторами (Crump et al., 2008). В их работе эффективность подсказок о неконгруэнтности зависела не от осознанной стратегии, а от внимания к подсказкам. Авторы считают, что положение стимула

¹⁰ В отличие от ассоциативного научения, при неосознанном контроле связываются не конкретные ассоциации между стимулами и ответами, а абстрактные особенности стимула («конфликтность», «неконфликтность»).

на экране хорошо заметно и именно поэтому пространственные подсказки вызывают эффект контекста. Однако эффекта контекста не было обнаружено при использовании «визуальных» подсказок (после круга чаще предъявлялись неконгруэнтные стимулы, а после квадрата – конгруэнтные). Тем не менее, если испытуемые обращают внимания на геометрические фигуры, то и визуальные подсказки вызывают эффект контекста. В эксперименте М. Д. Крампа и коллег испытуемые обращали внимание на слова, так как была введена задача считать количество кружков и квадратов.

Адаптацию к конфликтной информации в современных работах чаще всего изучают при помощи эффекта последействия (также называют «адаптация к конфликту», «эффект Гратона») (Egner, 2007). Обозначенный эффект заключается в снижении интерференции, когда предыдущий стимул был конфликтным. Конфликтный стимул как бы подсказывает, что следующий стимул также будет конфликтным. При этом эта «подсказка» должна работать даже если подряд предъявляются разные виды конфликтных стимулов. Например, после неконгруэнтного Струп-стимула величина интерференции должна снизиться при предъявлении следующего конфликтного стимула из теста Саймона. «Сигнал о конфликте» как бы переносится с одной задачи на другую. С. Брэм и коллеги (Braem et al., 2014) описали большой обзор экспериментов по теме переноса сигнала о конфликте с одной задачи на другую. Было показано, что эффект адаптации пропадает при смене задач, если эти задачи используют разные кнопки для ответов. Единственное исключение было обнаружено в эксперименте И.П. Кана и коллег (Kan et al., 2013). В их исследовании в качестве конфликтной информации использовалась задача прочтения противоречивого высказывания, в качестве второго задания – классический тест Струпа. Выяснилось, что после прочтения противоречивых высказываний эффект интерференции снижался. В большинстве экспериментов (кроме работы И.П. Кана и коллег) именно привычки к конкретным реакциям влияют на эффект адаптации к конфликту, а не стратегия решения задачи.

В работе Л. Хеменса и А. Мэндеса (Jiménez, Méndez, 2013) авторы пытались разделить эффекты «ожидания» и «адаптации к стимулам». В одном из их экспериментов испытуемые до предъявления стимулов оценивали, насколько они ожидают неконгруэнтный стимул. Эти ожидания не должны влиять на адаптацию к стимулам, но должны оказывать влияние на механизм «ожидания». В другом эксперименте неконгруэнтные и конгруэнтные стимулы чередовались. Если влияет фактор адаптации к стимулам, то после неконгруэнтного стимула автоматически возникает адаптация к нему. Однако если влияет ожидание, то будет сделан прогноз «после неконгруэнтного стимула предъявится конгруэнтный стимул» и интерференция увеличится при предъявлении двух неконгруэнтных стимулов подряд. Авторы пришли к выводу, что оба фактора вносят вклад в величину интерференционного эффекта.

Эффекты пропорции, контекста и последствия соответствуют стратегическим концепциям интерференции. Однако эти эффекты значительно снижаются или даже исчезают при контроле факторов ассоциативного научения. «Умеренная» позиция заключается в гипотезе о неосознанном контроле, который автоматически включается в ответ на стимул. Этот контроль является специфическим для ситуации и не связан с общей стратегией (item specific control).

Однако при менее «строгих» способах определения стратегий испытуемых интерференция значимо изменяется. К сожалению, в этом случае сложно точно указать, действительно ли в данном случае ключевую роль играет изменение стратегии и как именно происходит изменение стратегии решения задачи. В. Фладиуас и П.М. Льорка в своей работе обобщили самые сильные способы снизить интерференционный эффект (Flaudias, Llorca, 2014). Один из таких способов – использование гипнотического внушения. Интерференция значительно снижается, если испытуемым внушают, что они не умеют читать (см. Raz et al., 2002; тем не менее этот вывод не был подтвержден в работе (Zahedi et al., 2017)). Другой способ снизить интерференционный эффект – ввести

испытуемых в ситуацию соревнования (см. Sharma et al., 2010; MacKinnon, 1985). Обнаружена меньшая величина интерференции, если во время прохождения теста Струпа в комнате присутствует подставной испытуемый, который быстрее выполняет задачу. В исследовании Н. Спатола и коллег (Spatola et al., 2019) интерференция значительно снизилась, если в лаборатории находились антропоморфные роботы, что говорит о влиянии контекста на эффект интерференции. Третий способ значительно снизить интерференционный эффект – закрасить в Струп-слове только одну букву (см. 1.3.1).

Вышеописанные эффекты интерпретируются как доказательства влияния стратегии на эффект интерференции. Действительно, их сложно объяснить формированием связи «стимул-реакция». Однако неясны механизмы, которые связывают факторы социального давления или гипнотического внушения с величиной интерференции. Эффекты же пропорции, последействия и контекста могут объясняться и влиянием ассоциативного научения или неосознанного контроля. На наш взгляд, идея о неосознанном контроле является важным шагом к построению теории, которая единообразно объясняла бы многочисленные эффекты интерференции. Тем не менее необходимо более однозначно описать логику, по которой работает этот контроль. Например, если подсказка о неконгруэнтности стимула активизирует неосознанную «стратегию контроля», то время последующих ответов должно увеличиться, так как «стратегия контроля» требует времени. Однако обычно когнитивный контроль описывается как то, что позволяет отвечать быстро, несмотря на конфликт.

Когнитивный контроль также играет ключевую роль в концепции В.М. Аллахвердова (Аллахвердов, 1993; Аллахвердов, 2000; Аллахвердов, 2014). Постулируется, что психика мгновенно обрабатывает информацию любой сложности и подготавливает ответы для решения задач. Эти ответы сначала не осознаются и не связаны с картиной мира человека. Однако впоследствии контролируется, соответствуют ли эти ответы логике познания. Сильнее других на интерференцию влияют контроль операций и контроль задач (Аллахвердов,

Аллахвердов, 2014; Аллахвердов, Аллахвердов, 2015).

Контроль операций проверяет правильность выполнения операций. Этот контроль задействован в большинстве когнитивных задач. Контроль же задач проверяет, правильная ли задача была выбрана. В интерференционных тестах предъявляют «двухразмерные» стимулы. Так, в классическом варианте теста испытуемые называют цвет слова и игнорируют его значение. Самый вероятный способ перепутать задания – прочесть слово. Поэтому контроль задач в этом случае заключается в проверке «не прочел ли я слово». Однако попытка проконтролировать невыполнение какой-либо операции зачастую приводит к тому, что именно эта операция выполняется (см. обсуждение Аллахвердов, 2015). Так, попытка проверить «не думаю ли я о зеленой обезьяне» приведет к появлению мыслей о зеленой обезьяне. По аналогии, контроль «не прочел ли я слово» приводит к тому, что человек обращает внимание на слово и прочитывает его. Таким образом, контроль в концепции В.М. Аллахвердова является не средством избавления от конфликта, а причиной его возникновения. Согласно интерпретации автора, в тесте Струпа внешняя стимуляция подобрана таким образом, что контроль невыполнения задачи игнорирования приводит к ухудшению эффективности решения задачи.

Концепция В.М. Аллахвердова интересна и предполагает множество следствий. Однако постоянная проверка невыполнения задачи игнорирования выглядит странно. Мы предполагаем, что такая проверка осуществляется относительно часто только если у субъекта сформирована неосознанная стратегия, включающая в себя контроль невыполнения задачи игнорирования.

1.3.4. Механизм обнаружения конфликта

Влияние дистрактора определяется не только его автоматической обработкой. В качестве эмпирического подтверждения данного высказывания может служить исследование У. Арье и Д. Алгома (Arieh, Algom, 2002). В их эксперименте испытуемые классифицировали изображения, поверх которых были

написаны слова. Время классификации изображений не зависело от того, предъявлены ли поверх изображений несовпадающее с ними слова или контрольные стимулы (нечитаемые знаки). Однако время ответов значимо снижалось, когда поверх изображений предъявлялось совпадающее с ним слово. Психика как бы учитывает слово только при его совпадении с изображением. Можно предположить, что существует механизм, который определяет конфликтность или конгруэнтность стимула. Тем не менее «знание о конфликте» трудно непротиворечиво встроить в концепции интерференции. Согласно большинству моделей интерференции дистрактор становится доступен для ответа раньше цели. В этот момент у психики нет причин для подавления дистрактора. Несмотря на «знание» правильного ответа, психика как бы испытывает «побуждение» к другому ответу. Контроль над побуждениями наступает только на поздних стадиях обработки информации. Схожая схема организации поведения описывалась еще Р. Декартом, но она распространена и среди современных ученых. На конференциях и научно-популярных лекциях когнитивный контроль иллюстрируют при помощи метафоры лошади и всадника. Лошадь – это автоматическая обработка информация; она сильна, глупа и импульсивна. Всадник – это механизм контроля, который управляет лошадью. Преодоление Струп-интерференции часто описывают в терминах усилий (MacKinnon et al., 1985) или даже волевого контроля (Bugg, Crump, 2012). Небольшой по величине эффект интерференции считают индикатором способности личности к самоконтролю (Koch, 2003).

Термин «когнитивный контроль» по отношению к интерференции стал использоваться после работы М. Познера и С. Петерсена (Posner, Petersen, 1990) и особенно активно – после работы М. Ботвинника и коллег (Botvinick et al., 2001). В этой работе авторы обратили внимание на проблему «откуда психика знает о конфликте». Была выдвинута гипотеза о существовании механизма, отслеживающего конфликт (механизм мониторинга конфликта). После детекции конфликта задача решается повторно, но решение уже больше контролируется.

Контроль в этом случае усиливает обработку целевого стимула и ослабляет обработку дистрактора (или подавляет дистрактор) (Shenhav et al., 2013).

Термин «контроль» был определен функционально: это механизм, позволяющий отвечать правильно, несмотря на когнитивный конфликт. Часто понятие когнитивного конфликта вводится через описание примеров. Например, в работе С. Брэма этот термин даже введен в глоссарий как «информационный процесс, происходящий, когда стимул (такой, как неконгруэнтный стимул в задаче Струпа) вызывает две или более взаимно несовместимых репрезентации и/или тенденции реагирования¹¹» (Braem et al., 2019, с. 770). Однако не предложено четкого разграничения совместных репрезентаций от несовместных. Слова «тенденции реагирования» тоже можно интерпретировать различным образом. Более того, если тест Струпа вызывает когнитивный конфликт, то конфликт должен возникать и в других методиках. В работе С.И. Донохью и коллег изучался механизм мониторинга конфликта при предъявлении аудиальной информации (Donohue et al., 2012), в работе Н. Ван Де Мирендонка с соавторами (Van De Meerendonk et al., 2010) вместо Струп-стимулов использовались противоречивые предложения («Глаз состоит из наклейки»), в работе Л. Аморозо и коллег – противоречивые действия (гладить брюки вилкой) (Amoruso et al., 2013). Во всех описанных ситуациях предполагается, что мониторинг конфликта запускает процессы контроля, что приводит к повторному «более внимательному» решению задачи.

Основные следствия концепции мониторинга конфликта пересекаются с прогнозами стратегических концепций интерференции. Эффекты последствия, пропорции и контекста показывают снижение интерференции, когда конфликт прогнозировался когнитивной системой (Duthoo et al., 2014). В работе Л.А. Бустаманаты и коллег (Bustamante et al., 2020) интерференция снизилась в тех

¹¹ «Cognitive Conflict: conflict in information processing is thought to occur when two or more mutually incompatible stimulus representations and/or response tendencies are triggered by a stimulus, such as an incongruent stimulus in the Stroop task (invoking e.g., both 'blue' and 'red')»

пробах, в которых испытуемых больше награждали за решение задачи. Разработана модель «ценности контроля» (Davidow et al., 2019), в которой контроль включается когда его работа наиболее «выгодна» субъекту.

Проблема гипотезы мониторинга конфликта в том, что для процесса мониторинга требуется «знать» о конфликте. Иначе после обработки дистрактора у психики нет оснований для ожидания ответа, соответствующего цели. В модели Т. Вергуца и В. Нотбата (Verguts, Notebaert, 2009) было предложено оригинальное решение этой проблемы. В этой модели психика обнаруживает формирование неодинаковых ответов. Психика в этот момент еще «не знает» верного ответа, но отмечает отличие формирующихся ответов. После обнаружения конфликта усиливаются все психические процессы. В результате усиливается и обработка дистрактора, и обработка цели. Однако цель обрабатывается интенсивней, так как она связана с целевой задачей. Если сигнал о конфликте не содержит информацию, как именно его разрешить, то этот сигнал должен влиять на решение и других когнитивных задач (Dignath et al., 2020). В самом деле, если этот сигнал ничего не говорит о конкретном способе решения задачи, то сигнал от одной задачи должен влиять на эффективность решения последующей, даже если стимулы этих двух задач и сами задачи несхожи. Однако в обзоре Д. Дигната и коллег этого не было обнаружено (Dignath et al., 2020). Авторы даже пришли к выводу о принципиальной невозможности общего объяснения для большой группы феноменов. Аналогично, эффект последствия не был обнаружен при использовании разных интерференционных задач (см. Braem et al., 2014). Помимо эмпирических, есть и теоретические сложности. На наш взгляд, модель Т. Вергуца и В. Нотбата может работать только при допущении, согласно которому обработка целевого стимула всегда усиливается сильнее, чем обработка нецелевого стимула. Тем не менее не описывается логика, почему так должно происходить. При отсутствии такого пояснения изложенная модель имеет те же недостатки, что и классические дуалистические модели.

Проблемы гипотезы мониторинга конфликта связаны с ее концептуальным

аппаратом. Понятие когнитивного контроля вводилось таким образом, чтобы его можно было применить к большому количеству феноменов. «Когнитивный контроль легко обнаружить, но сложно определить¹²» – вынес в заглавие своей статьи Д.Б. Мортон (Morton et al., 2011). Впоследствии неоднозначность терминов «конфликт» и «контроль» жестко критиковалось (см. Schmidt, 2019). Д. Р. Шмидт отмечал, что по формальным критериям любой объект является конфликтным. Любому двумерному стимулу (например, желтому треугольнику) можно приписать несоответствие репрезентаций. Даже одномерный стимул «конфликтует» с визуальным шумом.

Концепция мониторинга конфликта не объясняет ряд феноменов. Например, и в конгруэнтном стимуле (красный в красном цвете) тоже должен обнаруживаться «конфликт», но время ответов на такие стимулы значительно меньше. Из концепции мониторинга можно выдвинуть следствие, согласно которому эффект интерференции нивелируется, когда неконгруэнтность стимула была предсказана со стопроцентной вероятностью. Однако при предъявлении в блоке только неконгруэнтных стимулов величина интерференции значительно увеличивается (Hasshim, Parris, 2017). В работе Д.Р. Шмидта показано, что основные доказательства теории мониторинга конфликта можно объяснить и формированием ассоциативных связей между стимулами и ответами. Автор даже пришел к выводу, что мониторинг конфликта и когнитивный конфликт – бессмысленные понятия для объяснения феноменов Струп-интерференции. Вместо этого основные эффекты интерференции объявляются зависимыми от самих стимулов, а не от процессов контроля.

¹² «Cognitive control: Easy to identify but hard to define»

1.4. Проблемы исследований интерференции и способы их решения

1.4.1. Методические проблемы исследований интерференции

Хорошая теория объясняет много феноменов (напр., Ревонсуо, 2012). Однако интерференционных феноменов настолько много, что всегда можно отобрать только те, которые соответствуют какой-либо концепции. Возникает проблема: как между собой соотносятся модели, которые объясняют разные интерференционные феномены. Зачастую модели интерференции основываются на разной логике и практически не соприкасаются друг с другом. А. Роелофс сравнивает такую ситуацию с покупкой зубной щетки: человек покупает зубную щетку только для себя, а ученый создает модель только для своих данных (Roelofs, 2005). Известные феномены интерференции иногда совсем не обсуждаются. К примеру, А. Эиделс описал модель, в которой слово и значение обрабатываются параллельно (Eidels, 2012). Однако не упоминается, как предложенная модель объясняет взаимодействие цвета и значения, которое влияет на интерференционный эффект (слово «огонь» в красном цвете меньше интерферирует, чем слова «вода» в красном цвете).

Более того, модели интерференции могут противоречить моделям других феноменов когнитивной психологии. Например, модели лексического решения и интерференции противоречат друг другу даже при описании идентичных когнитивных процессов (Schmidt et. al, 2013). Согласно моделям лексического решения, стимул способствует формированию категориально связанных с ним образов: более быстро формируется образ собаки, если ранее предъявлялось слово «кошка». По моделям интерференции слова подавляют образы, категориально связанные с ним.

Если некоторая концепция выходит за рамки обсуждения конкретных эмпирических феноменов, то она становится уязвимой для критики. Любая «общая» теория не может объяснить всех факторов. Так как в литературе описано множество интерференционных феноменов, из них можно выбрать и те, которые

не соответствуют любой теории. А. Роелофс назвал такую стратегию «стрельбой по тарелкам»: для любой модели можно найти факты, которых она не объясняет, и на этом основании предлагать принципиально другую модель. Вместо этого А. Роелофс предлагает относиться к объяснительным моделям как к аспирантам: работать с ними, улучшать и надеется, что они в будущем смогут внести какой-нибудь вклад в науку. На практике это означает добавление новых гипотез ad-hoc при обнаружении фактов, которые не соответствуют модели. В результате получаются громоздкие модели с большим количеством фактором. Непрерывное «улучшение» бесконечными правками приводит к неспособности сказать что-то новое. Как следствие, присутствует готовность внедрить в модель новый конструкт, но не пересматривать ее содержательно, когда ученый сталкивается с опровергающими примерами.

Авторы часто придерживаются «идеала точности» – они стремятся показать, что их модель с почти стопроцентной точностью предсказывает уже известные данные. Хотя в определенных ситуациях это бывает полезно, такой подход не является оптимальным для проверки теоретических гипотез. На результаты применения любой методики влияют множество факторов, которые не рассматриваются в моделях: время суток эксперимента, опыт участия в когнитивных исследованиях, положение экспериментатора в лаборатории и т.д.. Даже такой казалась бы полностью методический нюанс, как длительность фиксационного креста, может интерпретироваться через теоретические конструкты¹³. Более того, не понятна цель точной модели конкретного эмпирического феномена (которых в настоящее время огромное количество). Данные экспериментальных исследований нужны для того, чтобы понять работу механизмов внимания и контроля. Во введениях статьей про интерференцию и соответствующих теорий описывают ситуацию вождения автомобиля, принятия волевого решения, поведению, когда вкус пива сильно хуже ожидаемого (Eder,

¹³ Если фиксационный крест предъявляется на долгое время, то интенсивность контроля снижается. Длительный период ожидания стимула как бы расслабляет контроль (см. Parris 2014).

Dignath, 2019) и т.д.. Если поведение человека зависит от бесчисленного числа параметров, то модели Струп-интерференции принципиально не могут объяснить феномены внимания и контроля (см. обсуждение в Аллахвердов, 1993 с. 116). Более того, в моделях с большим количеством элементов исследователь может сам выбирать, какие из них изменить для соответствия данных и предсказаний. Например, Т. Стаффорд и К.Н. Герни (Stafford, Gurney, 2011) исследовали, как на эффект Струпа влияет интенсивность используемых цветов. В их работе показано, что при помощи подгонок параметров модели можно дать взаимоисключающие ответы на этот вопрос.

В условиях отсутствия главной объяснительной идеи, ключевые понятия исследований интерференции несколько размыты. В ряде работ описывается конфликт между дистрактором и целью, но не уточняется, в чем именно заключается этот конфликт, как именно психика его обнаруживает и исправляет. Такие определения позволяют проводить экспериментальные исследования в условиях отсутствия общей теории. Эмпирические исследования бывают ценны сами по себе, однако «приклеенная» к ним теоретическая интерпретация часто оказывается неясной.

1.4.2. Теоретические проблемы исследований интерференции

Механизм контроля сложно вписать в логику когнитивных процессов. Если человек «знает» только один ответ, то конфликта не возникает, даже если этот ответ неправильный. Конфликт возникает только если правильный ответ уже известен. Однако если правильный ответ уже известен, то непонятно, какова логика обработки дистрактора. Если же известно несколько ответов, но неизвестно, какой из них правильный, то непонятно, что нужно сделать когнитивному контролю для проверки правильности ответа.

Для решения этой проблемы используют дуалистические модели – одна система обработки информации только «знает» правильный ответ, а другая – «действует». Эти модели критикуются за присутствие в них гомункулуса –

маленького человека в голове, который знает алгоритм решения задачи и который не связан с другими психическими процессами. В большом обзоре по проблеме переключения между задачами Н. Мейран ставит перед учеными цель «изгнать гомункулуса из теорий когнитивного контроля» и впоследствии изгнанию гомункулуса посвящена целая глава (Meiran, 2000). Однако вместо изгнания ученые иногда ищут для гомункулуса новый дом. К примеру, Ж.Д. Логан писал: «Исследователи исполнительного контроля стремятся изгнать гомункулуса, уточняя логику, подчеркивающего этот контроль. В неврологии, основы многих когнитивных процессов были обнаружены в затылочной, теменной и височной частях мозговой структуры» (Logan, 2003, с. 45)¹⁴. На наш взгляд, обнаружение физиологических коррелят не решит проблему гомункулуса, так как не решены логические проблемы работы когнитивного контроля. Попытка изгнать гомункулуса при помощи подробного описания отдельных его функций (рабочей памяти, подавления ответов и т.д. – напр. (Miyake et al., 2000)) только множит гомункулусов (Eder, Dignath, 2019).

Другая проблема теорий когнитивного контроля – наличие неопределяемых терминов. Например, в модели Вивер описывается соревнование между активацией дистрактора и цели (Roelofs 2005). Чем больше разница между активацией дистрактора и цели – тем больше интерференция. Однако в этой модели также описан и фактор «сложности подавления» – чем сложнее подавить дистрактор, тем больше интерференция. Основная проблема в том, что по конкретным стимулам невозможно определить ни величину активации, ни сложность подавления. Даже с точки зрения здравого смысла эти параметры связаны – более сложные для обработки стимулы сложнее подавить, но они вызывают меньшую активацию.

Иногда теоретические термины («конфликт», «контроль», «величина

¹⁴ «Research on executive control promises to banish the homunculus by specifying the intelligence that underlies that control. In neuroscience, substrates of many cognitive processes have been discovered in the brain's occipital, parietal, and temporal structures. Research on executive control focuses on the frontal lobes, which control more posterior structures»

активации», «подавление ответов») плохо вписаны в общую логику когнитивных процессов. Например в модели исключения ответов (Mulatti, Coltheart, 2013) дистрактор обрабатывается первым а затем соответствующий ему ответ подавляется. Однако если ответ действительно подавляется, то почему характеристики этого ответа все равно влияют на величину интерференции? Например, в тесте рисунок-слово испытуемые называют изображение «кошка» медленнее, если поверх него предъявлено слово «собака» по сравнению со словом «дверь». Если слово все равно подавляется, то почему его категориальная принадлежность влияет на величину интерференции? Ведь если дистрактор обрабатывается первым, а цель – только после дистрактора, то на момент подавления дистрактора психика еще «не знает» о том, что этот дистрактор категориально связан с целью. По модели исключения ответов (Janssen et al., 2008) категориальная интерференция возникает из-за того, что подавляется не только сам ответ («собака») но и образы, которые с этим ответом связаны (категория «животное»). По этой причине человеку сложнее дать ответ, который связан с подавленным образом. Однако непонятно, с какой целью происходит подавление этих образов. Более того, ассоциативная связь дистрактора и цели (изображение кошки и слово «молоко») ускоряет время ответа. Это означает, что ответ подавляется вместе с некоторыми образами этого ответа, но другие связанные с ним образы не подавляются.

В теории мониторинга конфликта М. Ботвинника (Botvinick et al., 2001) считается, что существует механизм психики, который разрешает конфликт между словом и значением. Концепцию Ботвинника используют для множества разных задач основываясь только на интуитивном понимании слова «конфликт». Это привело к очень широкой и неопределенной трактовке данного термина. Однако если нет понимания термина «конфликт», то непонятно, о чем именно говорят результаты экспериментов.

В работе Д.Р. Шмидта описана опасность «гомункулообразных» теорий и предлагается другой путь объяснения интерференции. Д.Р. Шмидт считает, что не

нужно объяснять когнитивным контролем то, что можно объяснить ассоциациями между стимулами и ответами. В этом случае не нужны плохо определённые термины «когнитивный конфликт» или «контроль» и т.д.. Д.Р. Шмидт считает, что модели Струп-интерференции должны объяснять только феномены, связанные с влиянием конфликта ответов. Например, эмоциональный эффект Струпа показывает, что люди медленнее называют цвета эмоциональных слов («смерть», «грусть» и т.д.). Д.Р. Шмидт считает, что эмоциональный эффект Струпа не является эффектом Струпа, как как в нем слова не обозначают цвета. При таком подходе тест Струпа является как бы отдельной областью исследования и выносится за скобки его связь с механизмами внимания или контроля. Например, в социальной сети ученых ResearchGates¹⁵ Д.Р. Шмидт описал оптимальную методику Струпа, но не указал цель использования этой методики (а таких целей может быть множество).

Мы считаем, что главный недостаток «механистических» концепций интерференции заключается в их неконкретности. Понятия «ассоциативное научение», «конфликт ответов» работают только до тех пор, пока не предложены формальные критерии для их определения. К примеру, если конфликт ответов определяется через число повторений, соответствующих ответов, то эта интерпретация опровергнута в эксперименте Протопопаса (Protopapas, 2017). Использовать же эти термины без точного определения – идентично высказываниям «происходят когнитивные процессы». Формально высказывание верно: интерференция действительно происходит из-за когнитивных процессов, то это не позволяет понять природу когнитивных конфликтов.

На наш взгляд, проблема современных концепций в том, что они основываются на классической гипотезе о формировании ассоциаций между словом и ответом (см. с 21). Однако так как классические концепции автоматичности опровергнуты с точки зрения объяснения интерференции (см. с. 29 и с. 33), то используются менее определенные термины – «активация

¹⁵ https://www.researchgate.net/post/What_is_the_optimal_design_for_a_Stroop_task

дистрактора», «несовместимые репрезентации», «конфликтные тенденции реагирования» и т.д.. Несмотря на новизну формулировок, на ваш взгляд, это тоже понятие автоматичности в новых одеждах.

1.4.3. Резюме и постановка гипотез

Можно констатировать, что большинство моделей интерференции описывают лишь небольшой фрагмент известной эмпирики. Более того, эти модели сложно встроить в общую теорию когнитивных процессов. Несмотря на пестроту концепций интерференции, все они основываются на том, что «высокоуровневые» психические процессы (выбор другой стратегии, изменение внимания к цели и дистрактору, подавление дистрактора) способствуют преодолению интерференции. Возможно, именно это допущение является неверным. Данная работа опирается на подход В.М. Аллахвердова, в котором предлагается объяснять интерференцию проверкой невыполнения задачи игнорирования.

На наш взгляд, эта проверка происходит в ситуациях, когда в когнитивной системе присутствует информация о возможности перепутать дистрактор и цель. Обычно такую информацию испытуемые получают еще во время инструкции. Мы предполагаем, что в этом условии возникнет неосознанная стратегия, включающая в себя контроль невыполнения задачи игнорирования. Эта стратегия может быть подкорректирована, если в далее предъявленных стимулах обнаружена конфликтность или ее отсутствие.

Предложенное допущение использует теоретические конструкты, описанные ранее (детекция конфликта, неосознанная стратегия), но вписывает их в логику проверки правильности выполнения задач и операций. Оно также согласуется с ранее описанными феноменами. Например, если дистрактор меньше похож на правильный ответ, то вероятность перепутать задачи снижается и контроль выполнения задачи игнорирования происходит реже (эффекты семантического градиента и набора ответов). Степень внимания к дистрактору также должна

усиливать контроль, так как в этом случае субъект с большей вероятностью может перепутать задачи. Однако рассмотрим более строгие следствия.

В задаче Струпа дается инструкция (или действует самоинструкция) отвечать как можно быстрее. С другой стороны, необходимо давать точные ответы. Субъект может повысить точность выполнения задачи, перепроверяя потенциальные ответы. Такая ситуация вынуждает испытуемых определить для себя оптимальное время ответов при решении задачи (Аллахвердов, 2014). Это время частично определяется опытом решения данной задачи и может корректироваться по мере ее выполнения (Hommel et. al, 2001). Субъект как бы учится, когда ему нужно отвечать на задачу (см. понятие *temporal learning*, Schmidt 2013). Ожидаемая сложность стимулов влияет на скорость решения задач. Например, эффект блока показывает зависимость времени решения задачи от того, предъявлена ли она вперемежку с более легкими или более сложными задачами. Если задача предъявлена вперемежку с более легкими, то время ее решения уменьшается, если вперемежку с более сложными – то увеличивается. В исследовании Любкера и коллег эффект блока был обнаружен в задачах лексического решения, названия изображений и решения алгебраических примеров (Lupker et al., 2003).

Предположим, что корректироваться может и время решения интерференционных задач. Например, человек замечает, что дистрактор может быть правильным ответом эксперимента и увеличивает время контроля задачи. Если же нельзя быстро установить, являются ли стимулы конфликтными, то решение о контроле зависит только от предыдущего опыта (Starodubtsev, Allakhverdov, 2021). В частности, если субъект допускает существование конфликта, то последующий ответ контролируется.

Итак, опишем предполагаемую последовательность психических операций, приводящих к появлению интерференции:

- 1) Этап выбора времени ответов (этап готовности). После получения инструкции и предсказания типа следующих стимулов субъект выбирает время

для решения задачи. Если предсказываются конфликтные стимулы, то это время увеличивается.

2) Этап коррекции времени контроля (этап детекции). Если было обнаружено несовпадение предполагаемого типа стимулов и предъявленного, то время контроля изменяется (увеличивается в случае наличия конфликта и уменьшается в случае его отсутствия).

3) Этап контроля цели. В концепции В.М. Аллахвердова первый этап контроля – проверка правильности выполнения операции. Время этого контроля зависит от сложности целевой задачи. Скорее всего, на этом этапе в психике происходит соотнесение данного решения и предыдущих решений схожих задач.

Заметим, что у нас нет уверенности в очередности второго и третьего этапа. Можно представить, что детекция конфликта происходит во время контроля цели или же после контроля цели.

4) Этап контроля дистрактора. В интерференционных задачах происходит проверка невыполнения задачи игнорирования. Именно работа этого контроля приводит к тому, что общее время ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы отличается. Этот контроль не включается, если для него недостаточно времени. В этом случае субъект работает как бы в автоматическом режиме.

Исходя из выделенных этапов, выдвинем несколько проверяемых положений.

1) Зависимость величины интерференции от этапов готовности и детекции.

Общее время контроля (X_0) зависит от ожидаемой сложности стимула. Так как конфликтные Струп-стимулы сложнее нейтральных, то X_0 возрастет, при ожидании конфликтных стимулов. В этом случае хватит времени и для контроля цели, и для контроля дистрактора. С другой стороны, после обнаружения конфликта первоначальное время может быть подкорректировано в сторону увеличения, а после обнаружения его отсутствия – в сторону снижения. Таким образом, *эффект интерференции возникает, когда конфликтные и*

неконфликтные стимулы хорошо различимы между собой.

2) Зависимость интерференции от длительности контроля цели ($X_{ц}$)

Пусть контроль цели происходит за время $X_{ц}$, а контроль дистрактора – за время $X_{д}$. Рассмотрим, как связаны $X_{ц}$ и $X_{д}$ с величиной интерференции.

Контроль цели происходит в первую очередь. При усложнении цели она контролируется дольше. В этом случае может возникнуть ситуация, при которой на контроль дистрактора не останется времени (так как $X_{ц}+X_{д}>X_{о}$). В этих пробах эффект интерференции будет отсутствовать. Из этой логики следует, что *интерференция снижается при увеличении сложности цели.*

3) Зависимость интерференции от длительности контроля дистрактора ($X_{д}$)

С одной стороны, чем больше $X_{ц}+X_{д}$, тем больше общее время ответа. С другой стороны, если $X_{ц}+X_{д}>X_{о}$, то ситуация будет аналогична пункту 2: не хватит времени на контроль дистрактора. Из этой логики выводимо следствие: *чем больше время контроля дистрактора, тем больше величина интерференции, но при значительном росте сложности дистрактора интерференция снижается.*

4) Влияние «сходства» дистрактора и цели на величину интерференции

В моделях интерференции часто рассматривается вопрос, как влияют разные виды сходства дистрактора и цели на величину интерференции. При этом смешиваются два параметра: сходство дистрактора с каким-либо элементом из набора ответов (в этом случае интерференция должна увеличиться) и сходство дистрактора непосредственно с целью в текущей пробе.

Мы предполагаем, что сходство дистрактора и цели в данной пробе снизит интерференцию, так как в этом случае обработка дистрактора станет несколько легче (гипотеза 2) и в некоторых пробах конфликтные стимулы будут неотличимы от неконфликтных (гипотеза 1). Таким образом, *эффект интерференции снижается, если обработка дистрактора подготавливает правильный ответ или обработку релевантного для задачи объекта.*

Рассмотрим несколько нюансов выдвинутых нами положений.

1) Логика «все или ничего» в отдельных пробах и градуальность при усреднении.

Мы утверждаем, что если $X_{ц}+X_{д}>X_{о}$, то величина интерференции снижается, а не пропадает вовсе. Выдвинута именно такая гипотеза, так как $X_{ц}$, $X_{д}$ и $X_{о}$ отражают только среднее время контроля. Поэтому даже если в среднем $X_{ц}+X_{д}>X_{о}$, то для некоторых проб $X_{ц}+X_{д}<X_{о}$. Однако чем больше число $X_{ц}+X_{д}-X_{о}$, тем в меньшем количестве проб $X_{ц}+X_{д}<X_{о}$. Поэтому предполагается плавное снижение интерференции при варьировании обозначенных параметров (см. аналогичную логику при обсуждении модели лошадиных гонок стр. 32).

На наш взгляд, описанный подход демонстрируется в анализе распределения времени ответов. Один их способов такого анализа – упорядочить время ответов в каждом из анализируемых условий по величине (например, все скорости ответов на неконгруэнтные стимулы) и разбить полученный список на 10 равных частей. Затем для каждой из 10 частей посчитать среднее время ответов; в первой части будут 10% самых быстрых ответов, во второй части – 10% ответов, которые быстрее всех остальных, за исключением 10% самых быстрых ответов и т.д.; в последней части окажутся 10% самых медленных ответов. Аналогичный анализ проводится для другого типа стимулов (например, для контрольных стимулов). В дальнейшем сравнивают каждую из частей одного условия с соответствующей частью другого условия. Анализ распределения времени ответов позволяет обнаружить, за счет каких именно ответов наблюдается основной эффект. Возможны следующие ситуации:

а) каждая из частей одного условия больше другого условия примерно на постоянную величину,

б) разница во времени ответов между двумя условиями больше при сравнении более быстрых частей,

в) разница во времени ответов между двумя условиями больше при

сравнении самых медленных частей.

Показано, что Струп-интерференция характеризуется ситуацией в) (напр., Mewhort et al., 1992; Kinoshita et al., 2017). В модели накопления доказательств (см. Kinoshita et al., 2017) этот эффект объясняется разной скоростью усиления образов, соответствующих цели или дистрактору. По этой модели с течением времени усиление образа дистрактора происходит быстрее, чем усиление образа цели. Чем больше времени прошло, тем больше образ дистрактора успел усилиться по сравнению с образом цели. На наш взгляд, в этой интерпретации есть логическая проблема. Если дистрактор постоянно сильнее усиливает свой образ, то у психики нет оснований для ответа, который соответствует цели. Если же «степень усиление образа» не связана с ответами испытуемых, то непонятно, какую роль она играет.

Разница между интерференцией быстрых и медленных ответов иногда объясняется конфликтом на разных стадиях обработки информации (Steinhauser, Hübner, 2009; Spieler et al., 2000). Например, разница в быстрых ответах характеризует семантический конфликт, а разница в медленных ответах – конфликт ответов. Нам кажется эта гипотеза нелогичной. Если конфликт ответов возникает в каждой пробе, то он должен возникать и в пробе, которая сама по себе быстрая (и наблюдалась бы ситуация а)).

Эффект интерференции для медленных ответов может объясняться принципиально другим механизмом. Если представить время ответов на неконгруэнтные стимулы как сумму ответов, в которых интерференции не произошло (т.к. $X_{ц}+X_{д}>X_{о}$) и ответов, в которых произошел интерференционный эффект ($X_{ц}+X_{д}<X_{о}$), то получится исходное распределение времени ответов.

Следует учитывать, что анализ времени ответов может дать только косвенные аргументы. Дело в том, что большинство распределений времени ответов подчиняется закону Вагенмакерс-Браун (Wagenmakers-Brown's law), который также может объяснить отличие только в медленных ответах: среднее и дисперсия сильно коррелируют между собой ($r > .80$) (Wagenmakers, Brown,

2007). Остается открытым вопрос, является ли наша гипотеза содержательной интерпретацией поведенческого закона Вагенмакерс-Браун, или же существует другое объяснение этого закона, которое может объяснить и распределение времени ответов в Струп-парадигме.

2) Теоретический конструкт и его операционализация

Как известно из методологии науки, теоретические концепции нельзя непосредственно наблюдать в экспериментах (Аллахвердов и др., 2007). Теории используют абстракции, которых нет в реальном мире. Например, в наших гипотезах интерференция зависит от «времени обнаружения конфликта», «сложности цели» и т.д.. Данные концепты непросто формально определить. Например, понятие «сложность» можно определить, как то, что требует больше «психических ресурсов», как «менее беглую обработку» и т.д.. Однако такие определения не позволяют измерить сложность конкретного объекта. Также опасно анализировать только частный случай. Например, сложность можно определять, как знакомость стимула (сложный стимул – значит незнакомый). Однако такое определение допускает альтернативные интерпретации, которые используют только термин «знакомость», но не используют термина «сложность».

Мы считаем правильным варьировать сложность разными способами. Если при каком-либо способе операционализации наша концепция будет не подтверждаться, то это будет сигналом, в чем именно мы ошибаемся. Это позволит пересмотреть объяснение интерференции или пересмотреть способ определения концептов (в нашем исследовании – понятие сложности). В данной работе изначально сложность представляется параметром, который коррелирует со средним временем ответа на стимул. Однако подчеркнем, что длительность обработки – лишь доступный для нас способ измерения сложности.

3) Насколько осознана обработка дистрактора и цели?

Человек осознает результаты своих психических процессов, но не сами психические процессы. В данном случае речь идет про контроль, но это не значит, что субъект целенаправленно контролирует выполнение задачи. Тем не менее описанный контроль подчиняется логике познания и зависит от внимания, контекста и осознанных стратегий испытуемых. Более того, логика контроля влияет на то, какая информация станет осознанной. Однако этот контроль не отождествляется со свободной волей испытуемых или с потоком сознания. Нам кажется, что контроль в тесте Струпа вызван плохо вербализованными «ощущениями» испытуемых. Неконгруэнтный стимул вызывает повышенное напряжение, «чувство сложности» (Székely, Michael, 2020). Однако это не означает, что субъект размышляет «неконгруэнтный стимул сложный, надо более внимательно с ним работать».

Отметим, что в данной работе используются витальные метафоры: «обнаружение», «стратегия», «детекция», «решение» и так далее. Мы используем такие слова только для лучшего понимания логики процесса. Данные слова также не связаны с осознанием выполнения задачи.

ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В этой главе рассматриваются эксперименты, которые прямо относятся к гипотезам исследования. В некоторых случаях наши гипотезы в целом подтверждались, и требовалось только рассмотреть альтернативные интерпретации и сделать методические уточнения. Некоторые же эксперименты противоречили нашим гипотезам – в данном случае необходимо было объяснить данное несоответствие и проверить это объяснение в экспериментах.

2.1. Методы проверки гипотезы 1

Первая гипотеза: эффект интерференции возникает, когда конфликтные и неконфликтные стимулы хорошо различимы между собой.

Мы предполагаем, что в конфликтных стимулах происходит контроль дистрактора, который приводит к интерференции; в неконфликтных же стимулах такой контроль происходит реже. Если же сложно быстро установить тип стимула, то любой стимул контролируется примерно одинаковое время.

Согласно нашему предположению, еще до предъявления стимула психика предсказывает, будет ли следующий стимул конфликтным. Основным экспериментальным приемом является манипулирование контекстом предъявления стимулов: мы считаем, что конфликтные и неконфликтные стимулы будут более различимы между собой, если они предъявлены в отдельных блоках и ранее не предъявлялся другой тип стимулов.

Наше рассуждение идет вразрез с традицией когнитивной психологии, в которой конфликт происходит автоматически и когнитивный контроль пытается его разрешить. Для обоснования этой линии рассуждений ссылаются на эффекты пропорции, контекста и последействия (подробнее мы описали эти эффекты в разделе на с. 44). Во всех этих эффектах интерференция снижается, когда психика «ожидает» конфликта. Однако обозначенные эффекты могут объясняться и

адаптацией к конкретным стимулам.

На наш взгляд, эффекты пропорции, контекста и последствий наблюдаются только потому, что в используемых стимулах конфликт «изначально» быстро обнаруживается. Об этом говорит фактор адаптации к стимулам. Более того, даже при минимальном внимании к дистрактору его неконгруэнтность обнаруживается когнитивной системой (с. 38). В этом случае конфликт обнаруживается во многих пробах, а «готовность» к конфликту только снизит время его обнаружения – конфликт быстрее обнаружится и быстрее разрешится. Мы предполагаем, что готовность к предъявлению конфликтных стимулов усилит интерференционный эффект, если конфликтные и неконфликтные стимулы сложно отличить друг от друга. Таким образом, мы выводим два следствия:

- Если конфликтные и неконфликтные стимулы легко различимы между собой, то конфликтные стимулы будут контролироваться большее время.
- Если конфликтные и неконфликтные стимулы сложно отличить между собой, то разница между временем контроля этих стимулов будет снижаться.

Для создания условия «конфликтность, которую трудно обнаружить», мы использовали методику Струп-квадраты (модифицированная версия методики Ф. Дургина (Durgin 2000)). В центре предъявлялось неконгруэнтное Струп-слово. Справа, слева, сверху и снизу предъявлялись окрашенные квадраты. Задача испытуемых – как можно быстрее нажать на кнопку, соответствующую значению слова. Например, если предъявлено слово «желтый» и желтый квадрат находится слева, то нужно нажать кнопку «влево». Использовалась именно задача реагировать на значение, так как в задачах зрительного поиска величина интерференции больше (Sobel et. al, 2020). В неконфликтном стимуле (левый квадрат, см. рис. 1) не было квадрата, который соответствует цвету слова, т.е. в нем невозможно сделать интерференционную ошибку. Однако каждый из ответов (кнопка лево, право, верх, вниз) и каждое из значений могло быть правильным ответом в другой пробе эксперимента.



Рисунок 1. Примеры конфликтного стимула (слева) и контрольного стимула (справа).

В качестве контрольного использовалось условие, в котором конфликтные и неконфликтные стимулы предъявлялись в одном блоке в случайном порядке (контрольное условие). В дальнейшем мы использовали методические приемы, которые, на ваш взгляд, увеличивали вероятность различения конфликтных стимулов и неконфликтных стимулов:

- 1) Предъявляли окрашенные квадраты перед словами (условие 2),
- 2) Предъявляли конфликтные и неконфликтные стимулы в отдельных блоках (условие 3),
- 3) Перед блоком конфликтных стимулов предъявляли блок из неконфликтных стимулов; перед блоком из неконфликтных стимулов предъявляли блок из конфликтных стимулов (условие 4).

Таким образом, наши эмпирические гипотезы следующие:

- 1) В методике Струп-квадраты время ответов на конфликтные стимулы больше, чем время ответов на неконфликтные стимулы, если эти стимулы предъявлены в разных блоках.
- 2) В методике Струп-квадраты разница между скоростью ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы снизится, если перед конфликтными стимулами предъявлять неконфликтные, а перед неконфликтными – конфликтные.
- 3) Если в методике Струп-квадраты дистракторы предъявлять перед целью, то будет наблюдаться разница во времени ответов между конфликтными и

неконфликтными стимулами; если же цель предъявлять перед дистракторами, то такого различия обнаружено не будет.

2.2. Методы проверки гипотезы 2

Гипотеза 2 говорит о том, что *«Интерференция увеличивается при незначительном усложнении дистракторов, но уменьшается при значительном усложнении дистракторов»*.

Сложность обработки дистрактора часто варьировалась в экспериментах. Множество ученых пытались понять, как связана скорость чтения и величина интерференционного эффекта. Согласно обзору А. Протопапаса (Protopapas et al., 2007), чем быстрее люди читают, тем меньший интерференционный эффект оказывают слова (однако см. Megherbi, 2018 с противоположными выводами). Этот эффект проявляется даже для выборки одного возраста (см. Mano et al., 2016). Тем не менее обычно высокая скорость чтения связана и с эффективностью других когнитивных процессов (способности к контролю, более быстрому называнию цветов и т.д.), из-за чего негативная связь скорости чтения и величины интерференции не может в полной мере доказывать нашу гипотезу.

Тем не менее в ряде исследований варьировалась только сложность обработки дистракторов. На основе имеющихся данных можно заключить: если дистрактор легко опознается, то чем быстрее он обрабатывается, тем меньше величина интерференции. На это указывают эффекты частотности дистракторов и лексикализации дистракторов. Эффект частотности заключается в увеличении интерференции при использовании в качестве дистракторов низкочастотных слов («хвоя», «греча») по сравнению с высокочастотными словами («стол», «радуга»). Эффект лексикализации дистракторов заключается в увеличении интерференции при использовании в качестве дистракторов читаемых псевдослов («рагупи», «слига») по сравнению с частотными словами. Эффекты частотности и лексикализации были подтверждены и в тесте рисунок-слово (Miozzo, Caramazza, 2003; Lupker, 1979, 1982), и в тесте цвет-слово (Burt, 2002; Monsell et al., 2001), и в

тесте слово-слово (Mulatti et al., 2015). Любопытно, что на заре изучения интерференции обнаруживался противоположный результат. В исследованиях 60-80-ых годов частотные слова интерферировали сильнее низкочастотных слов или псевдослов (Klein, 1964; Guttentag, Haith, 1978; De Soto, De Soto, 1985). Современные авторы указывают на методические недостатки ранних исследований (Miozzo, Caramazza, 2003): повторение одинаковых дистракторов много раз в течении эксперимента, предъявление стимулов на карточках или в отдельных блоках и т.д.. Нам неизвестны современные исследования, в которых высокочастотные слова интерферировали сильнее низкочастотных слов или псевдослов за исключением исследования Е. Дуги и Р.Д. Харцукера (Dhooge, Hartsuiker, 2012). Однако в этой работе псевдослова были созданы программой WordGen, в то время как в других работах они создавались вручную. Таким образом, необходимо проверить, проявляется ли эффект лексикализации при разных способах создания псевдослов.

С другой стороны, «сложно читаемые» дистракторы интерферируют слабее, чем «быстро читаемые». В одном из экспериментов К.Н. Дунбара и К. Маклеода испытуемые называли цвета слов, которые были зеркально отражены. В этом условии зеркальные слова интерферировали слабее, чем обыкновенные слова. Другой способ усложнить чтение – вызвать первую фиксацию на одной из последних букв слова. По данным П. Перре и С. Дюкрота (Perret, Ducrot, 2010) в этом условии величина интерференции значимо снижалась. В работе М. Арсалиду (Arsalidou et al., 2013) в словестных дистракторах были перепутаны буквы («кыарнсй»). Выяснилось, что в этом условии величина интерференции снижалась. Аналогичный результат был получен в работе Г.М. Реддинга и Д. А. Геджетса (Redding, Gerjets, 1977). В исследовании К. Гикеса и коллег в качестве дистракторов использовались новые слова: испытуемые только перед экспериментом разучивали ассоциацию этих слов и цветов. Интерференция при использовании в качестве дистракторов новых слов все-таки была выявлена, но ее размер был значимо меньше величины интерференции при использовании

знакомых слов (Geukes et al., 2015). В работе А. Протопаса (Protopasa, 2017) был применен схожий методический прием, но на материале только что выученных китайских названий цветов. Тренировка основного задания в целом не влияла на величину интерференции. С другой стороны, при использовании в качестве дистракторов слов иностранного языка интерференция значительно снижалась (Rosselli et al., 2002; Altmann, Davidson, 2001). В эксперименте Э. Лоренца (Lorentz et al., 2001) в качестве дистракторов использовались псевдоомофоны (псевдослова, которые читаются также, как и существующие слова, к примеру «bloo»). Выяснилось, что интерференционное воздействие таких псевдослов значительно не отличается от интерференционного воздействия существующих слов.

Таким образом, интерференция обычно повышается при незначительном усложнении дистрактора, но снижается при его значительном усложнении. Эта картина полностью соответствует нашей гипотезе. Однако существуют методические и теоретические возражения против нашей интерпретации. Во-первых, эффект лексикализации дистракторов может зависеть от способа создания псевдослов. Во-вторых, эффекты частотности и лексикализации могут быть объяснены не столько общей сложностью дистракторов, сколько спецификой дистракторов (например, «лексической сложностью»). Поэтому мы, с одной стороны, использовали два метода создания псевдослов и опробовали новый способ незначительного усложнения дистракторов – добавления в них орфографической ошибки¹⁶. С другой стороны, мы проверили альтернативное объяснение эффектам усложнения дистракторов. Обычно нелинейная связь сложности дистракторов и величины интерференции объясняется конфликтом на разных уровнях обработки информации: визуальная сложность снижает интерференцию, а смысловая (семантическая, лексическая) сложность – увеличивает. Мы проверили гипотезу, согласно которой влияние сложности обработки дистрактора связано не с разными типом стимульного материала, а с величиной усложнения. Если верна гипотеза о влиянии сложности на разных

¹⁶ По крайней мере из того, что нам известно.

этапах обработки информации, то между графической сложностью и «семантической» сложностью не должно быть обнаружено взаимодействия.

Таким образом, из этого блока мы выводим две эмпирические гипотезы:

Эффект интерференции в экспериментальной парадигме рисунок-слово увеличится при использовании в качестве дистракторов псевдослов или слов с ошибками.

Эффект частотности дистракторов в парадигме рисунок-слово перевернется при использовании в качестве дистракторов перевернутых слов.

2.3. Методы проверки гипотезы 3

Гипотеза 3 говорит о том, что *эффект интерференции снижается при усложнении основного задания*. К этой гипотезе можно отнести много экспериментов: введение шума во время прохождения эксперимента (см. пункт 1.3.1), замена используемых слов и цветов на более редкие (например, оттенки желтого (Крушинская, 2001), или серого (Dyer, 1971)), уменьшение интенсивности цвета (Stafford, Gurney, 2011). Почти во всех обсуждаемых примерах усложнение задачи снижало величину интерференции¹⁷. Интуитивно кажется, что «прирост сложности» обработки цели в описанных условиях больше, чем «прирост сложности» обработки дистрактора. В самом деле, задача отличить лимонный от золотого гораздо сложнее задачи отличить желтый цвет от красного; прочесть же слово «золотой» не настолько сложнее, чем прочесть слово «желтый». Тем не менее неизвестно, какая «метрика» у сложности обработки целей и дистракторов. Поэтому более строгие доказательства нашей гипотезы связаны с экспериментами, в которых варьируется только сложность обработки цели, но не изменяется сложность обработки дистрактора.

Результаты исследования К.Н. Дубнара и К. МакЛеода соответствуют нашей гипотезе (Dunbar, MacLeod, 1984). В их эксперименте испытуемые

¹⁷ За исключением экспериментов, в которых уменьшали интенсивность используемых цветов.

классифицировали значения слов, нажимая на кнопки. Выяснилось, что интерференция снижается при использовании зеркальных слов. Так как прочесть зеркальные слова сложнее, чем незеркальные, то усложнение основной задачи снижало интерференционный эффект. Однако можно допустить, что при повторении одинаковых слов в течении эксперимента их сложность «выравнивается». Поэтому актуально повторить данный эксперимент с использованием уникальных целей, что может быть сделано в тесте рисунок-слово.

Сложность основной задачи можно определить через количество используемых цветов в эксперименте. К. Годлен использовал методику с 3,4 или 5 целевыми цветами, но не обнаружил значимых отличий в интерференционном эффекте (Golden, 1974). В исследовании К. Рэя также не было получено различий при использовании трех или пяти цветов (Ray, 1974). Тем не менее в этих работах вместе с количеством целей изменялось и количество дистракторов. Более того, увеличение с 3 до 5 цветов может оказывать недостаточно мощный эффект. Этим недостатком лишено исследование Э. Вильямса (Williams, 1977). В его работе использовалось от 2 до 8 слов и количество слов варьировалось независимо от количества цветов. Оказалось, чем с ростом количества используемых цветов возрастает и величина интерференции. Аналогичный результаты был обнаружен в работе В. Ла Хейдж и Э. ван ден Хофа (La Heij, van den Hof, 1995). В их исследовании использовался тест рисунок-слово с неповторяющимися словестными дистракторами, ни один из которых не был связан с изображениями. Величина интерференции значимо увеличивалась, когда использовалось 20 изображений по сравнению с условием, когда их было только 4. Этот результат не соответствует нашей гипотезе: рост сложности цели увеличивает интерференционный эффект. Однако в этом случае помимо роста сложности цели также расширялся набор возможных ответов и предъявленные слова-дистракторы с большей вероятностью могли туда попасть. Набор же потенциальных ответов может влиять на интерференцию на фазе детекции.

С другой стороны, использование менее знакомых целей снижает интерференционный эффект. В работах Х.С. Говен с соавторами и С. Колины с соавторами (Gauvin et al., 2018; Collina et al., 2013) перед тестом рисунок-слово испытуемых знакомяли только с частью изображений, а с другими – нет. В этих экспериментах величина семантической интерференции увеличивалась при предъявлении знакомых для испытуемых изображений. Правда, в этой работе измерялась именно семантическая интерференция (насколько слово «собака» сильнее интерферирует с изображением кошки, по сравнению со словом «хлеб»), что отличается от классического измерения интерференции (разница между интерференцией слова и контрольных стимулов типа ХХХХХ). В работе Р.М. Кребса и коллег изучалась роль ознакомления с изображениями и интерференция была измерена классическим способом (Krebs et al., 2013). В их эксперименте испытуемые должны были на скорость отнести цветные фотографии к категориям «в доме» или «на улице». С половиной изображений испытуемые были ознакомлены перед экспериментом, а другая половина изображений предъявлялась для них впервые. Для знакомых изображений был обнаружен значимо больший интерференционный эффект. Данные эксперименты скорее указывают на справедливость нашей гипотезы. Тем не менее, учитывая слишком специфичную задачу, на котором были получены эти данные, мы поставили перед собой цель повторить эффект знакомости целей с более классическим измерением интерференции (контрольное условие – нечитаемые знаки, как в работе Р.М. Кребса) и при более классическом способе ответа (называть изображения вслух, как в работе Х.С. Говена и С. Колины).

Таким образом, эффект размера набора возможных ответов не соответствует нашей гипотезе. Однако нашу гипотезу косвенно подтверждают данные о снижении интерференции при использовании оттенков цветов или эксперименты с введением шума. Более сильные доказательства нашей гипотезы следуют из данных о снижении интерференции при использовании деформированных целей или незнакомых для испытуемых целей. Однако для такой интерпретации следует

решить несколько методических проблем. Эффект знакомости был получен или в задаче классификации, или в нем измерялась семантическая интерференция. Эффект же деформации был обнаружен в классической задаче Струпа, в которой повторялось 4 слова. Очевидно, что в этом условии даже графически деформированные слова все равно хорошо опознаются (см. пункт 2.3). По этой причине для проверки нашей гипотезы необходимо воспроизвести эффект деформации целей с большим количеством целей.

Таким образом, на эмпирическом уровне наша гипотеза звучит следующим образом:

В экспериментальной парадигме рисунок-слово будет наблюдаться большая величина интерференции, если изображение является более знакомым для испытуемых.

В экспериментальной парадигме рисунок-слово величина интерференции снизится, если у дистрактора убрать часть контура.

2.4. Методы проверки гипотезы 4

Наша четвертая гипотеза говорит о том, что *при конгруэнтности дистрактора и цели величина интерференции снижается даже если дистрактор не соответствует правильному ответу; величина интерференции снижается при увеличении сходства ответов на дистрактор и на цель.*

При белом просмотре литературы складывается впечатление, что связь дистракторов и целей увеличивает интерференцию. Так можно интерпретировать эффекты семантического градиента или набора ответов. Эффект увеличения интерференции при категориальной связи дистрактора и цели выявлен и в тестах цвет-слово (см. 1.1.2) и рисунок-слово (напр., Damian, Bowers, 2003). Испытуемые медленнее называют изображения, если поверх них предъявлены слова, которые категориально с ним связаны (изображение кошки и слово «собака»; сказать нужно слово «кошка») по сравнению с условием, когда дистракторы и цель принадлежат разным категориям (изображение кошки и слово «дверь»). Этот

эффект называется «семантической интерференцией», хотя его точнее обозначить как «категориальная интерференция». В исследовании А. Р. Рахмана и А. Мелингера семантическая интерференция возрастала еще сильнее при предъявлении поверх изображения двух слов из одной категории с изображением (Rahman, Melinger, 2008). В исследовании Ф. Де Симоне и С. Коллины на эффект интерференции значимо влияла часть речи слов-дистракторов. Существительные интерферировали значительно сильнее, чем глаголы или прилагательные. Этот результат объясняется тем, что изображения всегда являются существительными, т.е. при предъявлении существительных дистракторы больше схожи с целью (De Simone, Collina, 2016).

Однако эффект категориальной интерференции неустойчив и обращается в обратный при изменении дизайнов экспериментов. Это говорит о том, что эффект категориальной интерференции может быть вызван схожестью дистрактора и потенциального ответа на стимул. В эксперименте Махона и коллег (Mahon et al., 2007) поверх изображений предъявлялись семантически связанные с ними глаголы (изображение подушки и слово «спать»). Так как глаголы не входят в набор потенциальных ответов, то не возникает конфликта ответов и семантическая связь дистрактора и цели снижала время называния изображений. Авторы также обратили внимание, что формально рассчитанное семантическое расстояние между дистрактором и целью не может объяснить интерференционный эффект. Семантическое расстояние между словами «клубника» и «лобстер» в английском языке равно семантическому расстоянию между словами «клубника» и «лимон». Однако интерференция выше именно при предъявлении пары лимон-клубника. В работе К. Спалека и М. Дамиана (Spalek, Damian, 2013) было установлено, что семантическая связь дистрактора и цели приводит к снижению времени ответов, если дистракторы закрываются визуальной маской спустя 53 мс после предъявления. В работе В. Ла Хейжа и коллег категориальная связь дистрактора и цели снижала интерференцию, когда использовались слова из многих категорий (La Heij et al., 2003). Эффект

семантической интерференции также изменяется на противоположный, если испытуемых перед экспериментом не знакомят с изображениями (Gauvin et al., 2018; Collina et al., 2013). Описанные изменения дизайнов снижают вероятность «конкуренции ответов» – либо усложняют обработку слов (предъявляются маскированные дистракторы), либо формируют расплывчатый набор ответов (предъявляются изображения из многих категорий, до эксперимента не знакомят с возможными ответами).

Таким образом, эффект категориальной интерференции не опровергает нашу гипотезу. Более того, интерференция снижается и при использовании других способов сделать дистрактор и цель более схожими. Например, семантически связанные с изображением слова интерферируют слабее, если их значение визуально схоже с изображением (изображение зебры и слово «лошадь») (Rahman, Melinger, 2008). В работе Клопфера исследовалось влияние сходства слов и цветов в тесте цвет-слово. Например, слово «синий» в зеленом цвете интерферируют сильнее, чем слово «оранжевый» в зеленом цвете. Автор подсчитал корреляцию между интерференцией для сочетаний двух цветов и «мерой близости» двух цветов друг к другу. Мера близости была посчитана как среднее время принятия решение о том, что два цвета отличаются. Чем быстрее человек выносит это суждение, тем более далекими друг от друга считаются два цвета. Было выявлено, что время принятия решения о различии двух цветов негативно коррелирует с величиной интерференционного эффекта. То есть чем более похожи цвета друг на друга, тем больше величина интерференции (Klopfer, 1996). Аналогично, Д. Хатсон и М. Ф. Дэмиана (Hutson, Damian, 2014) в парадигме рисунок-слово использовали слова, которые находились на разном семантическом расстоянии от изображения. В их работе не было выявлено равномерного снижения интерференционного эффекта при возрастании семантического сходства дистрактора и цели.

Другой способ сделать ответы на дистрактор и цель более схожими – использовать ассоциативно связанные дистракторы и цели (Geng et al., 2013). В

этом условии обнаружено снижение интерференционного эффекта. Если слово «море» окрашено в синий цвет, то его цвет произносится быстрее по сравнению с условием, когда слово «море» окрашено в красный цвет (или в случае предъявления нейтрального слова типа «стол») (Dalrymple-Alford 1972). Аналогично, в тесте рисунок-слово люди быстрее называют изображения, если поверх них написаны ассоциативно связанные с ними слова (изображение собаки и слово «ошейник») по сравнению с условием, когда слово и изображение ассоциативно не связаны (изображение собаки и слово «светофор»).

Проводилось также много исследований, в которых варьировалась фонетическая связь между дистрактором и целью. Если цель и дистрактор начинаются на схожие слоги, то величина интерференция снижается. Причем эта закономерность показана даже при использовании в качестве дистракторов псевдослов. Если дистрактор и цель рифмуются друг с другом, то это тоже снижает время ответов (pin-bin) (Morsella, Miozzo, 2002). В исследовании А.Р. Рахмана и А. Мелингера эффект фонетической связи наблюдался и в условии, когда у изображения и слова совпадали начальные буквы, и в условии, когда совпадали последние буквы. Более того, если поверх изображений предъявлялось два фонетически связанных слова, то эффект фонетического ускорения был еще больше (Rahman, Melinger, 2008).

Д. Р. Шмидт считает, что эффект категориальной интерференции не согласуется с логикой объяснения других феноменов когнитивной психологии (Schmidt, 2013). Например, в парадигме лексического решения категориальные праймы обычно ускоряют выполнение последующего задания (человек быстрее обрабатывает слово «медсестра», если ранее было предъявлено слово «доктор»). Д. Р. Шмидт и коллеги изучали, какие из экспериментальных условий оказываются критическими для такого различия. Их выводы заключаются в том, что на результаты экспериментов в Струп-парадигме значительно влияет фактор «конкуренции ответов». При повторении в эксперименте только небольшого числа ответов (обычно это цвета «красный», «зеленый», «желтый», «синий»)

человек по-другому обрабатывает остальные слова. В этом случае он как бы сразу пытается найти связь нового слова и какого-либо из потенциальных ответов. В работе Шмидта и коллег было показано, что при большом числе потенциальных ответов слово «вода» ускоряет и последующий ответ «зеленый», и последующий ответ «синий». Однако если количество потенциальных ответов невелико (например, как в классических методиках Струп-интерференции, где ответами могут быть только слова «красный», «синий», «желтый», «зеленый»), то слово «вода» приводит к замедлению последующего ответа «зеленый». По мнению авторов исследования, при отсутствии конкуренции между ответами «зеленый» и «синий», слова «зеленый» и «синий» усиливают активацию друг друга.

Можно сделать два вывода: 1) в подавляющем большинстве случаев связь дистрактора и цели снижает интерференционный эффект. Единственное исключение – эффект категориальной интерференции. Этот эффект, тем не менее, является неустойчивым и изменяется на противоположный при многих экспериментальных манипуляциях. 2) На обсуждаемый феномен сильно влияет фактор набора потенциальных ответов. Если дистрактор похож на какой-либо из потенциальных ответов, но такой дистрактор сильнее интерферирует.

Нам кажется, что второй вывод недооценивают в моделях интерференции. Интерференцию описывают как нечто, что следует за обработкой стимула. Однако человек при прохождении эксперимента не просто пассивно реагирует на стимул, а стоит гипотезы о решении задачи. Эти гипотезы влияют на величину интерференции еще до того, как предъявлен стимул.

Таким образом, большинство экспериментов согласуются с нашей гипотезой. Однако в соответствующих экспериментах важны нюансы, о которых в нашей модели прямо не сказано: роль алфавита стимулов, типа связи между дистрактором и целью, эффекта набора ответов и т.д.. Поэтому мы приняли решение проверить данную гипотезу на новом материале. В качестве основы мы взяли традиционное разделение конфликтов в Струп-тесте на семантические конфликты и конфликты ответов (см. с. 33) и придумали новые способы измерить

сходство дистрактора и целей на этих уровнях. В эксперименте на семантическое сходство мы выбрали методику «парадоксального называния». В этой методике некоторые из цветов надо называть другим именем (например, стимулы красного цвета называть словом «желтый»). Это позволяло создать семантически конгруэнтные стимулы, которые были бы конфликтными на уровне ответов (например, слово «красный» красного цвета, но задача – красные стимулы называть словом «желтый»). Слово совпадает со значением, но не совпадает с тем ответом, который испытуемые должны были дать.

В другом эксперименте мы сохраняли семантическое сходство между дистрактором и целью, однако изменялось расположение кнопок, соответствующих ответу на цель и на дистрактор – они могли быть расположены близко или далеко друг от друга.

Таким образом, эмпирические гипотезы таковы:

В Струп-тесте испытуемые будут более быстро называть цвета слов, если они совпадают со значением, даже если значение не совпадает с правильным ответом.

Величина интерференции в моторном варианте теста Струпа будет больше, если кнопки, соответствующие дистрактору и цели, расположены далеко друг от друга.

Примечание: Наш подход позволяет предполагать существование интерференционных эффектов, которые проявляются при использовании разного материала. Предполагаемые эффекты должны быть достаточно сильными и остальные параметры эксперимента не должны отменять предполагаемые нами эффекты. Поэтому мы выбрали подход, предполагающий точечную проверку гипотез. По этой причине мы провели множество экспериментов, в каждом из которых приняло участие от 20 до 30 человек.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Блок экспериментов «Струп-квадраты»

3.1.1. Конфликтные и неконфликтные Струп-квадраты в одном блоке (контрольное условие)¹⁸.

В методике Струп-квадраты конфликтные и неконфликтные стимулы сложно различимы между собой. Проверялось, будет ли наблюдаться разница в среднем времени ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы в таких условиях.

Выборка

Для всех участников исследования русский язык был родным. Испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального зрение. Вознаграждения за участие в эксперименте не предполагалось¹⁹.

В эксперименте приняло участие 30 человек (11 мужчин). Возраст выборки был от 18 до 28 лет ($M = 20.8$, $SD = 2.8$).

Стимулы

Струп-квадраты с использованием слов «красный», «желтый», «зеленый», «синий», «фиолетовый», «белый» и соответствующих цветов. Каждое сочетание цвет-значение предъявлялось равное число раз. Для всех экспериментальных условий: не допускалось, чтобы одновременно предъявлялось два квадрата одного цвета; каждый цветной квадрат предъявлялся на каждой позиции равное число раз; всегда присутствовал квадрат, цвет которого соответствовал значению слова. Стимулы были конфликтными или неконфликтными. В конфликтных стимулах был квадрат, цвет которого соответствует цвету слова. В неконфликтных стимулах такого квадрата не предъявлялось.

¹⁸ Описание дизайна этого эксперимента может дублировать статью автора диссертации (Стародубцев, Аллахвердов, 2017).

¹⁹ Справедливо для всех экспериментов этой работы.

Задача испытуемых

Задача испытуемых – как можно быстрее найти квадрат, цвет которого совпадает со значением слова и нажать соответствующую кнопку (напр., для ответа «желтый», когда желтый квадрат находится слева, нажать кнопку влево).

Дизайн

Было составлено два блока, каждый из которых состоял из 120 конфликтных и 120 неконфликтных стимулов, перемешанных в случайном порядке.

Половине выборки предъявлялся блок стимулов из пяти слов и цветов, другой половине – из шести. Этот фактор вводился для контроля «научения цветам» (если было пять цветов и стимулы были неконфликтные, то по квадратам можно было всегда предсказать значение слова), но этот фактор значимо не влиял и поэтому здесь и далее он не будет учитываться.

Процедура

Стимулы предъявлялись до ответа испытуемых. Пауз между предъявлением стимулов не было.

Анализ данных

Время ответов не входило в анализ, если ответы были ошибочными, или ответы были быстрее 200 мс и медленнее 2000 мс. Ответы усреднялись по испытуемым²⁰. Сравнение проводилось методом Стьюдента для зависимых выборок.

Гипотеза

Время ответов на конфликтные стимулы больше времени ответов на неконфликтные стимулы.

Результаты

Обнаружено большее число ошибок при предъявлении конфликтных стимулов по сравнению с условием предъявления неконфликтных стимулов

²⁰ Верно для всех остальных экспериментов, если не указано обратного.

($t(1, 59) = 2.47, p = .002, M_{\text{кон}}=90.9\%, M_{\text{нек}}=94.2\%, 95\% \text{ CI}_{\text{нек-кон}}^{21} [1.3\%, 5.2\%]$). Не обнаружено значимых отличий в среднем времени ответов в зависимости от предъявления конфликтных или неконфликтных стимулов ($t(1, 59) = .33, p = .74, M_{\text{кон}}=1057 \text{ мс}, M_{\text{нек}}=1046 \text{ мс}, 95\% \text{ CI}_{\text{кон-нек}} [-55\text{мс}, 78 \text{ мс}]$)).

3.1.2. Конфликтные и неконфликтные интерференционные стимулы в одном блоке, когда дистрактор предъявлен раньше целей (условие 2)²².

Выборка

В эксперименте приняло участие 40 человек (12 мужчин). Возраст выборки составлял от 18 до 40 лет. Средний возраст выборки – $M = 21.8, SD = 4$.

Стимулы

Аналогично условию 1.

Задача

Аналогично условию 1.

Дизайн

Было составлено два списка по 120 стимулов, в которых конфликтные и неконфликтные стимулы перемешаны в случайном порядке (список А и список Б). Списки отличались только порядком предъявления стимулов. Двум группам испытуемых сначала предъявлялся список А, а потом – список Б, а двум другим группам – сначала список Б, а потом список А.

Процедура

В отличие от других экспериментов в этом блоке, цветные квадраты и окрашенное слово предъявлялись не одновременно. Существовало два способа предъявления стимулов: либо сначала предъявлялись окрашенные квадраты, а только через 1000 мс – окрашенное слово, либо сначала предъявлялось

²¹ Здесь и далее такая форма записи обозначает «доверительный интервал разницы между предъявлением двух типов стимулов (в данном случае – между предъявлением конфликтных и неконфликтных стимулов).

²² Данный эксперимент описан в статье (Starodubtsev, Allakhverdov; 2020)

окрашенное слово, а через 1000 мс – окрашенные квадраты. Для половины испытуемых (20 человек) использовался первый способ предъявления, для половины – второй. Способы предъявления стимулов см. на рисунках 2-3. Половина выборки начинала со списка А, а другая половина – со списка Б.

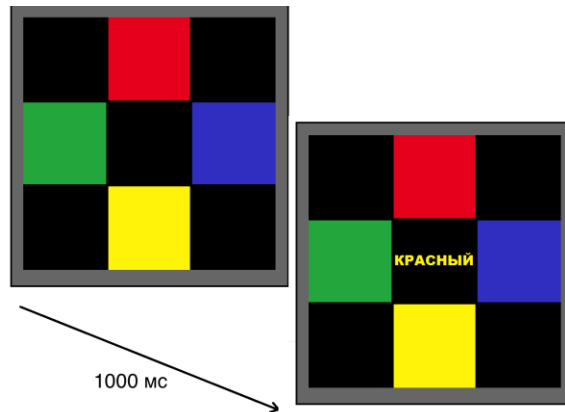


Рисунок 2. Процедура эксперимента при первом способе предъявления.

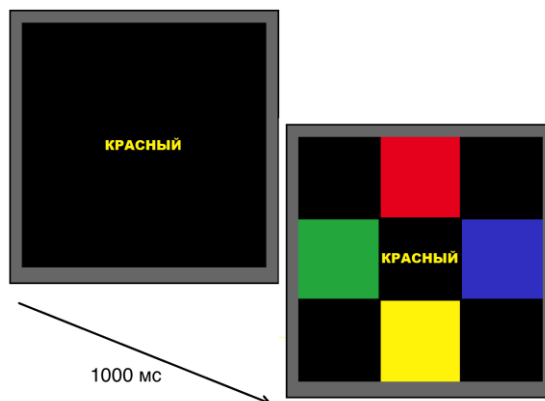


Рисунок 3. Процедура эксперимента при втором способе предъявления.

В первом способе сначала предъявляются цветные квадраты, которые задают набор ответов в этой пробе. Мы предположили, что на момент предъявления слова у испытуемых уже сформирован образ потенциальных ответов, что способствует обнаружению когнитивного конфликта. При втором способе предъявления обнаружения когнитивного конфликта не предполагалось.

Анализ данных

Отдельно для каждого испытуемого подсчитывалось среднее время ответов и количество ошибок на конфликтные и неконфликтные стимулы в каждом из

способов предъявления. Ответы быстрее 200 мс и медленнее 2000 мс отсеивались. Так как каждый способ предъявления стимулов был для разных испытуемых, то отдельно для каждого из способов предъявления сравнивалось среднее время ответов и количество ошибок на конфликтные и неконфликтные стимулы при помощи t-критерия Стьюдента для зависимых выборок.

Гипотеза

При первом способе предъявления среднее время ответов на конфликтные стимулы будет значимо больше, чем среднее время ответов на неконфликтные стимулы.

Результаты

В обеих группах было больше правильных ответов на неконфликтные пробы по сравнению с конфликтными: $M_{\text{нек}} = 96.7\%$, $M_{\text{кон}} = 94.8\%$, 95% CI_{нек-кон} [0.9%, 2.9%], $t(1, 19) = 3.8$, $p = .011$ – в первой группе, $M_{\text{нек}} = 96.6\%$, $M_{\text{кон}} = 92.3\%$, $t(1, 19) = 6.6$, $p < .001$, CI_{нек-кон} [2.7%, 5.2%] – во второй группе. Во второй группе эффект конфликтности по ошибкам был выражен сильнее: $t(1, 19) = 2.6$, $p = .012$, $M_{\text{I(нек-кон)}} = 1.9$, $M_{\text{II(нек-кон)}} = 3.9$, 95% CI_{I-II} [0.5%, 3.6%].

В первой группе испытуемые отвечали значимо быстрее на неконфликтные стимулы по сравнению с конфликтными ($M_{\text{кон}} = 834\text{мс}$, $M_{\text{нек}} = 810\text{мс}$; $t(1, 19) = 3.5$, $p = .002$, 95% CI_{кон-нек} [10 мс, 38 мс]). Во второй группе не было обнаружено значимой разницы между временем ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы ($M_{\text{кон}} = 733\text{мс}$, $M_{\text{нек}} = 740\text{мс}$, $M_{\text{нек}} - t(1, 19) = -0.8$, $p = .40$, CI_{кон-нек} [-25 мс, 11 мс]). В первой группе эффект конфликтности статистически значимо выражен сильнее, чем во второй: $t(1, 19) = 2.6$, $p = .008$, $M_{\text{I(нек-кон)}} = 24$ мс, $M_{\text{II(нек-кон)}} = -7$ мс, 95% CI_{I-II} [8 мс, 53 мс].

Хотя в двух группах участвовали разные испытуемые, для наглядности приведем общее время ответов в каждом из условий в общей таблице (таблица 1).

Таблица 1. Средний процент правильных ответов и среднее время ответов в зависимости от типа стимулов и очередности предъявления окрашенных слов и квадратов.

Тип стимулов	Процент правильных ответов		Среднее время ответов	
	Сначала слова, затем квадраты	Сначала квадраты, затем слова	Сначала слова, затем квадраты	Сначала квадраты, затем слова
Конфликтные	92.3%	94.8%	733 мс	810 мс
Неконфликтные	96.6%	96.7%	740 мс	834 мс
Разница	3.3%	1.9%	- 7 мс	24 мс

3.1.3. Конфликтные и неконфликтные стимулы в разных блоках (условие 3).

Предполагалось, что при предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов в разных блоках они станут хорошо различимыми. Это приведет к тому, что в блоке из конфликтных стимулов будет осуществляться контроль дистрактора, а в блоке из неконфликтных стимулов – не будет. Согласно нашей гипотезе, это должно привести к появлению значимой разницы между временем ответов при предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов.

Выборка

В эксперименте приняло участие 60 респондентов, по 30 в каждой группе (47 женщин и 13 мужчин) в возрасте от 18 до 27 лет ($M = 20.8$, $SD = 2.9$).

Стимулы

Аналогично условию 1.

Задача испытуемых

Аналогично условию 1.

Дизайн

Было сформировано 4 блока по 240 стимулов. Каждому из испытуемых предъявлялся один из них. Два блока состояли из конфликтных стимулов, в два других – из неконфликтных стимулов.

Процедура

Одной группе предъявлялся один из блоков из конфликтных стимулов, а другой – из неконфликтных стимулов. Пауз между стимулами не было.

Анализ данных

Анализ производился при помощи критерия Стьюдента для независимых выборок.

Гипотеза

Время ответов на блок из конфликтных стимулов больше времени ответов на блок из неконфликтных стимулов.

Результаты

Обнаружено значимое влияние фактора «тип стимулов»: испытуемые медленнее отвечали в случае предъявления конфликтных стимулов: $M_{\text{нек}}=938$ мс, $M_{\text{кон}}=1057$ мс, $t(1, 59) = 3.8$, $p < .001$, $CI_{\text{кон-нек}} 95\%$ [57 мс, 186 мс] и делали больше ошибок: $M_{\text{нек}}=97.3\%$, $M_{\text{кон}}=93.3\%$, $t(1, 59) = 3.8$, $p < .001$, $CI_{\text{кон-нек}} 95\%$ [2%, 6.3%].

Сравнение ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы при их смешанном и раздельном предъявлении.

Заметим, что по нашей гипотезе эффект интерференции при предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов должен быть выражен сильнее, если они предъявлены в разных блоках (эксперимент описан в пункте 3.1.1.), чем когда стимулы предъявлены в одном блоке (эксперимент описан в этом пункте). Выберем из эксперимента 3.1.1, только ответы на конфликтные стимулы и сравним их с временем ответов на конфликтные стимулы при их предъявлении в

разных блоках. Аналогично сравним между собой процент правильных ответов в обеих группах.

Скорость ответов на конфликтные стимулы значимо не отличалась вне зависимости от того, предъявлялись ли эти стимулы в отдельном блоке или же попеременно с неконфликтными стимулами: $M_{от.б}=1057$ мс, $M_{смеш}=1057$ мс, 95% CI [-70 мс, 71 мс], $t(1, 29) = .01$, $p = .99$. Однако время ответов на неконфликтные стимулы было значимо меньше, когда они предъявлялись в одном блоке по сравнению с условием предъявления их попеременно с конфликтными стимулами: $M_{от.б}=1046$ мс, $M_{смеш}=935$ мс, 95% CI [50 мс, 170 мс], $t(1, 29) = 3.7$, $p < .001$.

Сравнение количества правильных ответов не показало значимых отличий между условиями «конфликтные стимулы предъявлены в отдельном блоке» и «конфликтные стимулы предъявлены попеременно с неконфликтными стимулами»: $M_{от.б}=90.1\%$, $M_{смеш}=93.3\%$, 95% CI [-5.3%, 0.5%], $t(1, 29) = -1.7$, $p = .098$. При смешанном предъявлении обнаружено большее число правильных ответов на неконфликтные стимулы, чем при предъявлении неконфликтных стимулов в отдельном блоке: $M_{от.б}=94.2\%$, $M_{смеш}=97.5\%$, 95% CI [-5.1%, -1.5%], $t(1, 29) = -3.6$, $p < .001$. Хотя мы это провели два статистических анализа, для наглядности представим их в одной таблице (таблица 2).

Таблица 2. Средний процент правильных ответов и средней скорости ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы в зависимости от предъявления их в разных блоках или в одном блоке.

Тип стимулов	Процент правильных ответов		Среднее время ответов	
	Конфликтн. стимулы	Неконфликт. стимулы	Конфликтн. стимулы	Неконфликт. стимулы
В одном блоке	93.3%	97.5%	1057 мс	935 мс
В разных блоках	90.1%	94.2%	1057 мс	1046 мс
Разница	2.2 %	3.2%	0 мс	111 мс

3.1.4. Несколько блоков из конфликтных и неконфликтных стимулов (условие 4)²³

Выборка

В исследовании приняло участие 60 человек, по 30 в каждой группе (15 мужчин). Возраст выборки – от 18 до 39 лет ($M = 22.7$, $SD = 5.1$).

Стимулы

Аналогично эксперименту 1²⁴.

Задача испытуемых

Аналогично эксперименту 1.

Дизайн

Было два блока по 120 стимулов в каждом. Один блок состоял только из конфликтных стимулов, другой – только из неконфликтных стимулов. Первой

²³ Описание дизайна этого эксперимента может дублировать статью автора диссертации (Стародубцев, 2016).

²⁴ В этом эксперименте использовался набор только из пяти слов и соответствующих цветов, так как предыдущий эксперимент не показал значимого влияния этого фактора.

группе испытуемых предъявлялся сначала блок из конфликтных стимулов, а после него – блок из неконфликтных стимулов. Другой группе испытуемых сначала предъявлялся блок из неконфликтных стимулов, а после него – блок из конфликтных стимулов.

Процедура

Аналогична условию 1. Между предъявлением первого и второго блока отсутствовала пауза и для испытуемых они выглядели как один набор стимулов.

Анализ данных

Сравнивалось среднее время ответов первой и второй группы отдельно для условия «в начале эксперимента» и «после неконгруэнтной тренировки» (см. таблица 3).

Таблица 3. Дизайн эксперимента и анализа данных в эксперименте 3.

	1-120 стимулы	121-240 стимулы
1 группа	Конфликтные стимулы	Неконфликтные стимулы
2 группа	Неконфликтные стимулы	Конфликтные стимулы
Эффекты сравнения конфликтных и неконфликтных стимулов	Эффект конфликтности в начале эксперимента	Эффект конфликтности после «неконгруэнтной тренировки»

Так как описанные экспериментальные условия были у разных групп испытуемых, среднее время ответов и количество ошибок сравнивалось отдельно для 1-120 стимулов и для 121-240 стимулов при помощи t-критерия Стьюдента для независимых выборок.

Гипотеза

Эффект конфликтности (разница между временем ответов на конфликтные и

неконфликтные стимулы) значительно снизится в условии «после неконгруэнтной тренировки» по сравнению с условием «в начале эксперимента».

Результаты

Количество правильных ответов

В первом блоке количество правильных ответов было значительно больше, если предъявляется блок из неконфликтных стимулов по сравнению с условием предъявления блока из конфликтных стимулов ($t(1, 59) = 50, p = .008$). Этих отличий не было обнаружено во втором блоке ($t(1, 59) = .26, p = .79$). Среднее количество правильных ответов в каждом из условий отображено на рисунке 4.

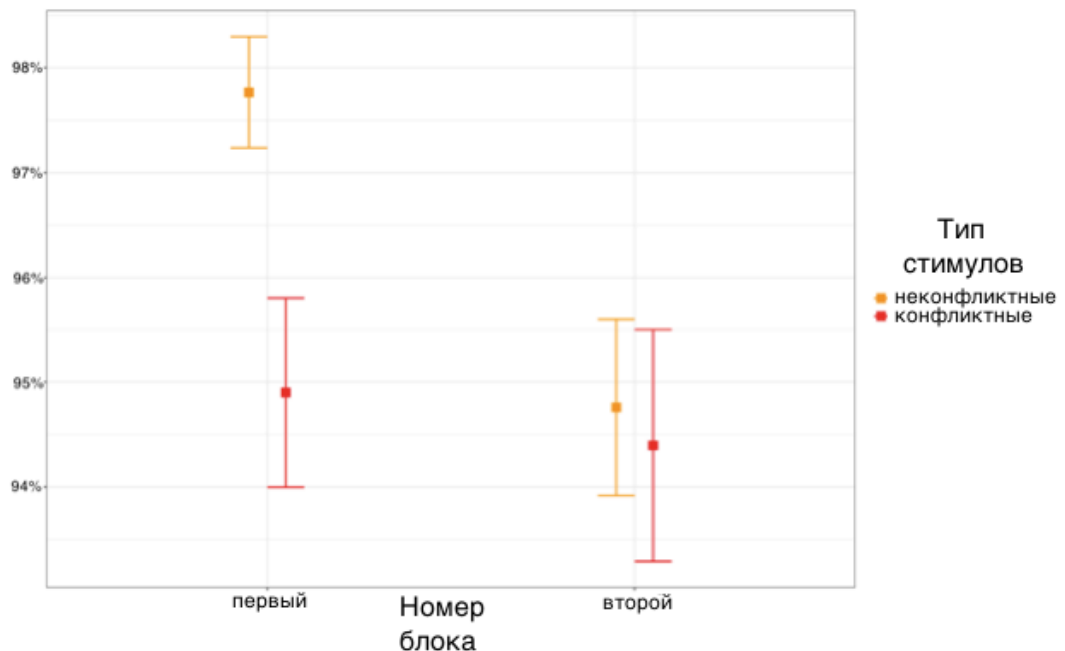


Рисунок 4. Процент правильных ответов в зависимости от типа стимулов и номера блока²⁵.

Среднее время ответов

В первом блоке время ответов на блок из конфликтных стимулов было значительно больше, чем время ответов на блок из неконфликтных стимулов ($t(1, 59) = 2.9, p = .005$). Во втором блоке значимых отличий не обнаружено

²⁵ В данном графике отображены результаты двух статистических анализов, который проводился у разных групп испытуемых. «Усы» на графике здесь и далее показывают стандартное отклонение.

($t(1, 59) = 1.09, p = .28$). Среднее время ответов в каждом из анализируемых условий представлено на следующем рисунке 5.

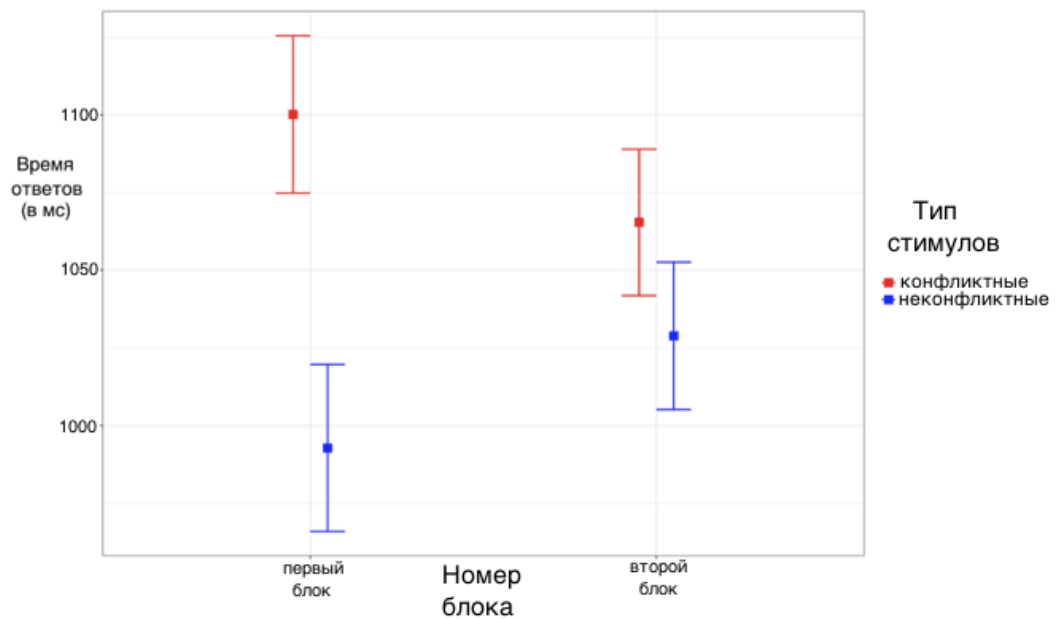


Рисунок 5. Среднее время ответов в зависимости от типа стимулов и номера блока.

Обсуждение блока экспериментов «Струп-квадраты»

Мы предположили, что конфликтные и неконфликтные Струп-квадраты сложно быстро отличить друг от друга и поэтому по отношению к ним при смешанном предъявлении в равной мере может быть применена «стратегия контроля», включающая в себя контроль невыполнения задачи игнорирования. Действительно, не было бы обнаружено значимой разницы между скоростью ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы, когда они предъявлялись в одном блоке (условие 1) или если до блока из конфликтных стимулов предъявлялся блок из неконфликтных стимулов (условие 4, сравнение вторых блоков). Однако значимо отличалось среднее время ответов на конфликтные и неконфликтные стимулы в «чистых блоках» (условие 3, 4 сравнение первых блоков); об устойчивости обнаруженного феномена говорит высокое значение размера эффекта по Кохену ($r_{Cohen} = .86$). Поэтому маловероятно, что отсутствие отличий в условиях 1 и 4-2 говорит о недостаточной мощности теста. При

предъявлении двух блоков подряд предыдущий блок стимулов как бы «разбавляет» влияние следующего блока. Блочные дизайны экспериментов используются для проверки гипотез о роли стратегий в решении задачи (Фаликман, Печенкова 2010). В условии 2 мы проверили наше объяснение другим методом: предъявляли сначала окрашенные квадраты и только потом – слова. Предполагалось, что в этом условии у испытуемых возникнет возможность отличать конфликтные стимулы от неконфликтных и интерференция снова появится, что и было показано в эксперименте.

Заметим, однако, что интерференция при смешанном предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов пропадает за счет увеличения времени ответов на конфликтные стимулы. Поэтому правильнее говорить не столько об обнаружении конфликтности, ведущей к увеличению времени контроля, сколько об обнаружении отсутствия конфликта, что ведет к снижению времени контроля.

Тем не менее мы обнаружили факт, который мы не можем объяснить. Разница между средним количеством ошибок при предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов в условии 2 была значимо больше, когда Струп-слово предъявлялось раньше окрашенных квадратов. Это означает, что возможность быстро установить конфликтность стимула снижает вероятность ошибки. С другой стороны, средняя разница между количеством ошибок была всего 2% по отношению к общему числу стимулов. Возможно, именно такой процент ошибок является «ценой», которую человек платил бы при отказе от контроля задач. В других условиях этого блока разница по количеству ошибок при предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов составляла 3-5%²⁶. Таким образом, в подавляющем большинстве проб испытуемый может ответить правильно и без

²⁶ Здесь ошибочными считаются даже правильные ответы, если они были даны за время, большее 2000 мс. Если не относить такие ответы к ошибкам, то эта разница будет 1-2%.

контроля задач. Тем не менее контроль задач может незначительно снижать вероятность ошибок²⁷.

Сделанный вывод соответствует концепции контроля В.М. Аллахвердова. В этой концепции цель когнитивного контроля заключается не в достижении оптимального решения, а в проверке этого решения. Стремление проконтролировать что «ошибки точно не допущено» приводит к когнитивному конфликту несмотря на небольшую вероятность такой ошибки.

Если ожидается конфликтная информация, то последующий ответ дольше контролируется; если быстро обнаруживается конфликтная информация, то поступившая информация дольше контролируется. С другой стороны, если быстро обнаруживается отсутствие конфликта то «решение о контроле» отменяется и время ответов снижается.

3.2. Деформация дистракторов в тесте рисунок-слово²⁸

3.2.1. Влияние деформации дистракторов и их частотности (основной эксперимент)

Выборка

В эксперименте приняло участие 30 человек (24 женщины) в возрасте от 18 до 37 лет ($M = 23.8$, $SD = 5.5$). В качестве участников выступили посетители научного мероприятия «Неделя экспериментов», организуемого на факультете психологии СПбГУ.

²⁷ С другой стороны, эту интерпретацию ставит под сомнение факт увеличения ошибок при смешанном предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов (эксперимент 3, с. 89). Однако это наблюдение можно опровергнуть аргументом, согласно которому «большее разнообразие стимулов само по себе усложняет задачу».

²⁸ Описание дизайнов экспериментов в этом блоке может совпадать описанием дизайнов из статьи автора диссертации (Стародубцев, Мирошник, 2019).

*Стимулы*²⁹

Стимулы состояли из пары изображение-слово. Изображения выбирались из базы BOSS (Brodeur et al., 2014), адаптированной для использования на русскоязычной выборке (см. Сопов и др., 2019). Всего использовалось 36 изображений, каждое из которых предъявлялось 5 раз (без учета 5 изображений, которые предъявлялись на тренировочном этапе). Отбирались только те изображения, для которых параметр «согласованность наименований» превышал величину в 90% (т.е. как минимум 90% респондентов называют объект одинаково). Размер изображений был 500 на 500 пикселей, фон предъявления – серый. Для экспериментальных условий использовались 144 слова-дистрактора, среди которых было 72 высокочастотных существительных ($M = 68.8 \text{ imp}^{30}$, $SD = 78 \text{ imp}$) и 72 низкочастотных существительных ($M = 0.92 \text{ imp}$, $SD = 0.30 \text{ imp}$). Использовалось равное число слов с 5 и 6 буквами. Слова отбирались из частотного словаря О. Н. Ляшевской и А. С. Шарова (Ляшевская, Шаров 2009)³¹. Длина слов составляла 400 пикселей, высота — 150 пикселей, использовался шрифт Arial Bold. Для повышения видимости словесных стимулов края букв окрашивались в черный цвет, а сердцевина — в белый. Половина из использованных слов была написана в нормальном виде, другая половина была зеркально отражена относительно горизонтальной оси (см.рис. 6). Для контрольного условия использовались 36 нелексических дистракторов (XXXXXX или XXXXXX).

²⁹ Список всех используемых в эксперименте стимулов представлен в приложении.

³⁰ Здесь и далее: item per million – количество употреблений на миллион слов.

³¹ Как и для всех последующих экспериментов в методике рисунок-слово.



Рисунок 6. Пример стимула с незеркальным и зеркальным дистрактором.

Задача³²

Задача испытуемых – как можно быстрее называть изображения и игнорировать наложенные поверх них слова. По инструкции нельзя было издавать посторонние звуки в течении эксперимента или растягивать слова.

Дизайн

Выборка была разделена на 4 группы, каждая из которых получала отдельную последовательность стимулов. Стимулы в каждой последовательности являлись изображениями с наложенными поверх них дистракторами. Первая последовательность стимулов полностью совпадала со второй, но каждый зеркально отраженный дистрактор в первой заменялся на незеркальный во второй, и наоборот. Третья и четвертая последовательности были тождественны первой и второй соответственно. Отличие состояло лишь в том, что в третьей и четвертой последовательностях стимулы предъявлялись в обратном порядке (напр., 180-й стимул первой последовательности был 1-м в третьей последовательности). При этом все последовательности создавались с учетом того, чтобы каждое из экспериментальных условий – частотность и зеркальность слов – не повторялось более трех раз подряд.

Процедура

Процедура исследования состояла из трех этапов. На ознакомительном этапе участникам последовательно предъявлялось 41 изображение (36 – для основного

³² Как и для всех последующих экспериментов.

этапа, 5 – для тренировочного). Задача состояла в назывании изображенных объектов. Запись ответов не производилась, и ограничений на время ответа не было. На тренировочном этапе участникам была дана инструкция как можно быстрее называть изображенные объекты, игнорируя дистракторы. После этого им последовательно предъявлялось 5 изображений с наложенными поверх них дистракторами. В качестве дистракторов выступали знаки «XXXXX», зеркально отраженное или неотраженное высокочастотное слово, а также зеркально отраженное и неотраженное низкочастотное слово³³. На экспериментальном этапе использовалось 180 стимулов и ответы записывались. Длительность каждой пробы на экспериментальном этапе составляла 3400 мс: пустой экран (1000 мс), фиксационный крест (400 мс), пустой экран (300 мс), стимул (на 1700 мс) (см. схему процедуры эксперимента на рисунке 7).

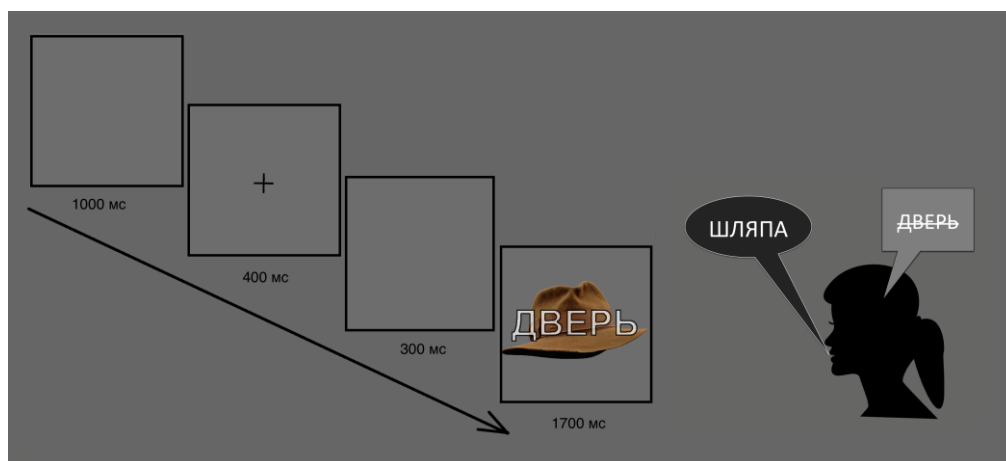


Рисунок 7. Процедура эксперимента в тесте рисунок-слово.

Анализ данных

Звуковые файлы обрабатывались в программе Praat. В качестве зависимой переменной фиксировалось латентное время ответа. В случае неверных ответов, посторонних вокализаций (например, звуков «mmm», «эээ» и т.д.) или пустых звуковых файлов ответы считались ошибочными и удалялись из анализа. Всего таких ответов было 4.7%.

³³ В этом и во всех последующих экспериментах в тесте рисунок-слово на тренировочном этапе предъявлялись каждое из экспериментальных условий равное число раз.

Для проверки основной гипотезы использовался двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями (факторы: «частотность дистракторов», «зеркальность дистракторов»). Контрольное условие с нечитаемыми знаками использовалось для того, чтобы проконтролировать, не падает ли интерференция на зеркальные слова до нулевого уровня.

Гипотеза

Низкочастотные слова интерферируют сильнее, чем высокочастотные, если они написаны в обычном виде. Однако в зеркальном виде уже высокочастотные слова интерферируют сильнее низкочастотных.

*Оборудование*³⁴

Предъявление стимулов осуществлялось на персональном компьютере (разрешение дисплея — 1920*1080 пикселей). Вербальные ответы записывались при помощи шумоподавляющего микрофона. Эксперимент был сконструирован в программе PsychoPy2 (Peirce 2007).

Результаты

Было выявлено значимое взаимодействие факторов частотности и зеркальности дистракторов ($F(1, 29) = 26.6$, $p < .001$, частная $\eta^2 = .483$). Зеркальные дистракторы интерферировали слабее незеркальных как в условии с низкочастотными словами ($F(1, 29) = 69.2$, $p < .001$, частная $\eta^2 = .689$), так и в условии с высокочастотными словами ($F(1, 29) = 12.26$, $p = .002$, частная $\eta^2 = .280$). Нам удалось воспроизвести эффект частотности: в случае с незеркальными дистракторами низкочастотные слова интерферировали сильнее, чем высокочастотные ($F(1, 29) = 17.1$, $p < .001$, частная $\eta^2 = .364$). Среднее время ответов в каждом из условий представлено в таблице 4.

³⁴ Данное оборудование использовалось и во всех последующих экспериментах.

Таблица 4. Среднее время ответов в зависимости от типа дистрактора и зеркальности дистракторов; * – $p < .001$

	Низкочастотные дистракторы	Высокочастотные дистракторы	Эффект частотности
Зеркальные дистракторы	897 мс	908 мс	-11 мс
Незеркальные дистракторы	959 мс	935 мс	24* мс
Контрольные стимулы (XXXXX)	872 мс		

3.2.2. Эффект деформации дистракторов в зависимости от легкости их опознания

На результаты первого эксперимента мог влиять фактор легкости опознания зеркальных слов. Некоторые зеркальные слова распознаются значительно легче, чем другие. Например, зеркальное слово «турник» опознается значительно медленнее, чем слово «океан» (см. рис. 8). Мы провели дополнительный эксперимент, чтобы установить, насколько быстро испытуемые опознают те или иные зеркальные слова.

Т У Р Н И К
О К Е А Н

Рисунок 8. Пример медленно опознаваемого слова (турник – лишь 5 из 36 испытуемых вообще смогли распознать это слово за 1800 мс) и быстро опознаваемого слова (океан – медианное время опознания – 807 мс).

Выборка

В исследовании приняло участие 36 человек (23 женщины) в возрасте от 18 до 31 года ($M = 21.6$, $SD = 3.7$). Участники были набраны на факультете

психологии СПбГУ.

Стимулы

Были отобраны 72 слова, использованных в качестве дистракторов в основном эксперименте. Мы отобрали только половину слов, так как пилотный эксперимент показал значительное научение в задаче опознания зеркальных слов, влияния которого мы стремились избежать.

Задача

Испытуемым предъявлялись зеркальные слова, которые они должны были прочесть как можно быстрее.

Дизайн

Случайным образом была составлена последовательность из стимулов. Затем эта последовательность была разбита на 36 равных частей (по 2 слова в каждой части). Порядок предъявления этих частей перемешивался методом латинского квадрата. Порядок предъявления стимулов внутри части был каждый раз выбран случайным образом. Таким образом, у каждого испытуемого была уникальная последовательность стимулов.

Процедура

Процедура исследования состояла из двух этапов: тренировочного и экспериментального. Перед тренировочным этапом участникам давалась инструкция как можно быстрее произнести зеркальные слова. Оговаривалось, что нельзя произносить посторонние звуки перед названием (типа «mmm», «эээ») или растягивать слова («кефффир»). Если такие пробы все же возникали, то при обработке они считались ошибками. На тренировочном этапе участникам предъявлялось 6 зеркальных слов, которые не использовались на экспериментальном этапе. Экспериментатор подсказывал, какое было слово, если у участников были сложности. Зеркальное слово (аналогично зеркальным дистракторам в основном эксперименте) предъявлялось на 1800 миллисекунд, а его предъявлению предшествовал пустой экран (1000 мс), фиксационный крест

(400 мс) и снова пустой экран (300 мс).

Анализ данных. Использование результатов второго эксперимента для повторного анализа основного эксперимента.

Первый этап анализа заключался в определении быстро опознаваемых и медленно опознаваемых слов на основе данных дополнительного эксперимента. Так как среднее время ответов в данном эксперименте нам нужно только для отнесения слова к категории «быстрых» или «медленных», то процедура отсева ответов была изменена. Если участник не успевал назвать слово за отведенное время или делал ошибку, то считалось, что время ответа на этот стимул – 2000 мс. Впоследствии для каждого слова считалось медианное время начала называния. Далее все слова были разделены по медиане на две части: «легко опознаваемые» и «трудноопознаваемые». Если взять все легко опознаваемые дистракторы, то они в среднем опознавались за 1076 мс, а «трудно опознаваемые» – за 1696 мс.

Во втором этапе мы повторно анализировали данные первого эксперимента. Анализировалась интерференция со стороны зеркальных слов с поправкой на факторы «легкости опознания» и «частотность слов».

Результаты

Результаты эксперимента 2 использовались для дополнительного анализа данных первого эксперимента. В соответствии со скоростью чтения зеркальных слов в эксперименте 2 мы разделили все слова на категории «трудно опознаваемые» (половина слов, которые медленнее распознавались) и «легко опознаваемые» (другая половина слов, которая быстрее распознавалась).

Результаты условия «зеркальные слова» для первого эксперимента анализировались отдельно с внесённым фактором «легкость опознания дистракторов». Среднее время ответов в тесте рисунок-слово (эксперимент 1) с учетом этого фактора приведено в таблице 5.

Таблица 5. Среднее время называния изображений в условии «зеркальные слова» в зависимости от их частотности и легкости их опознания; * – $p < .05$.

Легкость опознания дистракторов	Частотность слов		Эффект частотности
	Низкочастотные	Высокочастотные	
Трудно опознаваемые	901 мс	901 мс	0 мс
Легко опознаваемые	883 мс	911 мс	-37* мс

Эффект увеличения интерференции при использовании высокочастотных зеркальных слов по сравнению с низкочастотными зеркальными словами был значимым только для легко опознаваемых зеркальных слов ($F(1, 14) = 4.84$, $p = .045$, частная $\eta^2 = .221$).

Заметим, что скорость опознания дистрактора зависит и от его частотности и поэтому в категорию «легкоопознаваемые дистракторы» попало больше частотных слов. Однако так как мы используем усредненные данные, этот фактор не должен влиять на обсуждаемый эффект.

Обсуждение

Мы обнаружили, что эффект частотности переворачивается при использовании зеркальных дистракторов. Мы предполагаем, что когда дистракторы сложны для обработки (являются зеркальными), то их дальнейшее усложнение (использование низкочастотных слов) снижает интерференцию. Однако если дистракторы не являются сложными, но использование низкочастотных слов повышает интерференцию.

Оказалось, что влияние фактора зеркальности опосредовано скоростью его опознания в зеркальном виде. Если мы предположим, что трудноопознаваемые дистракторы вообще не опознаются, логично, что частотность при предъявлении

зеркальных низкочастотных дистракторов вообще не оказывает значимого эффекта.

Согласно нашей гипотезе, зеркальные слова интерферируют только в некоторых пробах, в которых дистрактор быстро распознан. Это означает, что анализ распределения времени ответов должен показать разницу между условиями «низкочастотные зеркальные дистракторы» и «высокочастотные зеркальные дистракторы» только при сравнении самых медленных ответов. Действительно, при разбиении всех ответов на децили (см. пункт 1.4.3) мы обнаружили эффект частотности дистракторов для деформированных дистракторов только при сравнении самых медленных ответов (рис. 9).

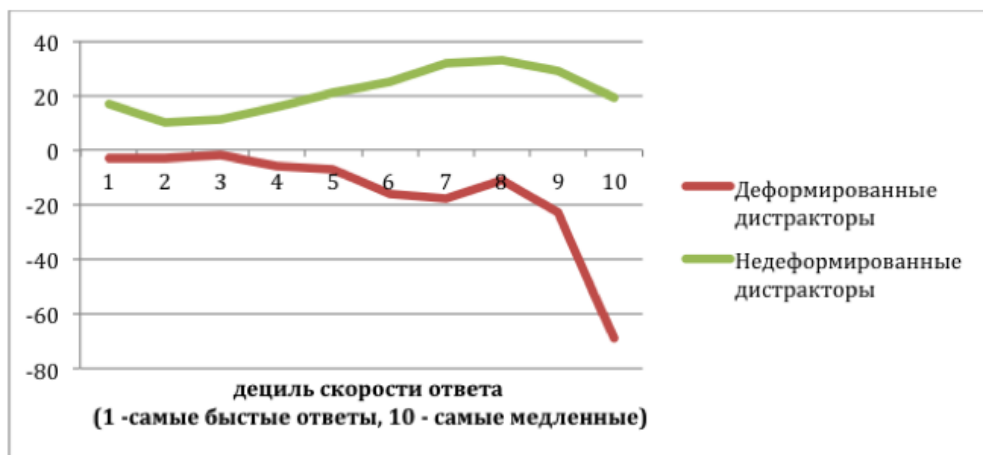


Рисунок 9. Разница между скоростью ответов на высокочастотные и низкочастотные дистракторы в случае их предъявления в зеркальном и не зеркальном виде в зависимости от дециля скорости реакции.

С другой стороны, по нашей гипотезе скорость ответов на низкочастотные зеркальные дистракторы и скорость ответов на контрольные стимулы тоже должна отличаться только при сравнении самых медленных ответов. Тем не менее этого эффекта обнаружено не было. Скорость ответов на зеркальные низкочастотные дистракторы и скорость ответов на контрольные стимулы

примерно равномерно³⁵ отличалась и для быстрых ответов, и для медленных ответов (таблица 6).

Таблица 6. Разница в скорости ответов между условием «низкочастотные зеркальные дистракторы» и «нейтральное условие».

Дециль ответа (1 – самые быстрые ответы, 10 – самые медленные)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17 мс	22 мс	25 мс	27 мс	35 мс	35 мс	31 мс	32 мс	26 мс	-3 мс

Таким образом, констатируем, что эффект интерференции проявляется даже если дистрактор обрабатывается существенно дольше, чем целевое изображение.

Мы подтвердили нашу гипотезу «в целом», однако ряд нюансов в данных ей не соответствует. Если интерференция возникает только при прочтении слов, то легко опознаваемые слова должны всегда интерферировать сильнее, чем сложно опознаваемые. Однако как видно в таблице 6, это не так. Более того, сложно опознаваемые дистракторы должны интерферировать почти как контрольные стимулы, но по нашим данным все сложно опознаваемые дистракторы в среднем интерферируют сильнее, чем контрольные стимулы ($t(1, 31) = 2.1$, $p = .047$, 95% CI [0.3 мс, 35 мс]).

Таким образом, мы обнаружили, что само наличие дистрактора вызывает интерференционный эффект, даже если испытуемые не успевают его распознать. Этот эффект напоминает интерференцию с неосознанными дистракторами (эксперимент Ж. Цзяна (Jiang et al., 2015)), который также сложно интерпретировать исходя из нашей концепции интерференции. Зеркальные дистракторы больше похожи на визуальный шум, однако в этом случае остается неясным, почему он влияет на скорость решения задачи сильнее, чем контрольные стимулы. Этот эффект показывает, что наша концепция не может

³⁵ За исключением последнего дециля. Однако так как именно в этот дециль попадают самые медленные ответы, то в него попадает больше всего выбросов, и поэтому результаты сравнения десятого дециля надо принимать с осторожностью.

объяснить «фоновую» интерференцию. С другой стороны, характер распределения времени ответов в случае зеркальных и незеркальных дистракторов значительно различается, что указывает на возможное влияние двух разных механизмов.

Можно сделать вывод, что эффекты частотности и зеркальности дистракторов вызваны одним механизмом. Однако также было показано, что на все словестные дистракторы (в том числе и на зеркальные дистракторы) помимо фактора контроля задач влияет еще «фоновый» фактор. В экспериментах следующих двух блоков мы использовали другие методы незначительного усложнения дистракторов. В этих экспериментах дистракторами являлись слова или псевдослова, т.е. фактор «фоновой» интерференции действовал всегда.

3.3. Интерференционное влияние псевдослов и незнакомых слов³⁶

Согласно нашей гипотезе, величина интерференции увеличивается при незначительном усложнении дистракторов. В этом блоке рассмотрены эксперименты, в которых незначительное усложнение было определено как «замена частотных слов на псевдослова». В большинстве современных исследований псевдослова интерферируют сильнее существующих слов (эффект лексикализации дистракторов). Однако в работе Е. Дуги и Р.Д. Харцукера был обнаружен противоположный эффект (Dhooge, Hartsuiker, 2012). Е. Дуги и Р.Д. Харцукер использовали автоматизированный способ создания псевдослов, в то время как в других работах псевдослова создавались вручную из уже существующих слов (см. Стародубцев и др. 2019).

Таким образом, возможно следующее объяснение: псевдослова интерферируют сильнее, если они напоминают существующие слова. В этом блоке экспериментов в качестве псевдослов использовались редкие слова русского языка, которые воспринимались испытуемыми как псевдослова. Цель

³⁶ Описание дизайнов экспериментов в этом блоке может совпадать с описанием дизайнов экспериментов из этой из статей автора (Стародубцев и др., 2019).

эксперимента – подтвердить, что эффект лексикализации дистракторов связан именно с возросшей сложностью обработки псевдослов. Также мы воспроизвели эффект лексикализации дистракторов, если слова создавались более классическим образом (замена одной или двух букв в известных словах).

3.3.1. Отбор слов, которые воспринимаются как псевдослова

Выборка

Выборка исследования включала в себя 30 человек, набранных на факультете психологии СПбГУ: 7 мужчин и 23 женщины (от 18 до 33 лет, $M = 22.6$, $SD = 4.1$).

Стимулы

Из частотного словаря современного русского языка О. Н. Ляшевской и А. С. Шарова (Ляшевская, Шаров 2009) были отобраны 104 слова, которые, по нашему предположению, были незнакомы испытуемым. Длина слов варьировалась в промежутке от пяти до семи букв. Их лексическая частотность не превышала 3.2 ipm: $M = 0.82$, $SD = 0.63$.

Процедура

Каждому участнику выдавался бланк ответов с перечнем из 104 низкочастотных слов. Испытуемым сообщалось, что в исследовании измеряется объём их словарного запаса. Задача испытуемых состояла в том, чтобы отмечать «существующие слова среди искусственно созданных». В случае, если испытуемый знал значение слова, он должен был записать в бланк его краткое определение. Если испытуемый не мог вспомнить значение слова, но был уверен, что стимул является словом, он должен был отметить это в соответствующей графе бланка.

Анализ результатов и использование результатов в следующем эксперименте

Каждому из используемых слов начислялся индекс его узнаваемости. При наличии определения слову начислялось два балла. В случае, если испытуемый

узнавал слово, но не давал ему определения, начислялся один балл. Индекс узнаваемости рассчитывался для каждого из 104 слов. Для основного эксперимента было отобрано 42 слова, индекс узнаваемости которых не превышал 10 баллов ($M = 7.5$, $SD = 4.8$).

3.3.2. Интерференционное влияние незнакомых слов и псевдослов

Описываются два эксперимента, в одном из которых сравнивалось интерференционное влияние частотных слов и псевдослов, а в другом – частотных слов и незнакомых слов. Эксперименты отличались только количеством стимулов и способом отбора дистракторов.

Выборка

В исследовании приняли участие 40 человек в возрасте от 18 до 35 лет (10 мужчин, 30 женщин) с нормальным или скорректированным до нормального зрением, владеющие русским языком. Средний возраст выборки составил 24.2 года ($SD = 5.1$). Выборка была разделена на две группы, которые принимали участие в отдельных экспериментах.

Стимулы

В качестве целевых стимулов использовались фотографии предметов из базы изображений BOSS. В эксперименте 1 использовались 44 изображения (из них 8 — на тренировочном этапе). В эксперименте 2 — 36 изображений (из них 8 на тренировочном этапе). В эксперименте использовались изображения, для которых значения параметра «согласованность наименований» находятся в промежутке от 1 до 0.88 ($M = 95.29$, $SD = 4.25$ в эксперименте 1; $M = 95.9$, $SD = 4.05$ в эксперименте 2). Это означает, что данные стимулы получили идентичные названия не менее чем от 88% русскоязычных испытуемых. Остальные параметры используемых изображений были идентичны предыдущему эксперименту.

В качестве словесных дистракторов в эксперименте 1 использовалось 72 высокочастотных слов-существительных (их лексическая частотность

варьировалась от 414 до 20 imp; $M = 68.8$, $SD = 77.6$). Длина слов в эксперименте 1 составляла 5 или 6 букв. Для эксперимента 2 к каждому псевдослову (способ отбора которых описан в предыдущем параграфе) подбирались такие слова-существительные, чтобы частота их биграмм незначительно отличалась от псевдослов³⁷. Приоритет при этом отдавался высокочастотным словам. Их медианная частота равнялась 27.8 imp (от 617 до 6 imp; $M = 68$, $SD = 127$). Всего было отобрано 42 слова длиной от 5 до 7 букв.

Псевдослова для эксперимента 1 создавались посредством замены или удаления одной из букв высокочастотных слов русского языка (примеры таких псевдослов: «снепь», «мейзаж»). Лексическая частотность и длина исходных слов соответствовали используемым в эксперименте частотным словам. В эксперименте 1 было использовано 72 псевдослова. В эксперименте 2 псевдослова являлись низкочастотными словами русского языка ($M_{\text{imp}} = 0.88$, $SD_{\text{imp}} = 0.25$, в диапазоне от 0.4 до 2.8), предположительно неизвестные испытуемым. Их отбор осуществлялся в рамках подготовительного исследования (было отобрано 42 стимула). Низкочастотные слова, использовавшиеся в качестве псевдослов, имели ту же частотность биграмм и длину, что и словесные стимулы.

Процедура

Каждый эксперимент включал в себя три этапа: ознакомительный, тренировочный и экспериментальный.

Ознакомительный этап. Испытуемым последовательно предъявлялись целевые стимулы (44 изображения в эксперименте 1, 36 изображений в эксперименте 2). Изображения предъявлялись на сером фоне, их размер составлял 500 пикселей по вертикали и горизонтали. Задача испытуемых состояла в назывании изображений. Время ответов не ограничивалось: назвав предъявленный стимул, испытуемый мог перейти к следующему нажатием кнопки «ПРОБЕЛ». Ответ, данный испытуемым, впоследствии считался

³⁷ Незнакомые для испытуемых иногда содержали как будто бы редкое сочетание букв (например, «джезва»). Поэтому мы сочли нужным контролировать этот фактор.

правильным наименованием изображения (если участник эксперимента был уверен, что предъявленное изображение скрипки является изображением виолончели, то именно ответ “виолончель” считался правильным).

Тренировочный этап. Испытуемым последовательно предъявлялись 8 изображений. Поверх каждого изображения был наложен дистрактор — в половине случаев частотное слово, в другой половине — псевдослово. Временной промежуток между предъявлением двух стимулов составлял 3400 мс: 1000 мс — пустой экран, 400 мс — фиксационный крест, 300 мс — пустой экран, 1700 мс — пара рисунок-слово. Испытуемым требовалось как можно быстрее назвать целевые изображения, игнорируя наложенные поверх них дистракторы. Запись ответов не производилась.

Экспериментальный этап отличался от тренировочного тем, что в нём использовалось большее число стимулов и производилась запись ответов. В эксперименте 1 испытуемым предъявлялись 144 Струп-стимула, в эксперименте 2 — 84. В первом эксперименте каждое из 36 использовавшихся в экспериментах изображений (за вычетом восьми изображений, использовавшихся на тренировочном этапе) предъявлялось в ходе эксперимента 4 раза: два раза со словесными дистракторами и два раза с псевдословами. Во втором эксперименте каждое из двадцати восьми изображений повторялось 3 раза: в одной группе два раза — с частотными словами и один раз с псевдословами, в другой группе — 2 раза с псевдословами и один раз с частотными словами. Во всех экспериментах дистракторы в ходе эксперимента не повторялись. Стимулы предъявлялись в псевдослучайной последовательности. Для того, чтобы исключить многократного повторения стимулов одного типа, было создано три протокола предъявления для эксперимента 1 и два протокола для эксперимента 2. Так как эксперимент 1 содержал большое количество стимулов, между предъявлением половины из них испытуемым предлагался кратковременный перерыв.

По окончании второго эксперимента испытуемые проходили постэкспериментальное анкетирование. На дисплее компьютера предъявлялись

использовавшиеся в эксперименте низкочастотные слова. Задача испытуемого состояла в том, чтобы отметить «существующие слова среди искусственно созданных». Если низкочастотное слово отмечалось как реально существующее, ответ на соответствующий стимул исключался из статистического анализа.

Анализ данных

Аудиальные файлы анализировались с помощью программы Praat (Boersma, Weenink, 2013). Для каждого стимула оценивался латентный период, предшествующий началу артикуляции. Ответы расценивались как ошибочные в случае, если они не соответствовали принятым названиям предметов. Кроме того, из статистического анализа исключались ответы, данные после продолжительной вокализации (например, затягивания звука «Э») и пустые аудиозаписи. Часть ответов в эксперименте 3 была отсеяна по результатам постэкспериментального анкетирования. В общей сложности из статистического анализа исключены 9.2% ответов в эксперименте 1 и 10.5% ответов в эксперименте 2. Мы оценивали влияние фактора «лексикализация дистрактора» (словесные дистракторы либо псевдослова) на скорость называния целевых стимулов. Сравнение производилось при помощи t -критерия Стьюдента для зависимых выборок.

Результаты

Испытуемые называли изображения быстрее, если поверх них частотные слова по сравнению с условием предъявления псевдослов ($M_{\text{пс}}=957$ мс, $M_{\text{чс}}=930$ мс, 95% $CI_{\text{пс-чс}}$ [14 мс, 36 мс], $t(19) = 4.8$, $p < .001$) или незнакомых слов русского языка ($M_{\text{нс}}=911$ мс, $M_{\text{чс}}=890$ мс, 95% $CI_{\text{нс-чс}}$ [1 мс, 40 мс], $t(19) = 2.2$, $p = .022$).

Обсуждение

Мы показали, что незнакомые слова русского языка интерферируют сильнее высокочастотных слов. Это означает, что более долгий контроль псевдослов не связан со скоростью узнавания в псевдословах существующих слов.

Однако псевдослова содержат множество других характеристик, которые могут влиять на интерференционный эффект. Например, частотные слова могут

вызывать ассоциативную активацию других слов, а псевдослова не оказывают этого эффекта. Поэтому задача следующего блока экспериментов – проверить, что величина интерференции возрастает при использовании других способов незначительного усложнения дистракторов.

3.4. Интерференционное влияние слов с ошибками³⁸

Этот блок экспериментов также проводился для проверки гипотезы, согласно которой незначительное усложнение дистракторов повышает интерференцию. На этот феномен указывает эффект частотности и лексикализации дистракторов. Однако потенциально эти эффекты могут быть вызваны не только сложностью обработки слов. К примеру, семантические поля низкочастотных слов и псевдослов сильно отличаются от семантических полей высокочастотных слов. Для контроля этих факторов в качестве усложненных дистракторов использовались слова с орфографической ошибкой (сабака). Такие дистракторы больше похожи на контрольное условие (слово без ошибки). Помимо наличия в словах ошибки мы контролировали частотность слов и среднюю скорость нахождения ошибок.

3.4.1. Эксперимент 1. Интерференция слов с трудными и лёгкими ошибками

Выборка

Объём выборки составил 20 человек (17 женщин). Возраст испытуемых варьировался в диапазоне от 18 до 40 лет ($M = 25.5$, $SD = 7.0$). Все участники набирались на мероприятия «Неделя экспериментов».

Стимулы

Стимулы представляли из себя пару изображение-слово. Изображения отбирались из адаптированной нами базы BOSS. Было отобрано 47 изображений, параметр «согласованность наименований» которых был более 80%. Это

³⁸ Описание дизайнов этих экспериментов может совпадать с описанием дизайна из одной из статьи автора (Стародубцев, Мирошник, 2019).

означает, что более 80% испытуемых называли изображение одним и тем же словом. Каждое изображение предъявлялось на основном этапе эксперимента четыре раза.

В качестве дистракторов использовалось 94 слова, разделённых на два типа: 47 слов ($M_{ipm} = 111$, $SD_{ipm} = 96$), в которых была допущена «лёгкая» ошибка (т.е. слова с минимальным временем обнаружения ошибки; в среднем за 700 мс), и 47 слов ($M_{ipm} = 53$, $SD_{ipm} = 42$), в которых была допущена «трудная» ошибка (т.е. слова с максимальным временем обнаружения ошибки, в среднем за 1062 мс). Соответствующие слова были отобраны в ходе предварительного исследования, в рамках которого измерялось время называния 224 слов, написанных с ошибкой.

Дизайн

Было создано четыре последовательности предъявления стимулов, каждая из которых включала по 94 стимула (изображение + слово). По всех последовательностях стимулов изображения использовались по два раза, а порядок предъявления изображений был определён случайным образом. В первой (I) и во второй (II) последовательностях было 47 слов с ошибкой (по 23 с «лёгкой» и 24 «трудной» или наоборот) и 47 слов без ошибки. Отличие двух последовательностей состояло в следующем: слова, написанные с ошибкой в первой последовательности, во второй последовательности были предъявлены без ошибки, и наоборот. Порядок слов в каждой из двух последовательностей определялся случайным образом с учётом того, чтобы ни слова с ошибкой, ни слова без ошибки не предъявлялись последовательно более трёх раз подряд. Таким образом, при соединении последовательности изображений и слов было сформировано две последовательности по 94 стимула. Последовательности III и IV представляли собой тот же порядок пар «рисунок-слово», что и в последовательностях I и II соответственно, но каждое слово с ошибкой было заменено на слово без ошибки, а каждое слово без ошибки — на слово с ошибкой.

Испытуемые были разбиты на четыре группы по пять человек. Каждой группе предъявлялось по две из четырёх последовательностей в соответствии со

следующим правилом: первая группа (I и II), вторая группа (II и I) третья группа (III и IV) и четвёртая группа (IV и III).

Процедура

Эксперимент состоял из трёх этапов: ознакомительного, тренировочного и экспериментального. На ознакомительном этапе испытуемым последовательно предъявлялись целевые стимулы (44 изображения). Изображения предъявлялись на сером фоне. Размер изображений составлял 500×500 пикселей. Задача испытуемых состояла в назывании изображённых объектов. Назвав предъявленный стимул, испытуемый мог перейти к следующему нажатием кнопки «пробел». Время ответов не фиксировалось. Тот ответ, который испытуемый давал на каждое изображение, впоследствии считался правильным наименованием изображения (т.е. если участник был уверен, что предъявленное изображение гвоздя является изображением дюбеля, то ответ “дюбель” считался правильным).

На тренировочном этапе испытуемым предъявлялось восемь изображений. Поверх каждого изображения был наложен дистрактор: в половине случаев – слово с ошибкой, в другой половине – без ошибки. Временной промежуток между предъявлением двух стимулов составлял 3400 мс: пустой экран (1000 мс), фиксационный крест (400 мс), опять пустой экран (300 мс) и предъявление пары рисунок-слово (на 1700 мс). Испытуемым требовалось как можно быстрее назвать целевые изображения, игнорируя дистракторы. Как и на предыдущем этапе, запись ответов не производилась.

На экспериментальный этап последовательно предъявлялось 188 стимулов с паузой для отдыха после половины. Способ записи ответов и критерии отсева аналогичны другим экспериментам в этой методике (см. 3.4.1).

Результаты

При помощи двухфакторного дисперсионного анализа мы анализировали влияние факторов «наличие ошибки в слове» и «лёгкость обнаружения ошибки».

Не было обнаружено значимого влияния фактора наличия ошибки в слове ($F(1, 36) = .01, p = .89$). Также не было обнаружено значимого взаимодействия изучаемых факторов ($F(1, 36) = .01, p = .93$)³⁹. Среднее время ответов в зависимости от условий представлено на рисунке 10.

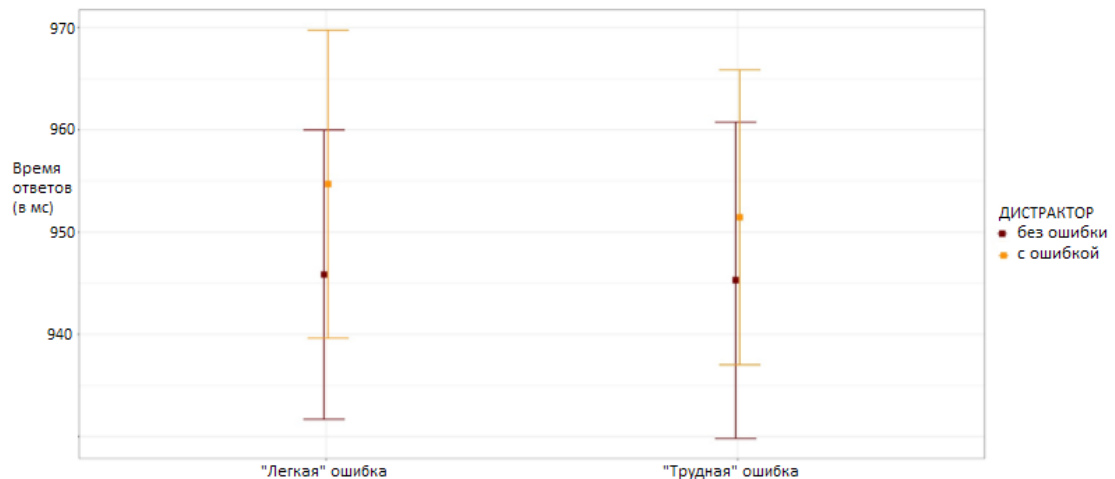


Рисунок 10. Среднее латентное время называния изображения в зависимости от наличия ошибки в слове и легкости ее обнаружения в случае наличия.

3.4.2. Эксперимент 2. Интерференция слов с ошибками средней частоты

Выборка

В исследовании приняло участие 13 женщин и 7 мужчин ($N = 20$). Возраст выборки был от 20 до 40 лет ($M = 27.3, SD = 6.3$). Участники набирались на мероприятии «Неделе экспериментов».

Стимулы

Для создания стимулов было выбрано 38 изображений из базы BOSS, отобранных по тому же критерию, что и в Эксперименте 1. В качестве дистракторов были выбраны существительные из 6 букв, частотность которых варьировалась от 1 до 709 ipm, что равняется диапазону от 0.09 до 6.80 ipm в

³⁹ Заметим, что значимых отличий не появляется даже в случае искусственного увеличения мощности теста – если не усреднять результаты по испытуемым ($F(1, 3491) = 1.0, p = .32$) и $F(1, 3491) = .10, p = .76$)

логарифмической шкале. Всю логарифмическую шкалу мы разделили на 76 равных части и брали по одному слову как можно ближе к началу каждой из частей. В эксперимент попадали только такие слова, в которых можно было сделать ошибку (аналогичные Эксперименту 1). Таким образом, мы равномерно задействовали слова из всего диапазона частотностей.

Дизайн, процедура и оборудование такие же, как и в эксперименте 1.

Результаты

Не было обнаружено значимой разницы во времени ответов при предъявлении слов с ошибкой или без ошибки: $M_{\text{ош}}=979$ мс, $M_{\text{бо}}=976$ мс, $t(1, 19) = .67$, $p = .51$, 95% CI [-8 мс; 16 мс] – при усреднении по испытуемым; $t(1, 75) = 0.4$, $p = .68$, 95% CI [-11 мс, 16 мс] – при усреднении относительно слов-дистракторов.

Логарифмическая частотность дистракторов не коррелирована значимо с размером «эффекта ошибки», $r(74) = .06$, $p = 0.63$, 95% CI [-0.16, 0.28]. Далее подсчитывалась корреляция между временем называния изображения при предъявлении поверх них слов с ошибкой и таких же слов без ошибки. Так как во времени ответов на дистракторы с ошибкой обнаружено высокое значение по куртозису (Kurtosis = 1.61), для анализа взаимосвязи использовался коэффициент корреляции Спирмена. В итоге между временем ответов на пробы с нормальными дистракторами и дистракторами с ошибкой не было обнаружено монотонной связи, $r(76) = -0.10$, $p = 0.39$, 95% CI [-0.32, 0.13].

3.4.3. Эксперимент 3. Интерференция низкочастотных и высокочастотных слов с ошибками

Выборка

В эксперименте приняло участие 20 человек (15 женщин) в возрасте от 18 до 35 лет ($M = 25.0$, $SD = 5.1$). Испытуемые набирались в рамках мероприятия «Неделя экспериментов».

Стимулы

В качестве дистракторов было выбрано 192 слова длиной от 5 до 8 букв (в равной пропорции). Половина слов относилась к низкочастотным (0.4–0.8 ipm; $M_{ipm} = 0.5$, $SD_{ipm} = 10.0$), тогда как другая половина относилась к высокочастотным словам (80.6–2723.0 ipm; $M_{ipm} = 233.0$, $SD_{ipm} = 390$, $Mdn_{ipm} = 114.7$). Также было отобрано 48 изображений из базы BOSS в соответствии с тем же критерием, что и в предыдущих экспериментах.

Дизайн, процедура и оборудование совпадают с теми, что были описаны для Экспериментов 2 и 3.

Результаты

Дисперсионный анализ с повторными измерениями показал значимое влияние факторов «частотность слов» ($F(1, 19) = 10.5$, $p = .004$) и «наличие ошибки в словах» ($F(1, 19) = 6.6$, $p = .019$), но не их взаимодействие ($F(1, 38) = 0.01$, $p = .92$). Средние значения для каждого из условий представлены на рисунке 11.

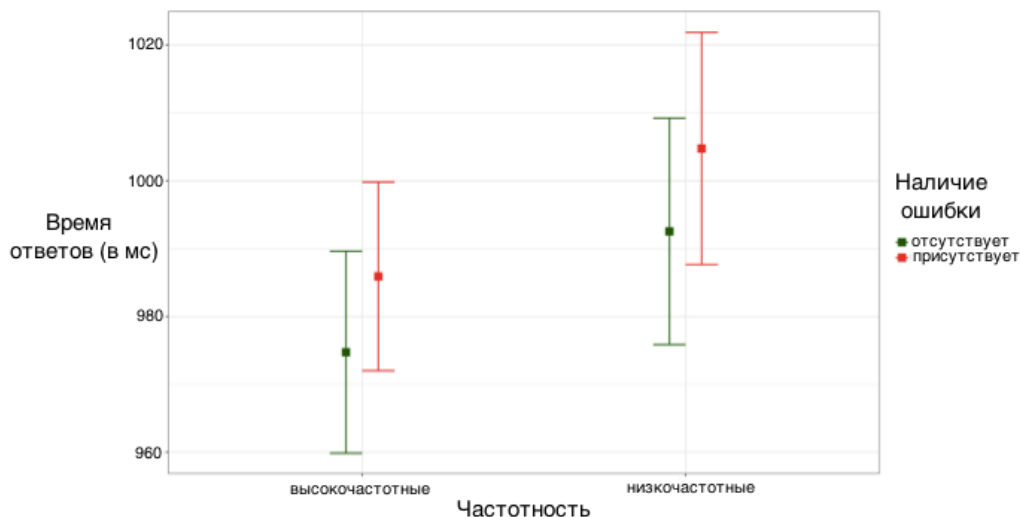


Рисунок 11. Среднее время называния изображений в зависимости от частотности дистракторов и наличия в них орфографических ошибок.

Так как средняя разница между временем называния изображений при предъявлении поверх них слов с ошибкой или без ошибки в среднем составляла

всего 11 мс, то мы считали эффект ошибки без учета фактора частотности, но с усреднением и по испытуемым, и по используемым дистракторам. При помощи t-критерия Стьюдента для зависимых выборок мы сравнили скорость называния изображений при предъявлении поверх них слов с ошибкой или без ошибки. По результатам анализа было обнаружено статистически значимое различие между интерференцией при предъявлении слов с ошибкой или без ошибки (см. таблицу 7).

Таблица 7. Результаты сравнения среднего времени ответов для дистракторов с ошибкой и без ошибки. Все средние значения и стандартные отклонения указаны в миллисекундах.

Условие усреднения	Слова без ошибки		Слова с ошибкой		t	p	95% CI	d-Коэна
	M	SD	M	SD				
По стимулам	982	42	992	43	2.4	0.02	[-18.5, -2.4]	0.24
По испытуемым	985	69	97	68	2.6	0.02	[-21.7, -2.1]	0.17

Обсуждение эксперимента 3

Как мы и предполагали, слова с ошибкой интерферировали сильнее, чем слова без ошибки. Мы считаем, что это вызвано более долгим контролем выполнения задачи игнорирования. После обработки слова психика как бы корректирует ошибку и это занимает дополнительное время. Единственное ограничение этой интерпретации заключается в том, что обсуждаемый эффект не был обнаружен при использовании слов средней частоты (первые два эксперимента). Возможно, добавление ошибок в высокочастотные и низкочастотные слова сильнее изменяет их сложность. Частотные слова сами по себе являются легкими, и добавление в них ошибки «создает контраст». С другой стороны, низкочастотные слова настолько сложны, что добавление в них ошибки делает их вообще неузнаваемыми (например, «геббон», «коное»).

Нетипичный результат при использовании слов средней частоты также был обнаружен в работе Монсела и коллег (Monsell et al., 2001). В первом эксперименте, описанном в статье авторов, слова средней частоты интерферировали сильнее и высокочастотных слов, и низкочастотных слов. Любопытно, что в дальнейших экспериментах авторы уже не использовали слова средней частоты. Таким образом, мы констатируем, что при использовании слов средней частоты наша гипотеза не подтверждается. Однако аномалии при использовании слов средней частоты не объяснены и в других подходах. Поэтому на данный момент мы более склонны относить эффекты интерференции слов средних частоты к методическим недостаткам использования слов средней частоты.

3.5. Влияние сложности обработки цели на величину интерференции

Согласно нашей гипотезе при увеличении сложности основной задачи будет возрастать количество проб, в которых у испытуемых «не будет хватать времени» для контроля дистрактора и поэтому интерференция снизится. Использовались два способа сделать обработку цели более сложной – не ознакомливать испытуемых с целевыми изображениями до эксперимента и предъявлять только часть контура изображений.

3.5.1. Влияние новизны целей на величину интерференции⁴⁰

Выборка

В эксперименте приняло участие 20 человек (7 мужчин) в возрасте от 18 до 35 лет ($M = 22.9$, $SD = 4.8$) – студенты и сотрудники факультета психологии СПбГУ.

Стимулы

Стимулы состояли из пар изображение-слово или изображение-кресты.

⁴⁰ Описание результатов части этого исследования и следующего пункта (3.5.2.) представлено в статье в статье (Сопов, Стародубцев, Мирошник, 2019).

Использовалось 72 изображения (64 на основном этапе, 8 – на тренировочном), критерии отбора которых идентичны эксперименту 3.2.1. (значения параметра «согласованность наименований» – $M = 95.1$, $SD = 3.9$). В качестве дистракторов использовалось 68 существительных (64 – на основном этапе) из словаря под редакцией О. Н. Ляшевской и С. А. Шарова. Частотность слов варьировалась в промежутке от 450 до 20 ipm ($M = 69.6$, $SD = 72.2$), длина составляла пять или шесть букв. Также в качестве дистракторов использовались контрольные стимулы – знаки XXXXX и XXXXXX.

Задача

Идентична задаче в эксперименте 3.2.1.

Дизайн

Из 72 изображений 8 использовалось только на тренировочном этапе, из 68 слов на тренировочном этапе использовалось 4. Оставшиеся 64 изображения случайным образом были разделены на 4 равные группы (I, II, III, IV). В первой части эксперимента по два раза использовались изображения из I и II групп, во второй части – из групп III и IV. Обе последовательности предъявления изображений были перемешаны в случайном порядке с учетом того, чтобы изображения из одной группы не повторялись более трех раз подряд. Затем случайным образом была сформирована последовательность из 64 слов и 64 контрольных стимулов (XXXXX или XXXXXX), но не допускалось повторения слов или контрольных стимулов более трех раз подряд. Затем последовательности из изображений «накладывались» на последовательность из слов и крестиков с учетом того, чтобы каждому изображению один раз соответствовало слово, а другой раз – крестики (в половине изображений в качестве дистрактора первым предъявлялась последовательность крестов, в половине – слова). Итого получилось 2 последовательности из изображений и наложенных поверх них дистракторов. Перед первой частью эксперимента испытуемые ознакамливались с изображениями из группы I или II, перед второй частью – из группы III или IV.

Процедура

Было три этапа, повторенных два раза с разными стимулами: ознакомительный, тренировочный и основной. Процедура эксперимента не отличалась от ранее описанных экспериментов за исключением того, что а) испытуемые проходили ознакомление только с половиной от используемых изображений и б) каждый из этапов повторялся два раза, но с разными стимулами (ознакомление – тренировка – основной этап – ознакомления – тренировка – основной этап).

Гипотеза

Будет наблюдаться значимое взаимодействие факторов новизны изображений и типа дистракторов: интерференция будет больше в случае предъявлении знакомых⁴¹ изображений.

Анализ данных

Анализ голосовых ответов производился аналогично описанному эксперименту в пункте 3.2.1. Предполагалось использовать двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями (факторы «новизна изображений» и «тип дистрактора»).

Результаты

Было обнаружено только значимое влияние фактора «тип дистрактора» ($F(1, 19) = 34.3, p < .001$) –испытуемые отвечали значимо медленнее при предъявлении в качестве дистрактора слова, чем в случае предъявления контрольных стимулов и в случае знакомых изображений ($t(1,19) = 15, p < .00195\% \text{ CI [112 мс, 148 мс]}$) и в случае незнакомых изображений ($t(1,19) = 35, p < .001, 95\% \text{ CI [76 мс, 86 мс]}$). Тем не менее взаимодействие факторов «новизна изображений» и «тип дистракторов» оказалось незначимым: $F(1, 19) = 3.4, p = .069$.

⁴¹ Более точно вместо «знакомые изображения» говорить «изображения, которые предъявлялись на этапе ознакомления» или «ознакомленные изображения». Однако для простоты далее будет употребляться именно сочетание «знакомые изображения».

Однако в результате post-hoc анализа данных мы обнаружили значимое влияние фактора «повторение изображений» (использовалось ли изображение в первый или во второй раз в эксперименте). Повторение одинакового изображения изменяло эффекты «новизна изображений» и «тип дистракторов». В частности, трехфакторный дисперсионный анализ показал значимое взаимодействие фактора «тип дистрактора» и «повторение изображений», «новизна изображений» и «повторение изображений»: $F(1, 19) = 4.3, p = .039$; $F(1, 19) = 8.7, p < .003$. Несмотря на отсутствие значимого взаимодействия между факторами тремя факторами «тип дистрактора», «знакомость изображений», и «повторение изображений»⁴² ($F(1, 19) = 2.3, p = .13$), это взаимодействие заметно по среднему времени ответов в этих пробах – см таблицу 8.

Таблица 8. Среднее время ответов в зависимости от условий: тип дистрактора, знакомость изображений и первое/второе предъявление изображения (R обозначет разницу между двумя условиями).

Дистракторы	Первое предъявление изображений			Второе предъявление изображений		
	Ознаком.	Незнаком.	R	Ознаком.	Незнаком.	R
Слова	959 мс	992 мс	-33	960 мс	953 мс	-7
Кресты	836 мс	960 мс	124	822 мс	824 мс	2
Разница	123 мс	32 мс	157	148 мс	129 мс	9

Как видно из таблицы, эффект ознакомления значительно снижается после повторения изображений. Так как данный факт имеет понятную интерпретацию (после первого предъявления незнакомое изображение переходит в категорию «знакомых») мы приняли решение пересмотреть наши данные, анализируя при

⁴² Что, по-видимому, вызвано недостаточной мощностью теста для проведения трехфакторного дисперсионного анализа. Во всяком случае, такие отличия появляются, если не усреднять ответы по испытуемым ($F(1, 2239) = 5.6, p < 0.05$).

помощи двухфакторного анализа только те ответы, которые соответствуют первому предъявлению изображения.

При анализе только первого предъявления изображений дисперсионный анализ в повторными измерения показал значимое влияние факторов «тип дистрактора» ($F(1, 19) = 17.5, p < .001$) и «знакомость изображений» ($F(1, 19) = 15.7, p < .001$). Мы также обнаружили значимое взаимодействие между этими факторами: $F(1, 19) = 5.6, p = .02$. Среднее время ответов в каждом из анализируемых условий представлено на рисунке 12. Несмотря на получение этих данных только в результате повторного анализа, мы склонны им доверять, так как в данном случае влияние фактора повторения изображений имеет понятную содержательную интерпретацию и уровень значимости эффекта позволяет сделать поправку на повторное сравнение $p = .02 * 2 = 0.04 < .05$.

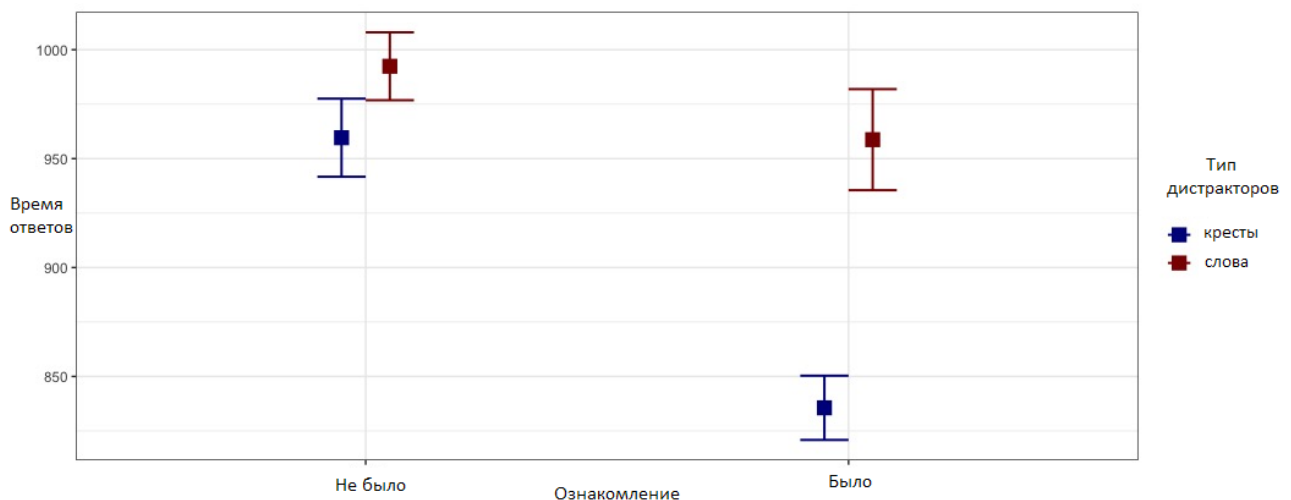


Рисунок 12. Среднее время ответов в зависимости от ознакомления с изображениями и типом дистракторов.

3.5.2. Влияние графической деформации целей на величину интерференции

Выборка

В эксперименте приняло участие 20 человек (5 мужчин) в возрасте от 18 до 35 лет ($M = 25, SD = 4.4$) – студенты и сотрудники факультета психологии СПбГУ.

Стимулы

Аналогично эксперименту 3.5.1..

Задача

Аналогично эксперименту 3.5.1..

Дизайн

Из 64 изображений для основного этапа, было сформировано две группы изображений по 32 в каждой. Каждое из 64 изображений использовалось в эксперименте два раза – первый раз в первом блоке (1-64 стимул), второй раз – во втором блоке (65-128 стимул). Случайным образом было сформировано две последовательности из изображений с учетом того, чтобы изображения из двух групп не повторялись более трех раз подряд. Затем случайным образом были сформированы две последовательности из дистракторов-слов (64 штуки) и нейтральных дистракторов (32 XXXXX и 32 XXXXX) с учетом того, чтобы слова или последовательность крестов не повторялась более трех раз подряд. Затем было совершенно «наложение» двух последовательностей, в результате чего образовалась две последовательности пар изображение-дистрактор. Впоследствии в первой части эксперимента были графически деформированы изображения одной из групп (первой или второй). При этом если графическая деформация происходила в первом блоке эксперимента (1-64 стимул), то во втором блоке это изображение не деформировалось. Деформация осуществлялась при помощи удаления из изображении 60% контура (пример см. на рисунке 13). Таким образом было две последовательности стимулов и два способа деформации (сначала деформация первой группы изображений или второй) – итого четыре последовательности стимулов.



Рисунок 13. Пример деформированного изображения ботинка – без 60% контура.

Процедура

Аналогично эксперименту 3.2.1..

Гипотеза

Разница между скоростью ответов при предъявлении слов и крестов снизится в случае предъявления деформированных дистракторов.

Анализ данных

Отбор стимулов аналогичен эксперименту 3.2.1. Для проверки гипотезы использовался дисперсионный анализ с повторными измерениями с факторами: «тип дистрактора» и «деформация изображений».

Результаты

Обнаружено значимое взаимодействие факторов «деформация изображений» и «тип дистрактора» ($F(1, 19) = 4.1, p = .045$), значимо также влияние факторов «тип стимулов» ($F(1, 19) = 12, p = .006$) и «деформация» ($F(1, 19) = 49.6, p < .001$). Средние значения времени ответов представлены на рисунке 14.

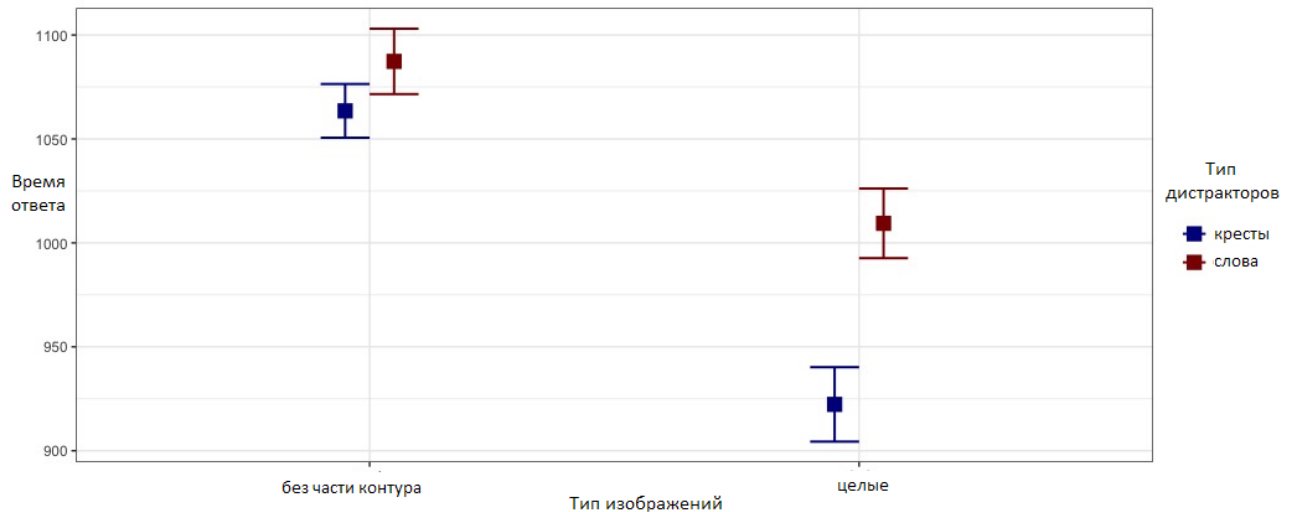


Рисунок 14. Среднее время называния изображения в зависимости от деформации изображений и от типа изображений.

Обсуждение

Эффекты сложности целей непросто объяснить исходя из классического взгляда на интерференционные феномены. В самом деле, усложнение целевой задачи как будто бы должно увеличивать шансы на «победу» дистрактора при конкуренции по скорости обработки, величины активации соответствующего образа или «скорости накопления соответствующих свидетельств» (Kinoshita et al., 2017). Тем не менее известные нам эксперименты скорее говорили о том, что сложность обработки цели должна снижать интерференцию, но соответствующие эксперименты можно было критиковать в методических аспектах. Нам удалось показать, что при разных способах усложнения цели и при сохранении тех же характеристик дистрактора величина интерференции значимо снижается. Результаты этого блока соответствует нашей схеме появления интерференции, согласно которой конфликт возникает именно из-за контроля над невыполнением задачи игнорирования. В этом случае при усложнении основной задачи будет возрастать количество проб, в которых у испытуемых «не будет хватать времени» на контроль дистрактора и интерференция снизится.

3.6. Влияние сходства дистрактора и цели на величину интерференции

3.6.1. Семантическое сходства дистрактора и цели (тест «Парадоксальное название»)⁴³

Выборка

В исследовании приняло участие 24⁴⁴ человека в возрасте от 18 до 40 лет – $M = 24.4$, $SD = 5.8$ (7 мужчин и 17 женщин). Испытуемые участвовали в эксперименте в рамках мероприятия «Неделя экспериментов».

Стимулы

Нейтральные стимулы: знаки «XXXXXX», окрашенные в синий, зеленый, красный или желтый цвета. Конгруэнтные стимулы: слова «красный», «синий», «желтый» и «зеленый», напечатанные цветом, совпадающим с их значением. Неконгруэнтные стимулы: слова, цвет которых не совпадает с их значением. Алфавит цветов и значений неконгруэнтных стимулов совпадал с алфавитом конгруэнтных стимулов. Всего было 12 вариантов «правил перевода» одного набора из цветов в другие и каждый испытуемый получал один из них.

Процедура

Перед экспериментом при помощи метода латинского квадрата каждому испытуемому назначалось правило произнесения цветов слов. Два цвета испытуемые должны были произносить привычным образом, а два других — непривычным (например, вместо «зеленый» говорить «синий», а вместо «красный» — «желтый»).

Два начальных этапа предназначались для тренировки непривычного названия. На первом этапе испытуемые произносили цвета 60 нейтральных стимулов (4 варианта цветов). На втором тренировочном этапе было 36 стимулов,

⁴³ Описание дизайна данного эксперимента может совпадать с описанием дизайна экспериментов из одной из статьи автора (Стародубцев, Аллахвердов, 2019).

⁴⁴ Размер выборки продиктован контрбалансировкой различных условий: количество испытуемых должно было быть кратным 12.

которые уже могли быть нейтральными, неконгруэнтными или конгруэнтными.

На первых двух этапах для запуска следующей пробы испытуемые должны были нажать пробел, экспериментатор сидел рядом и при необходимости напоминал правила ответов или обращал внимание испытуемых на их ошибки. На третьем этапе испытуемые уже должны были выполнять задачу самостоятельно: на 1000 мс предъявлялся пустой экран, затем на 300 мс фиксационный крест, затем на 400 мс пустой экран, и наконец на 1700 мс – Струп-стимул. Всего было 144 стимула: по 48 конгруэнтных, нейтральных и неконгруэнтных стимулов. Порядок предъявления стимулов был случайным, но не допускалось повторения цвета, значения, или фактора конгруэнтности более 3 раз подряд, фактора непривычного названия – более 5 раз подряд. Стимулы предъявлялись на дисплее стационарного компьютера (разрешение экрана – 1920 на 1080) с шумоподавляющим микрофоном. Предъявление стимулов и запись ответов осуществлялись при помощи программы PsychoPy2. Временной промежуток между появлением стимула и началом ответа, а также правильность вокализации считались вручную в программе Praat.

Результаты

В случае полного или частичного названия неверного ответа или наличия посторонних вокализаций («м-м-м», «э-э-э» и т. д.) ответ считался ошибочным. Все ошибочные ответы были удалены из анализа: 3.5 % для конгруэнтных стимулов, 8 % для неконгруэнтных и 3.1 % для нейтральных в случае названия тех же цветов и 1.9 %, 6.4 % и 2.8 % для тех же параметров в случае названия других цветов. Впоследствии анализировалось лишь среднее время ответов.

Влияние факторов «тип стимулов» (конгруэнтные, нейтральные и неконгруэнтные) и «тип цветов» (привычные названия, непривычные названия) оказалось статистически значимым: $F(2, 46) = 69, \eta^2_p = .65, p < .001$ и $F(1, 23) = 46, \eta^2_p = .70, p < 0.001$. Взаимодействие факторов статистически незначимо ($F(2, 46) = 1.25; \eta^2_p = .05, p = .29$). Среднее время ответов см. на рисунке 15.

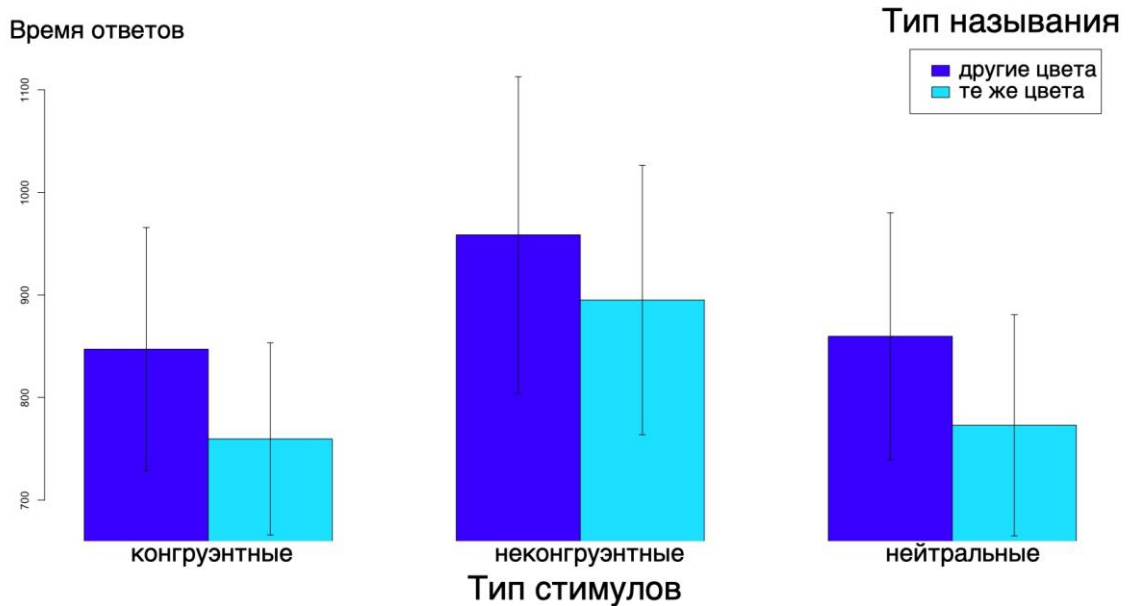


Рисунок 15. Среднее время ответов на стимулы в зависимости от факторов «тип стимула» и «тип цветов».

Post hoc анализ фактора «тип стимулов» с поправками Бонферрони выявил более медленную реакцию на неконгруэнтные стимулы ($M = 927$ мс; $SD = 27$) по сравнению со скоростью ответов на нейтральные стимулы ($M = 816$ мс; $SD = 23$) и конгруэнтные стимулы ($M = 803$ мс, $SD = 22$). Оба отличия статистически значимы ($MD^{45} = 123$, $SE = 13$, $p < .001$ и $MD = 110$, $SE = 17$, $p < .001$).

Post hoc анализ фактора «тип цветов» с поправкой Бонферрони выявил более медленную скорость ответов на стимулы, которые надо было обозначать другим цветом ($M = 888$ мс, $SD = 25$), по сравнению со стимулами с привычным способом называния цветов ($M = 809$ мс, $SD = 21$). Обнаруженный эффект статистически значим ($MD = 79$ мс, $SE = 12$, $p < .01$). Все средние значения представлены на рисунке 24.

В предыдущем анализе не учитывались стимулы, которые были неконгруэнтными, но были конгруэнтны на уровне ответов (например, слово «красный» в желтом цвете при инструкции называть желтые объекты словом «красный»). В нашем эксперименте мы использовали равную пропорцию стимулов каждого типа, каждого цвета и значения, так как иначе мы бы

⁴⁵ MD – средние отличия (Mean Difference), SE – стандартная ошибка (Standard Error).

столкнулись с влиянием факторов ассоциативного научения или ожидания. Поэтому у каждого испытуемого было не так много «моторно конгруэнтных» стимулов (всего 8). Тем не менее мы повторно использовали часть наших данных для анализа времени ответов именно на «моторно конгруэнтные» стимулы. Скорость ответов на «моторно конгруэнтные» стимулы сравнивалась с временем ответов на конгруэнтные стимулы (непривычные названия) и остальные неконгруэнтные стимулы (непривычные названия, но не моторно конгруэнтные). Время ответов на «моторно конгруэнтные» стимулы в среднем меньше времени ответов на другие неконгруэнтные стимулы ($M = 908$ мс, $SD = 44$ против $M = 958$ мс, $SD = 32$), но больше времени ответов на конгруэнтные стимулы ($M = 908$ мс, $SD = 44$ против $M = 848$ мс, $SD = 24$). Оба отличия статистически значимы: $t(1, 23) = -2.3$, $p = .032$ и $t(1, 23) = 2.1$, $p = 0.046$). В обоих случаях обнаружена средняя величина эффекта: d -Козна = .43 и d -Козна = .46 соответственно. Этот результат любопытен и требуют независимой проверки, так как мы использовали один набор данных для двух разных видов статистического анализа.

3.6.2. Моторное сходство дистрактора и цели⁴⁶

Выборка

В эксперименте приняло участие 20 испытуемых (13 женщин, 7 мужчин в возрасте от 18 до 28 лет: $M = 21$, $SD = 2.4$) – студенты и работники психологического и филологического факультетов СПбГУ. Все участники эксперимента были правшами.

Стимулы

Стимулами первой задачи были буквы А или L. Для второй задачи использовались Струп-стимулы. Неконгруэнтные и конгруэнтные стимулы были аналогичны эксперименту 1. В качестве нейтральных стимулов использовались слова «красный», «зеленый», «желтый» и «синий» в белом цвете. Всего было 96

⁴⁶ Описание дизайна описанного эксперимента может совпадать с описанием дизайна, описанного в статье автора (Аллахвердов, Стародубцев, 2016).

неконгруэнтных, 96 нейтральных и 96 конгруэнтных стимулов. В неконгруэнтных и конгруэнтных стимулах каждый цвет и каждое значение предъявлялись равное число раз, в нейтральных стимулах каждое значение предъявлялось равное число раз. Стимулы предъявлялись в центре экрана на сером фоне.

Процедура

Каждая проба состояла из буквы А или L и Струп-стимула. Сначала предъявлялась буква А или L. В ответ на предъявление буквы А испытуемые должны были нажать указательным пальцем правой руки клавишу «А», при предъявлении буквы L – клавишу «L». Использовалась классическая версия клавиатуры (рисунок 17). После ответа испытуемые удерживали указательный палец поверх этой кнопки в течении 700 мс. В это время предъявлялся фиксационный крест, после которого предъявлялся Струп-стимул. После предъявления Струп-стимула испытуемые должны были как можно быстрее нажать указательным пальцем правой руки на кнопку, цвет которой совпадал со значением слова. Цветные метки на клавиатуре были нанесены таким образом, что две из них располагались рядом с указательным пальцем, две другие – далеко (см. рисунок 17-19).

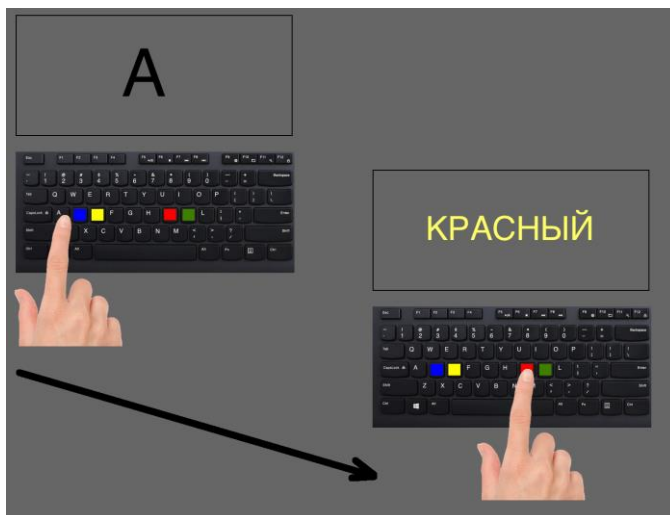


Рисунок 17. Процедура эксперимента 2.

Анализ данных

Для каждого испытуемого отдельно подсчитывались ответы на нейтральные,

конгруэнтные и неконгруэнтные стимулы. Для конгруэнтных и нейтральных стимулов мы сравнивали время ответов на стимулы в зависимости от близости пальца к кнопке ответа (рисунок 18). Сравнение проводилось при помощи теста Стьюдента для зависимых выборок.



Рисунок 18. Экспериментальные условия эксперимента для конгруэнтных стимулов. Условие «кнопка ответа близко» (справа) и «кнопка ответа далеко» (слева).

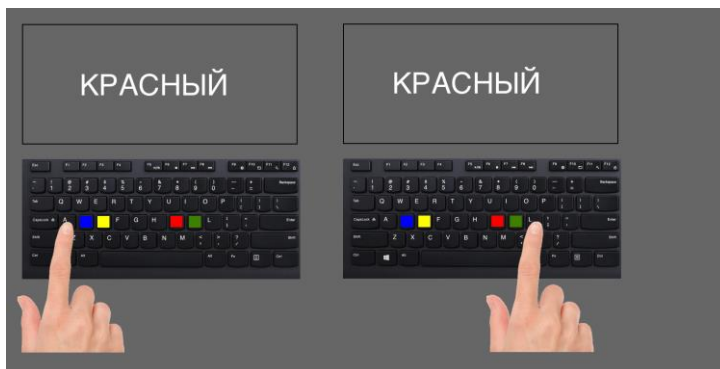


Рисунок 19. Экспериментальные условия эксперимента для нейтральных стимулов. Условие «кнопка ответа близко» (правый рисунок) и «кнопка ответа далеко» (левый рисунок).

При анализе времени ответов на неконгруэнтные стимулы использовался дисперсионный анализ с повторными измерениями (факторы: «близость расположения кнопки цели» и «близость расположения кнопки дистрактора»). Для post-hoc анализа использовался тест Стьюдента с поправкой Бонфферони. Все экспериментальные условия для неконгруэнтных стимулов представлены на рисунке 20.

		Положение дистрактора	
		Близко к пальцем ответа	Далеко от пальца ответа
Положение цели	Близко к пальцу ответа		
	Далеко от пальца ответа		

Рисунок 20. Экспериментальные условия эксперимента для неконгруэнтных стимулов.

Результаты

Ответы на конгруэнтные стимулы

Было обнаружено, что время ответов на конгруэнтные стимулы больше, если кнопка ответа находится далеко от пальца ($M_{\text{дал}} = 971$ мс, $M_{\text{близ}} = 924$ мс, $t(1, 19) = 5.4$, $p < .001$, 95% CI [29 мс, 65 мс]). Также было обнаружено меньшее количество правильных ответов, если кнопка расположена далеко от пальца, которым нужно было нажимать на кнопки ($M_{\text{дал}} = 94.6\%$, $M_{\text{близ}} = 96.4\%$, $t(1, 19) = -2.6$, $p = .015$, 95% CI [-3.3%, -0.4%]).

Ответы на нейтральные стимулы

Время ответов на нейтральные стимулы больше, если кнопка ответов располагалась далеко от пальца ($M_{\text{дал}} = 1004$ мс, $M_{\text{близ}} = 940$ мс, $t(1, 19) = 4.9$, $p < .001$, 95% CI [37 мс, 91 мс]). Также было обнаружено меньшее количество правильных ответов, когда кнопка ответа располагалась далеко от пальца, которым

надо было нажимать на кнопки ($M_{\text{дал}} = 93.5\%$, $M_{\text{близ}} = 95.4\%$, $t(1, 19) = 2.1$, $p = .045$, 95% CI[0.1%, 3.9%]).

Ответы на неконгруэнтные стимулы

Количество ошибок

Дисперсионный анализ с повторными измерениями не выявил ни значимого влияния факторов «близость расположения кнопки цели» ($F(1, 19) = 1.05$, $p = .32$), ни значимого влияния фактора «близость расположения кнопки дистрактора» ($F(1, 19) = 4.02$, $p = .32$), ни их взаимодействия ($F(1, 19) = 1.16$, $p = .29$). Среднее количество ошибок в каждом из условий представлено на рисунке 21.

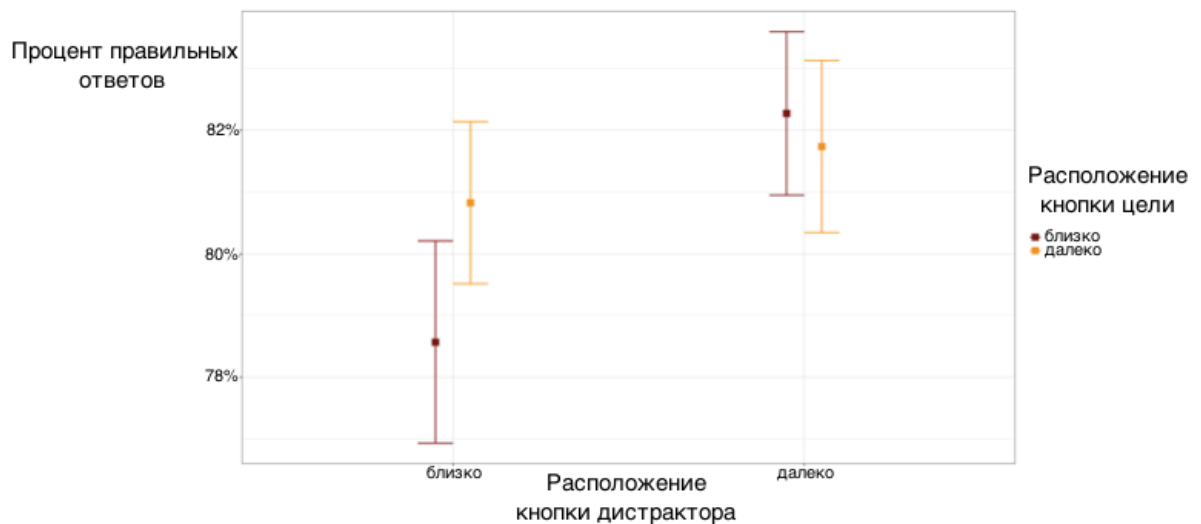


Рисунок 21. Средний процент правильных ответов в зависимости от дальности кнопок дистрактора и цели к пальцу, которым испытуемые нажимали на кнопки.

Время ответов

Было обнаружено значимое взаимодействие факторов «близость расположения кнопки цели» и «близость расположения кнопки дистрактора» ($F(1, 83) = 24.8$, $p < .001$). Среднее время ответов в каждом из условий представлено на рисунке 22. В отличие от анализа нейтральных и конгруэнтных стимулов, не было обнаружено значимого влияния фактора «близость

расположения цели» ($F(1, 19) = 3, p = .098$), влияние фактора «близость расположения дистрактора» также оказалось незначимым ($p = .61$).

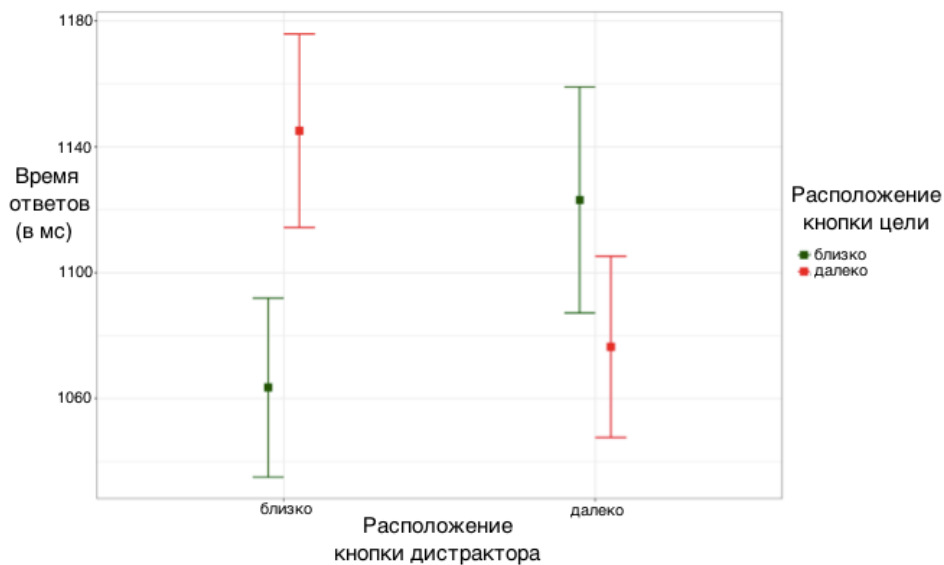


Рисунок 22. Среднее время ответов в зависимости от дальности кнопок дистрактора и цели к пальцу, которым испытуемые нажимали на кнопки.

Post hoc анализ подтвердил, что в условии «цель близко» время ответов больше, если дистрактор расположен далеко, по сравнению с условием, когда дистрактор расположен близко ($t(1, 19) = 3.38, p = .0029*2 = .0058, 95\% \text{ CI } [23 \text{ мс}, 96 \text{ мс}]$). В условии «цель далеко» было обнаружено, что время ответов больше, если дистрактор расположен близко, по сравнению с условием «дистрактор далеко» ($t(1, 19) = 5.1, p < 001, 95\% \text{ CI}[41 \text{ мс}, 97 \text{ мс}]$).

Обсуждение

В двух экспериментах мы показали, что при увеличении сходства дистрактора и цели интерференционный эффект снижается. В первом эксперименте была увеличено семантическое сходство дистракторов и целей, во втором эксперименте увеличено сходство ответов, соответствующих дистрактору и цели. В обоих экспериментах сходство дистрактора и цели снижало интерференционный эффект. Наши результаты согласуются с другими феноменами, в которых сходство дистракторов и целей изменялась другими методами (см. пункт на с.78).

В эксперименте «парадоксальное название» было показано, что конгруэнтность цвета и значения приводит к снижению интерференции, даже если значение слова не совпадает с правильным ответом эксперимента. Этот результат ставит под сомнение то, что автоматическое прочтение слова приводит к интерференции. Напротив, уже на ранних стадиях обработки информации происходит анализ значения слова и его цвета на предмет того, насколько они совпадают друг с другом. Возможна альтернативная гипотеза, что конфликт в тесте Струпа происходит на уровне сравнения образов, однако результаты последнего эксперимента два ставят под сомнение эту интерпретацию.

Влияние сходства дистрактора и цели сложно объяснить исходя из идей о параллельной обработке цели и дистрактора и подавлении последнего. В случае параллельной обработки дистрактора и цели их связь между собой не должна влиять на величину интерференции. Также полученный нами результат не согласуется с концепциями, предполагающими прямую активацию дистрактора. В самом деле, в этом случае в эксперименте «семантически конгруэнтные» стимулы вызывали бы интерференцию.

3.7. Общее обсуждение результатов экспериментов

В серии экспериментов мы проверяли следствия из нашего объяснения интерференции. В первом блоке мы исследовали влияние контекста предъявления стимулов на величину интерференции. Предполагалось, что интерференция возрастает когда контекст «подсказывает» испытуемым о возможности сделать интерференционную ошибку. Действительно, значимый эффект интерференции обнаружен только когда конфликтные и не конфликтные стимулы предъявлялись в разных блоках (условие 2) но не тогда, когда оба типа стимулов предъявлялись в одном блоке в случайном порядке (условие 1). Однако даже при предъявлении конфликтных и неконфликтных стимулов в случайном порядке разница между временем ответов на них появлялась, когда создавались условия для быстрого обнаружения конфликтности стимулов (предъявляли возможные ответы на стимулы до появления самих стимулов – условие 2). Более того, мы показали

снижение величины интерференции, когда блок из конфликтных стимулов предъявлен после блока из неконфликтных стимулов, а блок из неконфликтных стимулов – после блока из конфликтных стимулов (условие 4). Результаты первой серии экспериментов сложно объяснить моделями интерференции, в которых когнитивный контроль способствует преодолению интерференции. В этом случае мы бы наблюдали обратный результат: интерференция снижалась бы, когда ~~ожидается~~ конфликтный стимул.

В втором-четвертом блоках экспериментов мы исследовали, как на величину интерференции влияет сложность обработки дистракторов. Было выявлено, что псевдослова и незнакомые для испытуемых слова интерферируют сильнее, чем частотные слова. Более того, низкочастотные и высокочастотные слова с ошибкой интерферируют сильнее, чем такие же слова без ошибки. Однако этой закономерности не было обнаружено при использовании слов средней частоты. Тем не менее мы относим этот результат к слишком большому «шуму» при использовании слов средней частоты. Таким образом, усложнении дистракторов приводит к увеличению величины интерференции. Полученный результат соответствует моделям интерференции, которые предполагают последовательную обработку дистрактора и цели.

Тем не менее во втором блоке экспериментов мы показали, что более сложные дистракторы интерферируют слабее, если их обработка уже достаточно сложная. Мы объясняем эти данные так: если обработка дистрактора и так сложная, то его дальнейшее усложнение приведет к тому, что не будет активирована неосознанная стратегия контроля и поэтому уменьшится время ответов при предъявлении таких дистракторов. Однако был обнаружен факт, который не объясняется в нашей модели: даже при предъявлении в качестве дистракторов низкочастотных перевернутых слов, величина интерференции все равно больше по сравнению с условием, когда в качестве дистракторов предъявлялись кресты (XXXXXX). Причем интерференция со стороны слишком сложных дистракторов равномерно увеличивает время ответов на все пробы, в

отличии от «классической» интерференции, которая особенно ярко проявляет себя в части проб.

В пятом блоке экспериментов мы исследовали, как сложность обработки цели влияет на величину интерференции. Несмотря на то, что подобные данные существовали и ранее, они допускали альтернативные по отношению к нашей модели интерпретации. В первом эксперименте в качестве более сложных целей использовались изображения, с которыми перед экспериментом испытуемых не знакомили. Результат: незнакомые цели интерферируют слабее, чем знакомые цели. Во втором эксперименте в части изображений было удалено 60% контура. Мы выяснили, что при предъявлении таких изображений величина интерференции значительно снижается. Таким образом, при увеличении сложности целевого задания величина интерференции снижается. Эти результаты противечат концепциям, в которых интерференцию объявляли следствием недостатка ресурсов для обработки цели.

В шестом блоке экспериментов изучалось, как сходство дистрактора и цели влияет на величину интерференции. В первом эксперименте мы изучали влияние семантической связи дистрактора и цели. Во втором эксперименте предъявленные стимулы отличались разной степенью близостью ответов, соответствующих дистрактору и цели. В обоих случаях было показано, что скорость ответов снижается при увеличении близости дистрактора и цели. Эти результаты сложно объяснить из концепций, которые предполагают семантическую или моторную конкуренцию между дистрактором и целью в качестве основной причины интерференции.

В целом, большинство экспериментов соответствуют предложенной нами схеме появления интерференции.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Величина Струп-интерференции увеличивается при выполнении хотя бы одного из условий
 - а) созданы условия для быстрого обнаружения конфликтности стимула,
 - б) у субъекта сформирована готовность к обработке конфликтного стимула.
 2. Если дистракторы могут быть быстро распознаны, то их незначительное усложнение увеличивает Струп-интерференцию:
 - а) низкочастотные слова интерферируют сильнее высокочастотных,
 - б) высокочастотные и низкочастотные слова с ошибкой интерферируют сильнее правильно написанных слов,
 - в) псевдослова интерферируют сильнее существующих слов.
 3. Если дистрактор не может быть быстро распознан, то его усложнение снижает интерференционный эффект: зеркальные высокочастотные слова интерферируют сильнее, чем низкочастотные.
 4. Интерференционный эффект снижается при усложнении целевой задачи:
 - а) когда используются незнакомые для испытуемых цели
 - б) когда у целей удалена часть контура
 5. Эффект интерференции снижается, если обработка дистрактора подготавливает правильный ответ или обработку релевантного для задачи объекта:
 - а) при конгруэнтности цвета и значения интерференция не появляется, даже если дистрактор не соответствует правильному ответу на задачу
 - б) если ответы на дистрактор и на цель более похожи друг на друга, то интерференция снижается.
- Таким образом, выдвинутые гипотезы в основном подтвердились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффект Струпа занимает особое место в когнитивной психологии. Объяснение этого эффекта объявляется пробным камнем для теорий внимания, научения и когнитивного контроля. Тест Струпа используется для диагностики уровня внимания, чувствительности групп людей к специфическим стимулам; низкую величину интерференции считают одним из маркеров волевого поведения или гибкого стиля контроля. На практике тест Струп используется при профессиональном отборе (диспетчеров, операторов сложных систем и т.д.), в клинической диагностике; эффект Струпа используется в рекламе и презентациях.

Несмотря на разнообразие моделей Струп-интерференции, обычно в них используется схожие предпосылки. В тесте Струпа у человека нет намерения прочесть слово, но наличие слова мешает быстро назвать его цвет. Значит, процесс чтения слова находится вне воздействия воли человека. С другой стороны, в большинстве проб человеку удается дать правильный ответ на задачу, хотя и с временной задержкой. С точки зрения большинства моделей, это указывает на наличие системы контроля, которая уже связана с сознанием человека и которая может исправлять результаты автоматической обработки стимулов.

Однако многочисленные эксперименты показали, что чтение слова не вызывает автоматически побуждение к его произнесению: этот процесс зависит от внимания, стратегий и установок испытуемых. Возникает проблема: зачем использовать стратегию, которая чаще всего приводит к затруднениям и ошибкам? Ученые пытались подобрать формальные параметры дистракторов, которые определяют их воздействие. В результате возникало множество моделей, которые покрывают лишь отдельные интерференционные феномены и мало что говорят об остальных. Зачастую исследователи разрабатывают только свои модели частных эффектов, не обращая внимания ни на остальные модели, ни на общую логику возникновения интерференции. Общая логика объяснения

интерференции осталась прежней: существуют две системы, одна из которых связана с прочтением дистрактора, а другая – с его подавлением.

Наша цель – построить логику объяснения интерференции, из которой можно рассмотреть все интерференционные феномены. Мы взяли за основу концепцию интерференции В.М. Аллахвердова. В этом подходе дается ответ на вопрос «в чем логика обработки слова, когда задача испытуемых – его игнорировать». В подходе В.М. Аллахвердова все психические феномены определены контролем сознания над когнитивными процессами. В частности, после решения любой задачи проверяется, правильную ли задачу человек выполнил, нет ли в ней противоречия (Аллахвердов и др., 2015). В тесте Струпа этот контроль заключается в проверке, не прочитал ли человек слово вместо названия его цвета. Именно этот контроль приводит к тому, что человек обращает внимание на слово и прочитывает его (по аналогии с невыполнимой инструкцией «не думайте об обезьяне»). Из этого объяснения можно вывести следствия, связанные с влиянием на величину интерференции таких параметров, как сложность выполнения целевого задания, сложность выполнения задачи игнорирования, степень сходства дистрактора и правильного ответа. Обозначенные следствия были подтверждены в большинстве экспериментов данной работы.

В данной работе был разрешен ряд противоречий между известными эмпирическими феноменами и основными прогнозами нашей модели. В частности, в ряде экспериментов при усложнении дистракторов интерференция увеличивалась, а в других экспериментах – снижалась. Мы предположили, что это вызвано разным базовым уровнем сложности дистракторов: пока обработка дистракторов сравнительно легкая, то чем сложнее дистрактор, тем больше величина интерференции; при сильном усложнении дистрактора его дальнейшее усложнение снижает интерференционный эффект. Объясняется эта закономерность механизмом конфликтности стимула – при сильном усложнении более вероятно, что конфликт вообще не будет обнаружен. Далее, во многих

работах считается, что схожесть дистрактора и цели снижает интерференционный эффект, что не соответствует нашей модели. Однако в данной работе было показано, что такой результат объясняется схожесть не дистрактора и цели, а дистрактора и потенциального ответа на цель. При контроле этого фактора схожие между собой дистракторы и цели интерферируют слабее несхожих. Наконец, один из прогнозов нашей модели заключается в том, что усложнение целевой задачи приводит к снижению интерференции. Однако в известных экспериментах чаще всего одновременно со сложностью цели изменялась и сложность обработки дистрактора. Мы показали, что при увеличении сложности цели интерференция снижается и при контроле фактора сложности дистрактора.

В развитие концепции интерференции В.М. Аллахвердова мы предположили, что контроль выполнения задачи игнорирования зависит от неосознанной стратегии. Интерференция должна увеличиваться, когда увеличивается риск перепутать задачи и, как следствие, повышается частота контроля за выполнением задачи игнорирования, что было показано в ряде экспериментов данной работы. Даная стратегия контроля зависит от предыдущего опыта (предъявлялись ли ранее конфликтные стимулы) и от того, обнаружен ли конфликт в информации (Стародубцев, Аллахвердов, 2020). Мы предположили, что в модель В.М. Аллахвердова нужно ввести механизм декектора конфликта, работа которого и вызывает последующий контроль задачи игнорирования. Далее, в нашей работе используется идея, которая подразумевает контроль лишь в некоторых пробах задачи.

На наш взгляд, используемый подход позволяет логично и единообразно описать большую группу феноменов и предсказать новые. Он позволяет также увидеть связь интерференционных ошибок и других ошибок в когнитивной деятельности. В дальнейшем планируется исследовать как разные виды контроля влияют на решение других когнитивных задач и в каком соотношении они находятся.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агафонов А. Ю., Федотова А.* Изучение Струп-феномена при усложнении задачи игнорирования / А.Ю. Агафонов, А. Федотова // Психологические исследования. Сборник научных трудов. – Самара: Универс-групп – 2005. – С. 28-35.
2. *Аллахвердов В. М.* За границей осознаваемого. Радикальный когнитивизм о некоторых пределах нашей способности обработки информации / В. М. Аллахвердов // Вестник Ярославского государственного университета им. ПГ Демидова. Серия Гуманитарные науки. – 2014. – №. 2. – С. 72-80.
3. *Аллахвердов В. М.* Опыт теоретической психологии (в жанре научной революции) / В.М. Аллахвердов. – СПб.: Изд-во «Печатный двор», 1993. – 325 с.
4. *Аллахвердов В. М.* Принцип идеализации / В. М. Аллахвердов Кармин А. С., Шилков Ю. М. // Методология и история психологии. – 2007. – Т. 2. – №. 2. – С. 147-162.
5. *Аллахвердов В. М.* Принцип проверяемости (часть II) / В. М. Аллахвердов, А. С. Кармин, Ю. М. Шилков // Методология и история психологии. – 2008. – Т. 2008. – №. 1. – С. 195-209.
6. *Аллахвердов В. М.* Принцип проверяемости Часть III. Стратегии независимой проверки / В. М. Аллахвердов, А. С. Кармин, Ю. М. Шилков // Методология и история психологии. – 2008. – Т. 3. – №. 2. – С. 175-185.
7. *Аллахвердов В. М.* Принцип простоты / В. М. Аллахвердов, А. С. Кармин, Ю. М. Шилков // Методология и история психологии. – 2007. – Т. 2. – №. 1. – С. 230-246.
8. *Аллахвердов В. М.* Психологическая наука сквозь призму принципа простоты / В. М. Аллахвердов // История и философия науки в эпоху перемен. – 2018. – С. 54-56.
9. *Аллахвердов В. М.* Сознание как парадокс. / В. М. Аллахвердов. – СПб.: «Издательство ДНК», 2000. – 528 с.
10. *Аллахвердов В. М.* Сознание, научение и контроль: вперед к теории

(доклад) / В. М. Аллахвердов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 16. Психология. Педагогика. 2014. №4. С.41–5 .

11. *Аллахвердов В. М., Аллахвердов М. В.* О чем проще не думать? (О природе струп-интерференции) / В. М. Аллахвердов, М. В. Аллахвердов // Шаги/Steps. – 2015. – Т. 1. – №. 1.

12. *Аллахвердов В. М., Аллахвердов М. В.* Феномен Струпа: интерференция как логический парадокс / В. М. Аллахвердов, М. В. Аллахвердов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 16. Психология. Педагогика. – 2014. – №. 4.

13. *Аллахвердов В. М., Кармин А. С., Шилков Ю. М.* Принцип проверяемости (часть I) / В. М. Аллахвердов, А. С. Кармин, Ю. М. Шилков // Методология и история психологии. – 2007. – Т. 2. – №. 3. – С. 152-163.

14. *Аллахвердов М. В.* Интерпретация интерференционных феноменов и теория "иронического" мышления Дэниела Вегнера / М. В. Аллахвердов // Петербургский психологический журнал. – 2015. – №. 12. – С. 16-37.

15. *Аллахвердов М.В., Стародубцев А.С.* Влияние положения дистрактора на эффект Струпа / М. В. Аллахвердов, А. С. Стародубцев // Петербургский психологический журнал. 2016. № 17. с. 125-150.

16. *Аллахвердов В. М. и др.* Как сознание избавляется от противоречий // Шаги/Steps. 2015. Т. 1. №. 1. с. 165-181.

17. *Зотов М. В.* Методика экспресс-диагностики суицидального риска «Сигнал» / М. В. Зотов, В. М. Петрукович., В. Н. Сысоев // СПб.: ГП «Иматон» – 2003.

18. *Киреева Н.Н.* Эффекты интерференции в процессах обработки информации человеком: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.03. – Л., 1986. 319 с.

19. *Ляшевская О. Н., Шаров С. А.* Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка) / О. Н. Ляшевская, С. А. Шаров // М.: Издательский центр «Азбуковник. – 2009.

20. *Осинов Л. Е.* Переработка противоречивой информации в операторской деятельности: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.03. – СПб., 1992.

21. *Печенкова Е. В., Фаликман М. В.* Решение перцептивной задачи как взаимодействие между восходящими и нисходящими процессами переработки зрительной информации / Е. В. Печенкова, М. В. Фаликман // Теоретическая и экспериментальная психология. – 2010. – Т. 3. – №. 3. С. 52-65.
22. *Пиаже Ж., Фресс П.* Экспериментальная психология / Ж. Пиаже, П. Фресс // М: Прогресс. – 1973. – С. 89.
23. *Ревонсуо А.* Психология сознания. / А. Ревонсуо – Санкт-Петербург: Издательский дом "Питер", 2012. – 336 с.
24. *Сопов М.С.* База стандартизированных изображений BOSS: адаптация для использования на русскоязычной выборке / М. С. Сопов, А. С. Стародубцев, К. Г. Мирошник, Р. Ю. Шиндриков // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2019. Т.16. № 4. С. 690-704.
25. *Сопов М.С.* Влияние субъективной сложности целей на величину интерференции в тесте "Рисунок-Слово" / М. С. Сопов, А. С. Стародубцев, К. Г. Мирошник // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. – 2019. – Т. 9. – №. 1. – С. 92-106.
26. *Стародубцев А. С.* Эффект лексикализации дистракторов в тесте «рисунок — слово» / А. С. Стародубцев, К. Г. Мирошник, М. С. Сопов // Шаги / Steps. 2019. Т. 5. № 1. с. 8–24. DOI: 10.22394/2412-9410-2019-5-1-8-24.
27. *Стародубцев А.С.* Влияние когнитивного контроля на эффект Струпа / А. С. Стародубцев // Петербургский психологический журнал. 2018. № 24. С. 40-62.
28. *Стародубцев А.С., Аллахвердов В.М.* Запоминание противоречивой информации в свете гипотезы о неосознаваемом поиске разрешения противоречий / А. С. Стародубцев, В. М. Аллахвердов // Экспериментальная психология. 2020. Том 13. № 1. С. 20–34. doi:10.17759/exrpsy.2020130102
29. *Стародубцев А.С., Аллахвердов М.В.* Влияние установки о наличии конфликтных стимулов в тесте Струпа на величину интерференции / А. С. Стародубцев, М. В. Аллахвердов // Вестник СПбГУ. Психология и педагогика. 2017. Т. 7. № 2. с. 137-153

30. Стародубцев А.С., Аллахвердов М.В. Роль конфликта ответов и семантического конфликта в возникновении эффекта Струпа // Российский журнал когнитивной науки. 2019. Т. 6. № 4. С. 24–38.2-64.
31. Стародубцев А.С., Мирошник К.Г. Влияние скорости обработки дистрактора на величину эффекта Струпа / А. С. Стародубцев, К. Г. Мирошник // Петербургский психологический журнал. 2019. № 28. с. 42-64.
32. Стародубцев А.С., Мирошник К.Г. Ошибки в высокочастотных и низкочастотных словах увеличивают Струп-интерференцию // Теоретическая и экспериментальная психология. 2019. Т.12. № 3. С. 63-71
33. Уточкин И. С., Большакова К. Г. Усиление и ослабление эффекта Струпа при вероятностном научении / И. С. Уточкин, К. Г. Большакова // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2010. – Т. 7. – №. 3.
34. Фаликман М. В. Парадоксы зрительного внимания. Эффекты перцептивных задач / М. В. Фаликман. М. : Издательский дом ЯСК, 2018. 264 с.
35. Хромов А. И. Динамика памяти и внимания у детей и подростков с эндогенными психическими заболеваниями в процессе фармакотерапии / А. И. Хромов // Психологические исследования: электронный научный журнал. – 2011. – №. 4. – С. 6-6.
36. Abdel Rahman R., Melinger A. Enhanced phonological facilitation and traces of concurrent word form activation in speech production: An object-naming study with multiple distractors / R. Abdel Rahman, A. Melinger // The Quarterly Journal of Experimental Psychology. – 2008. – Vol. 61. – №. 9. – P. 1410-1440.
37. Algom D., Chajut E. Reclaiming the Stroop effect back from control to input-driven attention and perception / D. Algom, E. Chajut // Frontiers in psychology. – 2019. – Vol. 10.
38. Altmann E. M., Davidson D. J. An integrative approach to Stroop: Combining a language model and a unified cognitive theory / E. M. Altmann, D. J. Davidson // Proceedings of the 23rd annual conference of the Cognitive Science Society. – 2001. – P. 21-26.

39. *Arieh Y., Algom D.* Processing picture-word stimuli: The contingent nature of picture and of word superiority / Y. Arieh, D. Algom // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2002. – Vol. 28. – №. 1. – P. 221.
40. *Arsalidou M.* “I can read these colors.” Orthographic manipulations and the development of the color-word Stroop / M. Arsalidou et al. // *Frontiers in psychology*. – 2013. – Vol. 3. – P. 594.
41. *Moors A.* Automaticity: A Theoretical and Conceptual Analysis. Automaticity: Componential, causal, and mechanistic explanations / A. Moors // *Annual Review of Psychology*. – 2017. – Vol. 67. – P. 263-287.
42. *Bentall R. P., Thompson M.* Emotional Stroop performance and the manic defence / R. P. Bentall, M. Thompson // *British Journal of Clinical Psychology*. – 1990. – Vol. 29. – №. 2. – P. 235-237.
43. *Besner D.* The Stroop effect and the myth of automaticity / D. Besner, J.A. Stolz, C. Boutilier // *Psychonomic bulletin & review*, 1997. Vol. 4(2), Pp. 221-225
44. *Besner D., Stolz J. A.* Unconsciously controlled processing: The Stroop effect reconsidered / D. Besner, J. A. Stolz // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 1999. – Vol. 6. – №. 3. – P. 449-455.
45. *Blais C. A.* stimulus-response account of Stroop and reverse Stroop effects. / C. A. Blais Waterloo, Ontario, Canada, 2006 – 112 p.
46. *Blais C., Besner D.* Reverse stroop effects with untranslated responses / C. Blais, D. Besner // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2006. – Vol. 32. – №. 6. – P. 1345.
47. *Boersma P., Weenink D.* Praat: doing phonetics by computer [Computer program] / P. Boersma, D. Weenink // Online: <http://www.praat.org>, accessed on. – 2013. – Vol. 2.
48. *Botvinick M. M.* Conflict monitoring and cognitive control / M. M. Botvinick et al. // *Psychological review*. – 2001. – Vol. 108. – №. 3. – P. 624.
49. *Braem S.* Measuring adaptive control in conflict tasks / S. Braem et al. // *Trends in cognitive sciences*. – 2019. – Vol. 23. – №. 9. – P. 769-783.

50. *Braem S.* What determines the specificity of conflict adaptation? A review, critical analysis, and proposed synthesis / S. Braem et al. // *Frontiers in psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1134.
51. *Brodeur M. B.* Bank of standardized stimuli (BOSS) phase II: 930 new normative photos / M. B. Brodeur, K. Guérard, M. Bouras // *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9. – №. 9.
52. *Brown T. L.* Automaticity and word perception: Evidence from Stroop and Stroop dilution effects / T. L. Brown, L. Roos-Gilbert, T. H. Carr // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 1995. – Vol. 21. – №. 6. – P. 1395.
53. *Bugg J. M.* Multiple levels of control in the Stroop task / J. M. Bugg, L. L. Jacoby., J. P. Toth // *Memory & cognition*. – 2008. – Vol. 36. – №. 8. – P. 1484-1494.
54. *Bugg J.M., Crump M.J.* In support of a distinction between voluntary and stimulus-driven control: A review of the literature on proportion congruent effects / J. M. Bugg, M. J. Crump // *Frontiers in psychology*, 2012. Vol. 3. P. 367
55. *Burt J. S.* Why do non-color words interfere with color naming? / J. S. Burt // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. Vol. 28. No 5. 2002. P. 1019–1038.
56. *Bustamante L.* Learning to overexert cognitive control in a Stroop task / L. Bustamante et al. // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. – 2021. – P. 1-19.
57. *Cattell J. M.* The time it takes to see and name objects / J. M. Cattell // *Mind*. 1886. Vol. 11. P. 63–65.
58. *Chajut E.* Are spatial and dimensional attention separate? Evidence from Posner, Stroop, and Eriksen tasks / E. Chajut, A. Schupak, D. Algom // *Memory & Cognition*. – 2009. – Vol. 37. – №. 6. – P. 924-934.
59. *Chen Z.* Attentional focus, processing load, and Stroop interference / Z. Chen // *Perception & Psychophysics*. – 2003. – Vol. 65. – №. 6. – P. 888-900.

60. *Cho Y.S.* Stroop dilution depends on the nature of the color carrier but not on its location / Y. S. Cho, M. C. Lien, R.W. Proctor // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2006. Vol. 32(4). P. 826.
61. *Collina S.* Word production and the picture-word interference paradigm: the role of learning / S. Collina, P. Tabossi, F. De Simone // *Journal of psycholinguistic research*. – 2013. – Vol. 42. – №. 5. – P. 461-473.
62. *Cox W. M.* The addiction-stroop test: Theoretical considerations and procedural recommendations / W. M. Cox, J. S. Fadardi, E. M. Pothos // *Psychological bulletin*. – 2006. – Vol. 132. – №. 3. – P. 443.
63. *Crump M. J. C.* Context-specific learning and control: The roles of awareness, task relevance, and relative salience / M. J. C. Crump, J. M. M. Vaquero, B. Milliken // *Consciousness and cognition*. – 2008. – Vol. 17. – №. 1. – P. 22-36.
64. *Dalrymple-Alford E. C.* Associative facilitation and interference in the Stroop color-word task / E. C. Dalrymple-Alford // *Perception & Psychophysics*. – 1972. – Vol. 11. – №. 4. – P. 274-276.
65. *Damian M. F.*, Bowers J. S. Locus of semantic interference in picture-word interference tasks / M. F. Damian, J. S. Bowers // *Psychonomic bulletin & review*. – 2003. – Vol. 10. – №. 1. – P. 111-117.
66. *Davidow J. Y.* Development of prefrontal cortical connectivity and the enduring effect of learned value on cognitive control / Davidow J. Y. et al. // *Journal of cognitive neuroscience*. – 2019. – Vol. 31. – №. 1. – P. 64-77.
67. *De Simone F.*, Collina S. The Picture–Word Interference Paradigm: Grammatical Class Effects in Lexical Production / F. De Simone, S. Collina // *Journal of psycholinguistic research*. – 2016. – Vol. 45. – №. 5. – P. 1003-1019.
68. *De Soto J. L.*, De Soto C. B. Reading achievement and automatic recognition of words and pseudowords / J. L. De Soto, C. B. De Soto // *Journal of Reading Behavior*. – 1985. – Vol. 17. – №. 2. – P. 115-127.
69. *Dhooge E. A.* late locus of the distractor frequency effect in picture–word interference: Evidence from event-related potentials / E. Dhooge, W. De Baene, R. J. Hartsuiker // *Brain and language*. – 2013. – Vol. 124. – №. 3. – P. 232-237.

70. *Dhooge E.*, Hartsuiker R. J. How do speakers resist distraction? Evidence from a taboo picture-word interference task / E. Dhooge, R. J. Hartsuiker // *Psychological Science*. – 2011. – Vol. 22. – №. 7. – P. 855-859.
71. *Dhooge E.*, Hartsuiker R. J. Lexical selection and verbal selfmonitoring: Effects of lexicality, context, and time pressure in picture-word interference / E. Dhooge, R. J. Hartsuiker // *Journal of Memory and Language*. Vol. 66. No. 1. 2012. P. 163–176.
72. *Dignath D.* Conflict monitoring and the affective-signaling hypothesis—An integrative review / D. Dignath et al. // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2020. – P. 1-24.
73. *Dishon-Berkovits M.*, Algom D. The Stroop effect: It is not the robust phenomenon that you have thought it to be / M. Dishon-Berkovits, D. Algom // *Memory & Cognition*. – 2000. – Vol. 28. – №. 8. – P. 1437-1449.
74. *Donohue S.E.* Is conflict monitoring supramodal? Spatiotemporal dynamics of cognitive control processes in an auditory Stroop task / S. E. Donohue, M. Liotti, R. Perez, M. G. Woldorff // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2012. Vol. 12(1). Pp. 1-15.
75. *Dunbar K.N.*, MacLeod C.M. A horse race of a different color: Stroop interference patterns with transformed words / K. N. Dunbar, C. M. MacLeod // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1984. Vol. 10. P. 622–639
76. *Durgin F.* The reverse Stroop effect / F. Durgin // *Psychon Bull Rev*. 2000. Vol. 7 (1). P. 121–125.
77. *Duthoo W.* The heterogeneous world of congruency sequence effects: An update / W. Duthoo et al. // *Frontiers in Psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1001.
78. *Dyer F. N.* A comparison of chromatic and achromatic versions of the Stroop color-word test / F. N. Dyer // *Psychonomic Science*. 1971. Vol. 22, No. 4. P. 235–237.

79. *Dyer F. N.* Same and different judgments for word-color pairs with "irrelevant" words or colors: Evidence for word-code comparisons / F. N. Dyer // *Journal of Experimental Psychology*. – 1973. – Vol. 98. – №. 1. – P. 102.
80. *Eder A. B., Dignath D.* Expected value of control and the motivational control of habitual action / A. B. Eder, D. Dignath // *Frontiers in psychology*. – 2019. – Vol. 10. – P. 1812.
81. *Egner T.* Congruency sequence effects and cognitive control / T. Egner // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. – 2007. – Vol. 7. – №. 4. – P. 380-390.
82. *Eidels A.* Depth of processing in the Stroop task: Evidence from a novel forced-reading condition / A. Eidels et al. // *Experimental psychology*. – 2014. – Vol. 61. – №. 5. – P. 385.
83. *Eidels A.* Independent race of colour and word can predict the Stroop effect / A. Eidels // *Australian Journal of Psychology*. – 2012. – Vol. 64. – №. 4. – P. 189-198.
84. *Entel O.* Proportion congruency effects: Instructions may be enough / O. Entel, J. Tzelgov, Y. Bereby-Meyer // *Frontiers in psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1108.
85. *Entel O., Tzelgov J.* Focusing on task conflict in the Stroop effect / O. Entel, J. Tzelgov // *Psychological research*. – 2018. – Vol. 82. – №. 2. – P. 284-295.
86. *Eriksen B. A., Eriksen C. W.* Effects of noise letters upon identification of a target letter in a non-search task. / B. A. Eriksen, C. W. Eriksen // *Perception and Psychophysics*. – 1974, Vol. 16, P. 143-149.
87. *Eskes G. A.* Comprehension of concrete and abstract words in autistic children / G. A. Eskes, S. E. Bryson, T. A. McCormick // *Journal of autism and developmental disorders*. – 1990. – Vol. 20. – №. 1. – P. 61-73.
88. *Flaudias V., Llorca P. M.* A brief review of three manipulations of the Stroop task focusing on the automaticity of semantic access / V. Flaudias, P. M. Llorca // *Psychologica Belgica*. – 2014. – Vol. 54. – №. 2.

89. *Fox E.* Negative priming from ignored distractors in visual selection: A review / E. Fox // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 1995. – Vol. 2. – №. 2. – P. 145-173.
90. *Gao Q., Chen, Z., Russell, P.* Working memory load and the Stroop interference effect. / Q. Gao, Z. Chen, P. Russell // *New Zealand Journal of Psychology* – 2007. Vol. 36. №. 3. Pp. 146-153.
91. *Gauvin H. S.* No lexical competition without priming: Evidence from the picture–word interference paradigm / H. S. Gauvin et al. // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2018. – Vol. 71. – №. 12. – P. 2562-2570.
92. *Geng J., Kirchgessner M., Schnur T.* The mechanism underlying lexical selection: Evidence from the picture–picture interference paradigm / J. Geng, M. Kirchgessner, T. Schnur // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2013. – Vol. 66. – №. 2. – P. 261-276.
93. *Geng J., Schnur T. T., Janssen N.* Relative speed of processing affects interference in Stroop and picture–word interference paradigms: evidence from the distractor frequency effect / J. Geng, T. T. Schnur, N. Janssen // *Language, Cognition and Neuroscience*. – 2014. – Vol. 29. – №. 9. – P. 1100-1114.
94. *Geukes S.* Stroop effects from newly learned color words: effects of memory consolidation and episodic context / S. Geukes, M. G. Gaskell, P. Zwitserlood // *Frontiers in psychology*. – 2015. – Vol. 6. – P. 278.
95. *Glaser M. O., Glaser W. R.* Time course analysis of the Stroop phenomenon / M. O. Glaser, W. R. Glaser // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1982. – Vol. 8. – №. 6. – P. 875. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.8.6.875>
96. *Glaser W. R., Glaser M. O.* Context effects in stroop-like word and picture processing / W. R. Glaser, M. O. Glaser // *Journal of Experimental Psychology: General*. – 1989. – Vol. 118. – №. 1. – P. 13.
97. *Golden C. J.* Effect of differing number of colors on the Stroop Color and Word Test / C. J. Golden // *Perceptual and Motor skills*. – 1974.

98. *Goldfarb L., Henik A.* Evidence for task conflict in the Stroop effect / L. Goldfarb, A. Henik // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 2007. – Vol. 33. – №. 5. – P. 1170. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.5.1170>
99. *Green E. J., Barber P. J.* An auditory Stroop effect with judgments of speaker gender / E. J. Green, P. J. Barber // *Perception & Psychophysics.* – 1981. – Vol. 30. – №. 5. – P. 459-466.
100. *Guttentag R. E., Haith M. M.* Automatic processing as a function of age and reading ability / R. E. Guttentag, M. M. Haith // *Child Development.* Vol. 49. No. 3. 1978. P. 707–716.
101. *Hartley L. R., Adams R. G.* Effect of noise on the Stroop test / L. R. Hartley, R. G. Adams // *Journal of experimental psychology.* – 1974. – Vol. 102. – №. 1. – P. 62.
102. *Hasshim N., Parris B. A.* Trial type mixing substantially reduces the response set effect in the Stroop task / N. Hasshim, B. A. Parris // *Acta psychologica.* – 2018. – Vol. 189. – P. 43-53.
103. *Hecht D., Reiner M.* Stroop interference and facilitation effects in kinesthetic and haptic tasks / D. Hecht, M. Reiner // *Advances in Human-Computer Interaction.* – 2010. – T. 2010.
104. *Hilbert S.* The spatial Stroop effect: A comparison of color-word and position-word interference / S. Hilbert et al. // *Psychonomic bulletin & review.* – 2014. – Vol. 21. – №. 6. – P. 1509-1515.
105. *Hodgson T.L.* The saccadic Stroop effect: Evidence for involuntary programming of eye movements by linguistic cues / T. L. Hodgson et al. // *Vision research.* 2009. Vol. 49. № 5. Pp. 569-574.
106. *Hommel B.* The theory of event coding (TEC): A framework for perception and action planning / B. Hommel et al. // *Behavioral and brain sciences.* – 2001. – Vol. 24. – №. 5. – P. 849.

107. *Houston B. K.* Noise, task difficulty, and Stroop color-word performance / B. K. Houston // *Journal of Experimental Psychology*. – 1969. – Vol. 82. – №. 2. – P. 403.
108. *Hutson J., Damian M. F.* Semantic gradients in picture-word interference tasks: is the size of interference effects affected by the degree of semantic overlap? / J. Hutson, M. F. Damian // *Frontiers in psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 872.
109. *Iannaccone R.* Conflict monitoring and error processing: new insights from simultaneous EEG–fMRI / R. Iannaccone et al. // *Neuroimage*. – 2015. – Vol. 105. – P. 395-407.
110. *Jacoby L. L.* Item-specific control of automatic processes: Stroop process dissociations / L. L. Jacoby, D. S. Lindsay, S. Hessels // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2003. – Vol. 10. – №. 3. – P. 638-644.
111. *Janssen N.* Semantic interference in a delayed naming task: evidence for the response exclusion hypothesis / N. Janssen et al. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2008. – Vol. 34. – №. 1. – P. 249.
112. *Jescheniak J. D.* Semantic interference from distractor pictures in single-picture naming: Evidence for competitive lexical selection / J. D. Jescheniak et al. // *Psychonomic bulletin & review*. – 2014. – Vol. 21. – №. 5. – P. 1294-1300.
113. *Jiang J.* EEG neural oscillatory dynamics reveal semantic and response conflict at difference levels of conflict awareness / J. Jiang, Q. Zhang, S. Van Gaal // *Scientific reports*. – 2015. – Vol. 5. – P. 12008.
114. *Jiménez L., Méndez A.* It is not what you expect: dissociating conflict adaptation from expectancies in a Stroop task / L. Jiménez, A. Méndez // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2013. – Vol. 39. – №. 1. – P. 271.
115. *Kahneman D., Chajczyk D.* Tests of the automaticity of reading: Dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli / D. Kahneman, D. Chajczyk // *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*. – 1983. – Vol. 9. – №. 4. – P. 497.

116. *Kalanthroff E.* Stop interfering: Stroop task conflict independence from informational conflict and interference / E. Kalanthroff et al. // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2013. – Vol. 66. – №. 7. – P. 1356-1367.
117. *Kalanthroff E.* Task conflict and proactive control: A computational theory of the Stroop task / E. Kalanthroff et al. // *Psychological review*. – 2018. – Vol. 125. – №. 1. – P. 59.
118. *Kan I. P.* To adapt or not to adapt: The question of domain-general cognitive control / I. P. Kan, S. Teubner-Rhodes, A. B. Drumme, L. Nutile, L. Krupa, J. M. Novick // *Cognition*. – 2013. – Vol. 129. – №. 3. – P. 637-651. doi: 10.1016/j.cognition.2013.09.001
119. *Kim C.* Multiple cognitive control mechanisms associated with the nature of conflict / C. Kim, C. Chung, J. Kim // *Neuroscience letters*. – 2010. – Vol. 476. – №. 3. – P. 156-160.
120. *Kim S.Y.* Concurrent working memory load can reduce distraction / S. Y. Kim, M. S. Kim, M. M. Chun // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005. Vol. 102(45). Pp. 16524-16529
121. *Kindt M.* Stroop versus Stroop: Comparison of a card format and a single-trial format of the standard color-word Stroop task and the emotional Stroop task / M. Kindt, D. Bierman, J. F. Brosschot // *Personality and individual Differences*. – 1996. – Vol. 21. – №. 5. – P. 653-661.
122. *Kinoshita S.* Evidence accumulation in the integrated and primed Stroop tasks / S. Kinoshita et al. // *Memory & cognition*. – 2017. – Vol. 45. – №. 5. – P. 824-836.
123. *Kinoshita S.* The magic of words reconsidered: Investigating the automaticity of reading color-neutral words in the Stroop task / Kinoshita S., De Wit B., Norris D. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2017. – Vol. 43. – №. 3. – P. 369.
124. *Klapp S. T.* Nonconscious control mimics a purposeful strategy: Strength of Stroop-like interference is automatically modulated by proportion of compatible trials /

S. T. Klapp // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2007. – Vol. 33. – №. 6. – P. 1366.

125. *Klein G. S.* Semantic power measured through the interference of words with color-naming / G. S. Klein // *The American Journal of Psychology*. Vol. 77. No 4. 1964. P. 576–588.

126. *Klopper D. S.* Stroop interference and color-word similarity / D. S. Klopper // *Psychological Science*. – 1996. – Vol. 7. – №. 3. – P. 150-157.

127. *Koch C.* Self-monitoring, need for cognition, and the Stroop effect: A preliminary study / C. Koch // *Perceptual and motor skills*. – 2003. – Vol. 96. – №. 1. – P. 212-214.

128. *Krebs R. M.* et al. Picture novelty attenuates semantic interference and modulates concomitant neural activity in the anterior cingulate cortex and the locus coeruleus // R. M. Krebs / *NeuroImage*. – 2013. – Vol. 74. – P. 179-187.

129. *La Heij W.* Picture naming in picture context: Semantic interference or semantic facilitation? / W. La Heij et al. // *Psychology Science*. – 2003. – Vol. 45. – №. 1. – P. 49-62.

130. *La Heij W., van den Hof E.* Picture-word interference increases with target-set size / W. La Heij, E. van den Hof // *Psychological research*. – 1995. – Vol. 58. – №. 2. – P. 119-133.

131. *Lachter J.* Is attention needed for word identification? Evidence from the Stroop paradigm / J. Lachter et al. // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2008. – Vol. 15. – №. 5. – P. 950-955.

132. *Levin Y., Tzelgov J.* What Klein's "Semantic Gradient" Does and Does Not Really Show: Decomposing Stroop Interference into Task and Informational Conflict Components / Y. Levin, J. Tzelgov // *Front Psychol*. 2016. Vol. 7. P. 249.

133. *Liefooghe B.* et al. Stroop-like effects of derived stimulus–stimulus relations / B Liefooghe et al. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2020. – Vol. 46. – №. 2. – P. 327.

134. *Logan G. D.* Executive control of thought and action: In search of the wild homunculus / G. D. Logan // *Current Directions in Psychological Science*. – 2003. – Vol. 12. – №. 2. – P. 45-48.
135. *Logan G. D., Zbrodoff N. J.* When it helps to be misled: Facilitative effects of increasing the frequency of conflicting stimuli in a Stroop-like task / G. D. Logan, N. J. Zbrodoff // *Memory & cognition*. – 1979. – Vol. 7. – №. 3. – P. 166-174.
136. *Lorentz E.* Disentangling genuine semantic Stroop effects in reading from contingency effects: On the need for two neutral baselines / E. Lorentz et al. // *Frontiers in psychology*. – 2016. – Vol. 7. – P. 386.
137. *Lovett M.C.* A Strategy based interpretation of Stroop / M. C. Lovett // *Cognitive Science*, 2005. Vol. 29(3). Pp. 493-524
138. *Luo C. R.* Semantic competition as the basis of Stroop interference: Evidence from color-word matching tasks / C. R. Luo // *Psychological Science*. – 1999. – Vol. 10. – №. 1. – P. 35-40. doi: 10.1111/1467-9280.00103
139. *Lupker S. J.* Mixing costs and mixing benefits in naming words, pictures, and sums / S. J. Lupker et al. // *Journal of Memory and Language*. – 2003. – Vol. 49. – №. 4. – P. 556-575.
140. *Lupker S. J.* The role of phonetic and orthographic similarity in picture-word interference / S. J. Lupker // *Canadian Journal of Psychology = Revue Canadienne de Psychologie*. Vol. 36. No. 3. 1982. P. 349–367.
141. *Lupker S. J.* The semantic nature of response competition in the picture-word interference task / S. J. Lupker // *Memory & Cognition*. Vol. 7. No. 6. 1979. P. 485–495.
142. *Lupker S.J., Katz A.N.* Input, decision, and response factors in picture-word interference / S. J. Lupker, A. N. Katz // *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*. 1981. Vol. 7. P. 269–282.
143. *Machado-Pinheiro W.* Role of attention and translation in conflict resolution: implications for Stroop matching task interference / W. Machado-Pinheiro et al. // *Psychology & Neuroscience*. – 2010. – Vol. 3. – №. 2. – P. 141-150.

144. *MacKinnon D. P.* The effects of effort on Stroop interference / D. P. MacKinnon, R. E. Geiselman, J. A. Woodward // *Acta Psychologica*. – 1985. – Vol. 58. – №. 3. – P. 225-235.
145. *MacLeod C. M.* In opposition to inhibition / C. M. MacLeod et al. // *Psychology of learning and motivation*. – 2003. – Vol. 43. – P. 163-215.
146. *MacLeod C. M.* The Stroop task: The "gold standard" of attentional measures / C. M. MacLeod // *Journal of Experimental Psychology: General*. – 1992. – Vol. 121. – №. 1. – P. 12.
147. *MacLeod C.M.* Half a century of research on the Stroop effect An integrative review / C. M. MacLeod // *Psychological Bulletin*. 1991. Vol. 109. P. 163–203
148. *Mahon B. Z.* Lexical selection is not by competition: a reinterpretation of semantic interference and facilitation effects in the picture-word interference paradigm / B. Z. Mahon et al. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2007. – Vol. 33. – №. 3. – P. 503.
149. *Mano Q. R.* Stroop interference associated with efficient reading fluency and prelexical orthographic processing / Q. R. Mano et al. // *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. – 2016. – Vol. 38. – №. 3. – P. 275-283.
150. *Mari-Beffa P.* Stroop interference and negative priming: Problems with inferences from null results / P. Mari-Beffa, A. F. Estévez, S. Danziger // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2000. – Vol. 7. – №. 3. – P. 499-503.
151. *Marian V.* Multilingual Stroop performance: Effects of trilingualism and proficiency on inhibitory control / V. Marian et al. // *International journal of multilingualism*. – 2013. – Vol. 10. – №. 1. – P. 82-104.
152. *Marmurek H.H.C.* Coloring only a single letter does not eliminate color-word interference in a vocal-response Stroop task: Automaticity revealed / H. H. C. Marmurek // *The Journal of General Psychology*, 2003. Vol. 130(2). Pp. 207-224.
153. *Mayr U.* Conflict, consciousness, and control / U. Mayr // *Trends in cognitive sciences*. – 2004. – Vol. 8. – №. 4. – P. 145-148.

154. *Megherbi H.* The emergence of automaticity in reading: Effects of orthographic depth and word decoding ability on an adjusted Stroop measure / H. Megherbi et al. // *Journal of experimental child psychology*. – 2018. – Vol. 166. – P. 652-663.
155. *Meiran N.* Reconfiguration of stimulus task sets and response task sets during task switching / N. Meiran // *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. – 2000. – P. 377-400.
156. *Miller H. C.* The stroop and reverse Stroop effects as measured by an interactive tabletop / H. C. Miller et al. // *International Journal of Human–Computer Interaction*. – 2016. – Vol. 32. – №. 5. – P. 363-372.
157. *Mills L.* No negative priming effect in the manual Stroop task / L. Mills, S. Kinoshita, D. Norris // *Frontiers in psychology*. – 2019. – Vol. 10. – P. 1764.
158. *Miozzo M., Caramazza A.* When more is less: A counterintuitive effect of distractor frequency in the picture–word interference paradigm / M. Miozzo, A. Caramazza // *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 132. No. 2. 2003. P. 228–252.
159. *Miyake A.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis / A. Miyake et al. // *Cognitive psychology*. – 2000. – Vol. 41. – №. 1. – P. 49-100. 10.1006/cogp.1999.0734
160. *Monsell S.* Naming the color of a word: Is it responses or task sets that compete? / S. Monsell, T. J. Taylor, K. Murphy // *Memory & Cognition*. Vol. 29. No. 1. 2001. P. 137–151.
161. *Monsell S., Driver J.* Banishing the control homunculus / S. Monsell, J. Driver // *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. – 2000. – P. 3-32.
162. *Moors A.* Automaticity: A Theoretical and Conceptual Analysis. Automaticity: Componential, causal, and mechanistic explanations / A. Moors // *Annual Review of Psychology*. – 2017. – Vol. 67. – P. 263-287.

163. *Moran R.*, Algom D. AN ALTERNATE CHANNEL THEORY OF THE STROOP EFFECT / R. Moran, D. Algom // Proceedings of Fechner Day. – 2011. – Vol. 27. – P. 501-506.
164. *Morgan A. L. R.*, Brandt J. F. An auditory Stroop effect for pitch, loudness, and time / A. L. R. Morgan, J. F. Brandt // Brain and Language. – 1989. – Vol. 36. – №. 4. – P. 592-603.
165. *Morsella E.*, Miozzo M. Evidence for a cascade model of lexical access in speech production / E. Morsella, M. Miozzo // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. – 2002. – Vol. 28. – №. 3. – P. 555.
166. *Morton J. B.* Cognitive control: Easy to identify but hard to define / J. B. Morton, F. Ezeziel, H. A. Wilk // Topics in cognitive science. – 2011. – Vol. 3. – №. 2. – P. 212-216.
167. *Most S. B.* Auditory Stroop reveals implicit gender associations in adults and children / S. B. Most, A. V. Sorber, J. G. Cunningham // Journal of Experimental Social Psychology. – 2007. – Vol. 43. – №. 2. – P. 287-294.
168. *Mulatti C.* What can we learn about visual attention to multiple words from the word–word interference task? / C. Mulatti, L. Ceccherini, M. Coltheart // Memory & cognition. – 2015. – Vol. 43. – №. 1. – P. 121-132.
169. *Mulatti C.*, Coltheart M. Color naming of colored non-color words and the response-exclusion hypothesis: a comment on Mahon et al. and on Roelofs and Piai / C. Mulatti, M. Coltheart // Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior. – 2013. – Vol. 52. – P. 120-122.
170. N400 ERPs for actions: building meaning in context / *Amoruso L. et al.* // Frontiers in human neuroscience. 2013. Vol. 7. P. 57. doi: 10.3389/fnhum.2013.00057
171. *Navarrete E.* The distractor frequency effect in the colour-naming Stroop task: An overt naming event-related potential study / E. Navarrete et al. // Journal of Cognitive Psychology. – 2015. – Vol. 27. – №. 3. – P. 277-289.
172. *Neill W. T.* Inhibitory and facilitatory processes in selective attention / W. T. Neill // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. – 1977. – Vol. 3. – №. 3. – P. 444.

173. *O'Leary M. J., Barber P. J.* Interference effects in the Stroop and Simon paradigms / M. J. O'Leary, P. J. Barber // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1993. – Vol. 19. – №. 4. – P. 830.
174. *Parris B. A.* Task conflict in the Stroop task: When Stroop interference decreases as Stroop facilitation increases in a low task conflict context / B. A. Parris // *Frontiers in Psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1182.
175. *Peirce J. W.* PsychoPy—psychophysics software in Python / J. W. Peirce // *Journal of neuroscience methods*. – 2007. – Vol. 162. – №. 1-2. – P. 8-13.
176. *Perret P., Ducrot S.* Viewing-position effects in the Stroop task: Initial fixation position modulates Stroop effects in fully colored words / P. Perret, S. Ducrot // *Psychonomic bulletin & review*. – 2010. – Vol. 17. – №. 4. – P. 550-555.
177. *Posner M. I.* Attention and cognitive control / M. I. Posner, C. R. Snyder, R. Solso // *Cognitive psychology: Key readings*. – 2004. – Vol. 205.
178. *Posner M. I., Petersen S. E.* The attention system of the human brain / M. I. Posner, S. E. Petersen // *Annual review of neuroscience*. – 1990. – Vol. 13. – №. 1. – P. 25-42. doi:10.1146/annurev.ne.13.030190.000325, PMID
179. *Protopapas A.* Shape and color naming are inherently asymmetrical: Evidence from practice-based interference / A. Protopapas et al. // *Cognition*. – 2017. – Vol. 158. – P. 122-133.
180. *Protopapas A., Archonti A., Skaloumbakas C.* Reading ability is negatively related to Stroop interference / A. Protopapas, A. Archonti, C. Skaloumbakas // *Cognitive Psychology*. 2007. Vol. 54. No 3. Pp. 251-282
181. *Ray C.* The manipulation of color response times in a color-word interference task / C. Ray // *Perception & Psychophysics*. – 1974. – Vol. 16. – №. 1. – P. 101-104.
182. *Raz A.* Hypnotic suggestion and the modulation of Stroop interference / A. Raz et al. // *Archives of General Psychiatry*. – 2002. – Vol. 59. – №. 12. – P. 1155-1161.

183. *Redding G. M., Gerjets D. A.* Stroop effect: Interference and facilitation with verbal and manual responses / G. M. Redding, D. A. Gerjets // *Perceptual and Motor Skills.* – 1977. – Vol. 45. – №. 1. – P. 11-17.
184. *Roelofs A.* From Popper to Lakatos: A case for cumulative computational modeling / A. Roelofs // *Twenty-first century psycholinguistics: Four cornerstones.* – 2005. – Vol. 313. – P. 330.
185. *Roelofs A.* Goal-referenced selection of verbal action: modeling attentional control in the Stroop task / A. Roelofs // *Psychological review.* – 2003. – Vol. 110. – №. 1. – P. 88.
186. *Rosselli M.* Stroop effect in Spanish–English bilinguals / M. Rosselli et al. // *Journal of the International Neuropsychological Society.* – 2002. – Vol. 8. – №. 6. – P. 819-827.
187. *Ryan F.* Attentional bias and alcohol dependence: A controlled study using the modified Stroop paradigm / F. Ryan // *Addictive behaviors.* – 2002. – Vol. 27. – №. 4. – P. 471-482.
188. *Schmidt J. R.* Best not to bet on the horserace: A comment on Forrin and MacLeod (2017) and a relevant stimulus-response compatibility view of colour-word contingency learning asymmetries / J. R. Schmidt // *Memory & Cognition.* – 2018. – Vol. 46. – №. 2. – P. 326-335.
189. *Schmidt J. R.* Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review / J. R. Schmidt // *Psychonomic bulletin & review.* – 2019. – Vol. 26. – №. 3. – P. 753-771.
190. *Schmidt J. R., Besner D.* The Stroop effect: why proportion congruent has nothing to do with congruency and everything to do with contingency / J. R. Schmidt, D. Besner // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition.* – 2008. – Vol. 34. – №. 3. – P. 514.
191. *Schmidt J. R.* Is conflict adaptation an illusion? / J. R. Schmidt, W. Notebaert, E. V. D. Bussche // *Frontiers in Psychology.* – 2015. – Vol. 6. – P. 172.

192. *Schmidt J. R.* Temporal learning and list-level proportion congruency: conflict adaptation or learning when to respond? / J. R. Schmidt // PLoS One. – 2013. – Vol. 8. – №. 11. – P. e82320.
193. *Schmidt J. R.* You can't Stroop a lexical decision: Is semantic processing fundamentally facilitative? / J. R. Schmidt, J. Cheesman, D. Besner // Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale. – 2013. – Vol. 67. – №. 2. – P. 130.
194. *Schmidt J. R., Besner D.* The Stroop effect: why proportion congruent has nothing to do with congruency and everything to do with contingency / J. R. Schmidt, D. Besner // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. – 2008. – Vol. 34. – №. 3. – P. 514.
195. *Schulz T.* Colour-Word-Interference: Why we should measure it with coloured keys. – 2017. URL: [https:// www.ruhr-uni-bochum.de/kognition-ako/cwi_neu2_short_APA_5_1.pdf](https://www.ruhr-uni-bochum.de/kognition-ako/cwi_neu2_short_APA_5_1.pdf) (дата обращения: 14.07.2017)].
196. *Sharma D.* Exploring the temporal dynamics of social facilitation in the Stroop task / D. Sharma et al. // Psychonomic Bulletin & Review. – 2010. – Vol. 17. – №. 1. – P. 52-58.
197. *Sharma D., McKenna F. P.* Differential components of the manual and vocal Stroop tasks / D. Sharma, F. P. McKenna // Memory & Cognition. – 1998. – Vol. 26. – №. 5. – P. 1033-1040.
198. *Shenhav A.* The expected value of control: an integrative theory of anterior cingulate cortex function / A. Shenhav, M. M. Botvinick, J. D. Cohen // Neuron. – 2013. – Vol. 79. – №. 2. – P. 217-240.
199. *Shiffrin R. M., Schneider W.* Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory / R. M. Shiffrin, W. Schneider // Psychological review. – 1977. – Vol. 84. – №. 2. – P. 127.
200. *Shipstead Z., Broadway J. M.* Individual differences in working memory capacity and the Stroop effect: Do high spans block the words? / Z. Shipstead, J. M. Broadway // Learning and Individual Differences. – 2013. – Vol. 26. – P. 191-195.

201. *Sobel K. V.* Visual search inverts the classic Stroop asymmetry / K. V. Sobel, A. M. Puri, A. K. York // *Acta psychologica*. – 2020. – Vol. 205. – P. 103054.
202. *Spalek K., Damian M.* Picture-word interference with masked and visible distractors: Different types of semantic relatedness inhibit lexical selection / K. Spalek, M. Damian // *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. – 2013. – Vol. 35. – №. 35.
203. *Spatola N.* et al. Improved cognitive control in presence of anthropomorphized robots / N. Spatola et al. // *International Journal of Social Robotics*. – 2019. – Vol. 11. – №. 3. – P. 463-476.
204. *Spieler D. H.* Levels of selective attention revealed through analyses of response time distributions / D. H. Spieler, D. A. Balota, M. E. Faust // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2000. – Vol. 26. – №. 2. – P. 506.
205. *Stafford T., Gurney K. N.* Additive factors do not imply discrete processing stages: a worked example using models of the Stroop task / T. Stafford, K. N. Gurney // *Frontiers in Psychology*. – 2011. – Vol. 2. – P. 287.
206. *Starodubtsev A. S., Allakhverdov M.V.* / Stroop Effect: Conflict Detection and Control Strategy Factors [text] // *Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics: Proceedings of the 9th International Conference on Cognitive Sciences, Intercognsci-2020, October 10-16, 2020, Moscow, Russia*. – Springer Nature, 2021. – T. 1358.
207. *Starreveld P. A., La Heij W.* Picture-word interference is a Stroop effect: A theoretical analysis and new empirical findings / P. A. Starreveld, W. La Heij // *Psychonomic bulletin & review*. – 2017. – Vol. 24. – №. 3. – P. 721-733.
208. *Steinhauser M., Hübner R.* Distinguishing response conflict and task conflict in the Stroop task: evidence from ex-Gaussian distribution analysis / M. Steinhauser, R. Hübner // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2009. – Vol. 35. – №. 5. – P. 1398.

209. *Stirling N.* Stroop interference: An input and an output phenomenon / N. Stirling // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 1979. – Vol. 31. – №. 1. – P. 121-132.
210. *Stroop J. R.* Studies of interference in serial verbal reactions / J. R. Stroop // *Journal of experimental psychology*. – 1935. – Vol. 18. – №. 6. – P. 643.
211. *Sugg M. J., McDonald J. E.* Time course of inhibition in color-response and word-response versions of the Stroop task / M. J. Sugg, J. E. McDonald // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1994. – Vol. 20. – №. 3. – P. 647.
212. *Székely M., Michael J.* The Sense of Effort: a Cost-Benefit Theory of the Phenomenology of Mental Effort / M. Székely, J. Michael // *Review of Philosophy and Psychology*. – 2020. – P. 1-16.
213. *Valle-Inclán F.* The locus of interference in the Simon effect: An ERP study / F. Valle-Inclán // *Biological Psychology*. – 1996. – Vol. 43. – №. 2. – P. 147-162.
214. *Van De Meerendonk N.* Monitoring in language perception: mild and strong conflicts elicit different ERP patterns / N. Van De Meerendonk et al. // *Journal of cognitive neuroscience*. – 2010. – Vol. 22. – №. 1. – P. 67-82.
215. *van Maanen L.* Stroop and picture—word interference are two sides of the same coin / L. van Maanen, H. van Rijn, J. P. Borst // *Psychonomic bulletin & review*. – 2009. – Vol. 16. – №. 6. – P. 987-999.
216. *Van Veen V., Carter C. S.* Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: a functional MRI study / V. Van Veen, C. S. Carter // *Neuroimage*. – 2005. – Vol. 27. – №. 3. – P. 497-504.
217. *Verguts T., Notebaert W.* Adaptation by binding: A learning account of cognitive control / T. Verguts, W. Notebaert // *Trends in cognitive sciences*. – 2009. – Vol. 13. – №. 6. – P. 252-257.
218. *Virzi R. A., Egeth H. E.* Toward a translational model of Stroop interference / R. A. Virzi, H. E. Egeth // *Memory & cognition*. – 1985. – Vol. 13. – №. 4. – P. 304-319.

219. *Wagenmakers E. J., Brown S.* On the linear relation between the mean and the standard deviation of a response time distribution / Wagenmakers E. J., Brown S. // *Psychological review.* – 2007. – Vol. 114. – №. 3. – P. 830.
220. *Williams E.* The effects of amount of information in the Stroop color word test / E. Williams // *Perception & Psychophysics.* – 1977. – Vol. 22. – №. 5. – P. 463-470.
221. *Zahedi A.* Eliminating stroop effects with post-hypnotic instructions: Brain mechanisms inferred from EEG / A. Zahedi et al. // *Neuropsychologia.* – 2017. – Vol. 96. – P. 70-77.
222. *Zhou X.* Chinese kindergartners' automatic processing of numerical magnitude in Stroop-like tasks / X. Zhou et al. // *Memory & cognition.* – 2007. – Vol. 35. – №. 3. – P. 464-470.

Приложения

Список изображений⁴⁷ дистракторов, используемых в 2.5

Для экспериментов, описанных в пункте 3.2.:

Изображения: апельсин, арбуз, бинокль, веер, гвоздь, груша, зажигалка, замок, карандаш, ключ, кольцо, конфета, лимон, молоток, морковь, мыло, ножницы, носок, огурец, очки, перо, подушка, пуговица, ремень, рюкзак, сапог, свеча, скрипка, тарелка, топор, утюг, шапка, шахматы, шляпа, шприц, яблоко

Высокочастотные дистракторы: акцент, ангел, балкон, береза, болото, борода, бровь, букет, волна, волос, горло, график, дорога, живот, забор, знамя, камень, карман, книга, колено, крест, крышка, кукла, кухня, лагерь, ладонь, лента, лозунг, медаль, металл, молоко, монах, мышца, ноготь, обувь, огород, одежда, озеро, океан, палуба, патрон, пещера, письмо, плато, пленка, плечо, поезд, полка, почва, премия, пятно, радио, рецепт, рукав, рюмка, снаряд, снимок, собака, сосуд, стакан, стена, судно, ткань, точка, туман, урожай, чайник, шинель, шкура, шоссе, штраф, экипаж.

Низкочастотные дистракторы: арахис, баобаб, батут, бахилы, бекон, белила, бирюза, брошь, брынза, булава, варан, вафля, вепрь, выдра, гиена, гончая, графит, гренки, гуашь, доспех, дрель, дротик, замша, зефир, инжир, кашне, кинза, койот, колчан, колье, комикс, куница, курага, лаваш, ластик, лейка, лобзик, магма, мангал, манго, мопед, метеор, мидия, миксер, модем, мопед, олива, панда, пончик, разъем, ребус, репей, рулет, сакура, сверло, скунс, сойка, спаржа, спрей, таймер, тесак, тунец, турник, финик, цунами, чабрец, шалфей, шампур, шифер, штатив, эклер, эллипс.

«Легко опознаваемые» дистракторы (в скобках – медианное время опознания этих дистракторов в зеркальном виде в мс): океан (807), одежда (822), стена (862), стакан (869), шоссе (885), чайник (914), волос (938), сосуд (939), книга (940), кухня (994), точка (999), бекон (1011), снимок (1028), доспех (1032), шалфей (1048), собака (1062), вафля (1078), зефир (1081), балкон (1089), экипаж (1093), знамя (1103), модем (1112), тунец (1119), пятно (1131), лаваш (1167), рюмка (1175), поезд (1180), манго (1188), колосс (1218), график (1221), мопед (1231), металл (1261), метеор (1270), спаржа (1278), лозунг (1282), дорога (1321).

«Сложно опознаваемые» дистракторы (в скобках – медианное время опознания этих дистракторов в зеркальном виде в мс): металл (1261), метеор (1270), спаржа (1278), лозунг (1282), дорога (1321), финик (1323), снаряд (1361), тесак (1362), магма (1368), обувь (1391), береза(1420), чабрец (1434), пончик (1435), акцент (1438), графит (1451), арахис (1456), батут (1496), кашне (1505), вепрь(1525), миксер(1538), куница(1547), шкура(1549), ластик(1568), лобзик (1642), гиена (1653), ноготь (1795), радио (1801), ладонь (2000), палуба (2000), патрон (2000), пещера (2000), рецепт (2000), урожай (2000), бирюза (2000), булава (2000), варан (2000), дротик (2000), сакура (2000), спрей (2000), таймер (2000), турник (2000).

Для экспериментов, описанных в пункте 3.3.:

Эксеримент 1 (изображения): апельсин, арбуз, бинокль, веер, гвоздь, груша, зажигалка, замок,

⁴⁷ Доступ к самим изображениям можно запросить по ссылке <https://sites.google.com/site/bosstimuli/> Результаты адаптации изображений опубликованы в статье (Сопов, Стародубцев, Мирошник, 2019) находятся на сайте журнала Высшей Школы Экономики (<https://psy-journal.hse.ru/additionalmaterials>).

карандаш, ключ, кольцо, конфета, лимон, молоток, морковь, мыло, ножницы, носок, огурец, очки, перо, подушка, пуговица, ремень, рюкзак, сапог, свеча, скрипка, тарелка, топор, утюг, шапка, шахматы, шляпа, шприц, яблоко.

Эксперимент 1 (псевдослова): Баркер, безин, бекал, берно, булак, ветел, волот, газар, гальто, гарта, гитама, гусор, данка, двонец, дузей, журвал, звезда, зечка, зрова, кавина, капня, кверь, кестёр, кесть, кирвич, кленка, ковень, кортюм, кропка, кумага, курта, летвь, локорь, мараж, матро, майзаж, несть, нокзал, омеяло, онтров, орупие, панец, патка, пачта, пикот, поквал, поруда, пость, рамета, ребсо, репион, речать, савод, сапай, сволб, сдина, смелко, снеть, спилка, сулнце, сюрьма, талка, телезо, толния, трялка, фиджак, фрела, футол, чалка, шесок, экрал, ягона.

Эксперимент 1 (частотные слова): акцент, ангел, балкон, берёза, болото, борода, бровь, букет, волна, волос, горло, график, дорога, живот, забор, знамя, камень, карман, книга, колено, крест, крышка, кукла, кухня, лагерь, ладонь, лента, лозунг, медаль, металл, молоко, монах, мышца, ноготь, обувь, огород, одежда, озеро, океан, палуба, патрон, пещера, письмо, платок, плёнка, плечо, поезд, полка, почва, премия, пятно, радио, рецепт, рукав, рюмка, снаряд, снимок, собака, сосуд, стакан, стена, судно, ткань, точка, туман, урожай, чайник, шинель, шкура, шоссе, штраф, экипаж.

Эксперимент 2 (изображения): арбуз, бинокль, гвоздь, груша, зажигалка, замок, карандаш, кольцо, конфета, лимон, морковь, ножницы, носок, огурец, очки, перо, подушка, пуговица, ремень, рюкзак, сапог, свеча, скрипка, тарелка, утюг, шахматы, шляпа, яблоко.

Эксперимент 2 (редкие слова): амвон, батог, бонитет, вельвот, гайдук, дерен, джезва, ирмос, клошар, клуна, кубло, кудель, левкас, лемех, лобии, лоция, лярва, мульча, нельма, окатыш, олефин, осокорь, патерик, пелотон, пергола, планида, плунжер, рдест, родстер, рокарий, сейнер, серотип, серсо, трепанг, цессия, экзарх, эмитент, эмпирей, эпитоп, эрбий, эстамп, янтра.

Эксперимент 2 (частотные слова): Автомат, барьер, блокнот, бумажка, венки, взнос, гвоздь, глазок, группа, делегат, добавка, журнал, забор, запас, захват, кассета, контакт, критик, кусок, лампа, ложка, марка, машина, невеста, оружие, пакет, палатка, перелом, песенка, печать, пласт, пучок, расчет, силуэт, система, спуск, съезд, ткань, фактор, эксперт, элемент, юбилей.

Для экспериментов, описанных в пункте 3.4.

Список дистракторов с «легкой ошибкой»: самалет, аткрытие, жилание, калесо, ахотник, ошипка, песьмо, рибята, офециант, жыдкость, васторг, титрадь, ростение, молако, праблема, придмет, стокан, таварищ, цвиток, парядок, сабытие, довление, квартира, римонт, живопись, аждание, периулок, обарона, плонета, чимодан, пестолет, обищение, сабрание, ресурс, автамат, сазнание, прагноз, пабеда, абучение, рицепт, сцинарий, уражай, любофь, картина, сабака, фомилия, кледка.

Список дистракторов с «трудной ошибкой»: бондит, юбелей, разрыф, бинзин, жывное, прятель, влеяние, трогедия, коралева, гироиня, виртолет, ридакция, пищера, корман, презыв, тоблица, трупка, асколок, фанарь, бриджы, субъект, абразец, кантора, подение, периход, паладка, анекдод, нагруска, кортинка, болкон, мушчина, партрет, вентовка, борада, аеродром, лецензия, падход, инженер, серидина, кислород, гормония, аркестр, бумашка, страница, арамат, семенар, ощущение.

Список дистракторов с ошибкой в словах, преимущественно средней частоты: аливка, апушка,

бинзин, биреза, брилок, вакзал, варота, ветраж, вулкан, гипард, гозета, голава, дерево, доктор, доллар, дрокон, жилток, звизда, зночок, зоноза, калено, камира, каралл, клеви́р, кледка, кленок, комекс, корась, кочели, крыжка, ласось, лесток, локать, лошадь, мантея, машина, менута, молнея, моневр, мрамар, облако, олтарь, оружие, офецер, пежама, песьмо, печинь, пидаль, плидка, потрон, поштет, пребор, прянек, пудиль, ригион, рокета, сабака, сектар, сертце, скаска, снимак, стакан, суслек, теннес, тилега, трафей, тренир, фанарь, флокон, фляшка, фосо́ль, чирдак, чирпак, шошлык, экепаж, эскемо

Частотные слова с ошибкой: агонь, адежда, аппорат, вална, выстафка, гозета, голава, горад, дерево, диревня, дакумент, животное, зимля, зовод, карабль, кастюм, квартира, кобинет, комнота, корман, кровать, лестнеца, лодонь, лошадь, магозин, мошина, миханизм, октер, организм, песьмо, пличо, поезд, режессер, растение, сабака, серидина, слиза, спена, сталица, страница, телифон, театр, тоблица, улеца, цвиток, церкофь, четатель, чиловек.

Редкие слова с ошибкой: алива, базелик, ботут, бохилы, бриджы, валан, вишинка, воран, гарбус, гарбуша, геббон, грефон, дазатор, даспех, дискавод, дифис, зифир, зяплик, иклер, калчан, касадка, кенза, кинакадр, коноэ, кошалот, круоссан, лепучка, мапед, миксер, мускад, падлива, пармизан, прищетка, рагалик, рошки, снеговик, татем, творажок, торзанка

Для экспериментов, описанных в пункте 3.5.

Изображения: ананас, арбуз, банан, батарейка, веер, вентилятор, весы, вилка, гвоздь, глобус, груша, калькулятор, карандаш, киви, клавиатура, клубника, ключ, кокос, конверт, конфета, кроссовок, лейка, лимон, малина, микроскоп, молоток, мыло, мышеловка, ножницы, ноутбук, огнетушитель, огурец, очки, перо, пицца, подушка, принтер, пуговица, расческа, ремень, рис, рубашка, рюкзак, сапог, свеча, скалка, сковорода, скрепка, скрипка, спичка, тарелка, терка, топор, утюг, фен, фотоаппарат, футболка, шапка, шарф, шахматы, шляпа, шприц, штопор, яблоко.

Слова: архив, базар, банка, барьер, билет, болото, бровь, бумага, ветвь, ворот, газета, гнездо, график, дворец, дорога, железо, завод, звезда, знамя, кабина, карта, кисть, корень, костер, крест, кулак, куртка, ладонь, лента, локоть, металл, метро, молоко, мусор, мышца, ноготь, океан, оружие, остров, палец, пальто, папка, патрон, пейзаж, печать, пиджак, письмо, пламя, платок, рецепт, рюмка, сарай, сосна, стекло, стена, степь, столб, стрела, ткань, точка, туман, тюрьма, шура, ягода.

Saint-Petersburg State University

Starodubtsev
Alexey Sergeevich

Role of Distractor Control in the Emergence of the Stroop Effect

5.3.1 – General Psychology, Personality Psychology, History of Psychology

Thesis for the degree of Candidate of Psychological Sciences

Translation from Russian

Academic Advisor
doctor of Psychology
Professor V. M. Allakhverdov

Saint-Petersburg
2023

CONTENTS

CONTENTS	172
INTRODUCTION	173
CHAPTER 1. OVERVIEW OF THE MAIN INTERFERENCE EFFECTS AND THEIR INTERPRETATIONS	182
1.1. Basic phenomena of stroop interference	182
1.2. Interpretations of interference effects	191
1.3. Cognitive mechanisms for overcoming interference	203
1.4. Problems of interference research and their solutions	219
CHAPTER 2. JUSTIFICATION OF THE RESEARCH METHODS	231
2.1. Methods for testing hypothesis 1	231
2.2. Methods for testing hypothesis 2	234
2.3. Methods for testing hypothesis 3	236
2.4. Methods for testing hypothesis 4	239
CHAPTER 3. EXPERIMENTAL RESULTS	244
3.1. The “Stroop squares” block of experiments	244
3.2. Distractor deformation in the picture-word test	257
3.3. Interference effect of pseudowords and unfamiliar words	266
3.4. Interference effects of words with spelling errors	271
3.5. Effect of target processing complexity on the magnitude of interference....	277
3.6. Influence of distractor-target similarity on the magnitude of interference....	284
3.7. General discussion of the results of the experiments	293
FINDINGS	296
CONCLUSION	297
REFERENCES	300
Appendix	324

INTRODUCTION

In cognitive psychology, the Stroop effect is considered one of the most reliable and robust phenomena. It is a powerful effect, easy to demonstrate in the classroom. The Stroop test has been considered “the gold standard” for studying the mechanisms of attention, it has also been used to study learning and cognitive control. The phenomenon of Stroop interference can be seen in many psychological processes, and is often considered a research topic in its own right.

In the classic Stroop method, the participants are asked to name as quickly as possible the colors of words (which are typed in different colors), while ignoring their meanings. A strong interference effect has been discovered – the participants take more time to respond and make more mistakes when the word is incongruent (e.g. the word “red” typed in blue) as compared to when they are shown colored meaningless symbols (e.g. “#####”).

Previous Research on the Topic

There have been attempts to explain the Stroop interference phenomenon using classical cognitive theories (such as the automaticity theory, resource theory, cognitive control theory, etc.), but every time effects were discovered that could not be explained within these theories. On the other hand, many specific aspects of interference have been researched: whether both the distractor and the target (the color and the meaning) are processed at the same time or one after the other, on which stage of information processing interference appears, which psychological processes (attention, memory, cognitive control) are connected to the interference effect, etc.

In modern cognitive psychology, Stroop interference is usually explained using cognitive control models. In these models, the size of the interference effect depends on how quickly the cognitive control system resolves the cognitive conflict between the color of the word and its meaning, i.e. how quickly it can inhibit the processing of the word and reinforce the processing of its color. Such models see the automatic processing of distractors as the reason for the cognitive conflict. However, several phenomena hint that the Stroop effect does not arise due to automatic distractor

processing. For example, there are a number of conditions where the effect is significantly reduced or even nonexistent: the Stroop effect can become negligibly small in situations of competition; the Stroop effect is significantly reduced if only one letter in each word is colored or if the same distractors are used in all trials. This poses a problem: if the Stroop effect does not arise due to automatic psychological processes, then what is the logic of its origin?

The Stroop effect has been studied in a lot of different directions. Stroop-like effects have been discovered for different types of stimuli (images, letters, numbers, etc.), different modalities (acoustic, magnetic, tactile), and different ways of responding to the stimuli (naming the response aloud, pushing buttons, moving gaze to certain sectors of the screen, walking on a rug with Stroop words written on it, etc.). Thus, there exists a class of interferential phenomena that negatively affect the efficiency of performance of the target task when there is a distractor.

Theoretical and Methodological Basis of the Research

This research was performed within the context of the cognitive approach in psychology and is based on the principles of the scientific method: simplicity, congruence, idealization, falsifiability and the principle of independent verification.

In our research, we draw upon V. Allakhverdov's concept of consciousness (Allakhverdov, 1993; Allakhverdov, 2000; Allakhverdov, 2014). V. Allakhverdov's concept explains the interference as arising due to our consciousness controlling whether the task of ignoring the distractor is performed. It is proposed that, in the Stroop test, not only the task performance is controlled, but also whether it was the correct task. Every Stroop stimulus has two qualities (color and meaning), so the possibility of an interferential mistake is also controlled (controlling whether the task of ignoring the distractor was not performed). However, when a person tries to check if they have or have not read a word, this inevitably leads to reading the word (to controlling the distractor), just as it is impossible to perform the task of “not thinking about a white monkey”.

Research Methodology

In our experiments, the following characteristics of stimuli were varied: complexity and similarity of distractors and targets, the context in which the stimuli were presented. We used three groups of methods: the classical Stroop test (color-word), the Stroop squares test (subjects have to find as quickly as possible a square that matches the word's meaning, while ignoring its color), and the picture-word test (subjects have to name objects in pictures as quickly as possible, ignoring words overlaid on them). In the Stroop test, the same stimuli are repeated many times, which makes this test convenient for researching the role of similarity between distractors and target stimuli; in the picture-word test, unique distractors and targets are used, which makes it convenient for researching the effects of complexity of distractors and targets. In the Stroop squares test, the conflict between the stimuli is difficult to notice quickly, so the magnitude of interference should strongly depend on the control strategy, subconsciously chosen earlier.

The subject of the study is the effects of Stroop interference.

Topic: distractor control as the reason for interference effects.

Research objective: drawing conclusions from the hypothesis of the control of the task of ignoring mechanism and their experimental verification.

Research tasks:

1. Describe the main Stroop interference phenomena.
2. Analyze theories of Stroop interference.
3. Describe methodological and theoretical problems in the research of interference, introduce methods for their resolution.
4. Formulate the hypotheses of the research, analyze these hypotheses based on known empirical data.
5. Formulate empirical hypotheses, devise methods for their verification.
6. Test our hypotheses in an experimental study.

Points for Thesis Defense:

1. The interference effect increases if the subject has formed a non-conscious

strategy that includes controlling whether the task of ignoring the distractor was not performed.

2. In various modifications of the Stroop test (for example, the picture-word test), increasing the difficulty of the experimental task leads to a decrease in the magnitude of interference.

3. The connection between the complexity of distractors and the size of the Stroop effect is non-linear – interference decreases both when distractors are too simple and when they are too complex.

4. The interference effect decreases when processing the distractor prompts the correct response or facilitates processing of the relevant stimulus.

Hypotheses:

1. The interference effect arises when conflicting and non-conflicting stimuli are easily distinguished from one another (i.e., when they are shown in different blocks or when the distractor is shown before the target).

2. Interference increases when distractors are slightly more complex (i.e., low-frequency words, pseudowords or misspelled words) and decreases when distractors are significantly more complex (low-frequency words typed upside-down).

3. The interference effect decreases when the complexity of the main task is increased (i.e., targets are less familiar or deformed with a graphic editor)

4. When the distractor and the target are congruent, interference decreases even if the distractor does not correspond to the correct response. Increase in similarity of responses to the distractor and the target also leads to a decrease in interference.

Scientific novelty

In this thesis, we argue that cognitive control is not a means of resolving interference, but rather the reason for its existence. However counterintuitive this hypothesis might seem, it leads to deriving verifiable conclusions that uniformly explain multiple interferential phenomena and predict new ones:

1) The first prediction is the role of distractor complexity in producing interference. It is a well-known fact that simpler distractors (in terms of processing

speed) produce less interference (e.g., high-frequency words interfere more than low-frequency words). However, sometimes they produce more interference (e.g., interference is lower when distractors are distorted using a graphic editor). We have proposed and tested the following interpretation: using more complex distractors increases interference until a certain level of complexity when distractors and target stimuli are no longer perceived as conflicting.

2) Secondly, we have studied the role of a subconscious strategy that includes control of the distractor. We propose that it is this strategy that gives rise to interference phenomena. This proposition contrasts with many other models of interference, according to which, if the subjects are prepared for incongruent stimuli, the interference effect decreases.

3) Thirdly, we have demonstrated that interference is lower when the distractor is similar to the correct response or the target. Many theories of interference propose that semantic or motor similarity between the distractor and the target increase the competition between them, thus increasing the interference. We propose that this is only true when comparing the distractors that resemble the correct response to the distractors that do not resemble the correct response. Based on the idea of sequential control, the control of the distractor should, in general, occur quicker if the controlled target was similar to the distractor.

To independently test our hypotheses, we used classic methods as well as creating new ones. For example, we adapted the BOSS⁴⁸ photo bank for Russian-speaking participants, verified the effects of lexicalization and deformation of distractors and discovered that these effects interact with each other, which means that they share a common origin mechanism. In our experiments, we have controlled hidden parameters of the stimuli: the speed with which errors in words were detected, the level of familiarity of low-frequency Russian words, the method of creating pseudowords, etc.

We modified F. Durgin's method, creating the "Stroop squares" method, which is more convenient for testing the effect of preparedness for processing conflicting stimuli. We controlled for the level of similarity between distractors and targets by manipulating

⁴⁸ Bank of Standardized Stimuli

the distance between the buttons that corresponded to the distractor and the target. Semantic similarity between the distractor and the target were studied using the “paradoxical naming” method. In this method, it is not the stimuli that produce conflict (part of the stimuli were congruent – e.g., “red” typed in red), but the task to name the colors incongruently (e.g., call red stimuli yellow).

Scientific Value

The Stroop test is one of the main methods for studying learning processes and attention mechanisms. However, it is most often used in cognitive control research. It is thought that the Stroop test is where the following two psychological processes meet: conscious information processing (target processing) and automatic information processing (distractor processing). Consequently, the Stroop effect is used to support dualistic models of psychological processes whose origins date back to Descartes’ philosophy.

On the theoretical level, dualistic models are criticized for implying the existence of a “homunculus” – a tiny person in one’s head that knows in advance the correct solution to every task. On the empirical level, many researchers have tried to debunk dualistic models by showing that interferential effects are produced by separate operation of a number of adaptational mechanisms with no single executive center (to quote S. Monsell and D. Driver, “an army of idiots” (Monsell, Driver 2000)).

However, in spite of justified criticism of dualistic models, no clear alternatives have yet been proposed. Advocating an approach that substitutes a single executive center with a number of smaller-scale executive mechanisms means refusing to search for a unified explanation even for similar phenomena, which, for us, is an important methodological criterion. In this paper, we are aiming to explain the multitude of interference phenomena using a limited number of hypotheses based on the concept of control that was proposed by V. Allakhverdov.

Practical value

The Stroop test has been used as a diagnostic tool to assess the level of attention development in schoolchildren and in professional ability tests (Osipov, 1992), as well

as to assess cognitive functions in clinical studies (Khromov, 2011). A number of studies (e.g., Cox et al., 2006) have examined the relationship between the magnitude of interference in subjects and their ability to resist bad habits. Cross-linguistic versions of the Stroop test have been used to assess linguistic distance between languages (Marian et al., 2013). The Stroop methodology is used to diagnose the sensitivity of certain groups of people to "specific stimuli." Patients with depression are more distracted by such words as "fear" and "grief" (Bentall, Thompson, 1990), those suffering from alcoholism – by the words "vodka", "bottle" (Ryan, 2002), etc. M. Zotov and colleagues created the "Signal" technique for assessing suicide risk, which is based on the fact that suicidal participants involuntarily pay attention to words like "rope", "blade", etc. (Zotov et al., 2003)

In our opinion, theoretical understanding of the phenomenon of interference will allow researchers to better interpret results produced by techniques based on this phenomenon. For example, it may help resolve the question of whether subjects are distracted by conflicting stimuli because of weakened control or because of the conflict stimulus producing a more vivid image.

The validity of the results is ensured by the use of a wide arsenal of research methods and the use of appropriate statistical methods. Our theoretical hypotheses were tested using color-word, picture-word, and Stroop-square techniques. Experimental conditions were studied using various types of stimuli. For example, to create the "more complex distractors" condition, we used low-frequency words, misspelled words, and pseudowords. Three different techniques for creating pseudowords were used, and the rate of error detection in words was varied. Extraneous variables were controlled in two ways: either through the design of the experiment (balancing extraneous factors within the experimental and control groups) or by conducting a separate study to clarify the values of extraneous variables. In addition, various techniques were used to make the processing of the target more difficult (presenting unfamiliar or visually distorted targets) as well as different ways to make the distractor and the target more similar, and different ways of producing subconscious distractor control strategies in subjects.

Approbation of the Research Results

The results of the research were presented and discussed at Russian and international conferences: the conference “Ananyevskie chteniya” (“Ananiev Readings”) (St. Petersburg, 2015, 2016, 2018, 2018), the conference "Psychology of XXI century" (St. Petersburg, 2016, 2016), the International Smolny Student Conference (St. Petersburg 2017, 2019), the Lomonosov conference (Moscow, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020), the conference at the School of Psychology of the Higher School of Economics (Moscow, 2019), the conference “Cognitive Science in Moscow: New Research” (Moscow, 2019), the The Karl Duncker Summer School for Young Scientists (Moscow, 2016, 2018), the Russian National Scientific Conference in Memory of Jerome Bruner “Cognitive psychology: higher- and low-order processes” (Yaroslavl, 2018, 2019), the VIII International Conference on Cognitive Science (Svetlogorsk, 2018), the conference “Modern Cognitive Research” in the Northern (Arctic) Federal University (Arkhangelsk, 2018), the VIII International Interdisciplinary Conference on Cognitive Science “Cognitive Studies” (Minsk, 2019), VII International Symposium On Motivational And Cognitive Control In Berlin (Berlin, 2019).

As a result of the research, 12 scientific articles were published: 4 in journals indexed in the Scopus/Web of Science databases, and 4 published in journals recommended by the Higher Attestation Commission (VAK):

- 1) Allakhverdov M.V., Starodubtsev A.S. Influence of Distracter’s Location on Stroop Interference. St. Petersburg Journal of Psychology. 2016. № 17. pp. 125-150.
- 2) Starodubtsev A.S., Allakhverdov V.M. Influence Of Expectation Of conflicting stimuli On Stroop Effect. Vestnik of St. Petersburg State University. Psychology and Pedagogy. 2017. T. 7. № 2. pp. 137-153
- 3) Starodubtsev A.S. Influence Of Cognitive Control On The Stroop Effect. St. Petersburg Journal of Psychology. 2018. № 24. pp. 40-62.
- 4) Starodubtsev A. S., Miroshnik K. G., Sopov M. S. The Distractor Lexicality Effect In The Picture–Word Interference Task. Shagi/Steps. 2019. Vol. 5. № 1. pp. 8-24. DOI: 10.22394/2412-9410-2019-5-1-8-24.
- 5) Sopov M. S., Starodubtsev A. S., Miroshnik K.G. The Effect Of The

Target's Subjective Complexity On The Picture-Word Interference. Vestnik of Saint Petersburg University. Psychology, 2019, vol. 9, issue 1, pp. 92–106. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu16.2019.107>

6) Sopov M.S., Starodubtsev A.S., Miroshnik K.G., Shindrikov, R.Yu. The Bank of Standardized Stimuli (BOSS): Adaptation for Use in Russian-Language Studies. Journal of the Higher School of Economics. 2019. Vol.16. № 4. pp. 690-704.

7) Starodubtsev A.S., Miroshnik K.G. Mistakes In High-Frequency And Low-Frequency Words Increase Stroop interference. Theoretical and Experimental Psychology. St. Petersburg State University. 2019. Vol.12. № 3. pp. 63-71.

8) Starodubtsev A.S., Miroshnik K.G. Speed Of Distractor Processing Affects Stroop Effect. St. Petersburg Journal of Psychology. 2019. № 28. p. 4

9) Starodubtsev A.S., Allakhverdov M.V. Semantic Conflict and Response Conflict in the Stroop Task. The Russian Journal of Cognitive Science. 2019. Vol. 6 (4) pp. 24-38.2-64. doi: <https://doi.org/10.47010/19.4.3>

10) Starodubtsev A.S., Allahverdov V.M. Remembering contradiction information in the light of the hypothesis of a nonconscious search for a resolution of contradictions. Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia), 2020. Vol. 13, no. 1, p. 20—34. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130102>. (In Russ.)

11) Allakhverdov, V. M., Naumenko, O. V., Filippova, M. G., Shcherbakova, O. V., Avanesyan, M. O., Voskresenskaya, E. Yu., Starodubtsev, A. S. (2015) How Consciousness Gets Rid Of Contradictions. Shagi / Steps, 1 (1), 165–181

12) A. S. Starodubtsev, M.V. Allakhverdov / Stroop Effect: Conflict Detection and Control Strategy Factors [text] // Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics: Proceedings of the 9th International Conference on Cognitive Sciences, Intercognsci-2020, October 10-16, 2020, Moscow, Russia. – Springer Nature, 2021. – T. 1358.

CHAPTER 1. OVERVIEW OF THE MAIN INTERFERENCE EFFECTS AND THEIR INTERPRETATIONS

In the first section, we describe the empirical phenomena of Stroop interference. In the second section, we recount the hypotheses of how interference occurs. The third section deals with the mental processes that, presumably, reduce interference. In the fourth section, we formulate the main limitations of our research and discuss possible ways of resolving them.

1.1. Basic phenomena of stroop interference

1.1.1. The stroop methodology and its main uses

The Stroop test originated within the behavioristic tradition. Behaviorism explains human behavior by connections between stimuli and reactions. Behaviorists investigated the influence of a learned association on the formation of other associations with the same stimulus. For example, subjects were taught to respond to the syllable “gar” with “pim”. After they learned to perform this task without errors, the instructions changed: the participants were asked to give new responses in response to the old stimuli (e.g, respond to the syllable “gar” with “kug”). According to the researchers, previously learned associations interfere with the formation of new associations (although it depends on how similar the syllables are to each other, see Piaget, Fraise, 1973). The described methodology requires a long time for both formation of the original association and for learning a new one. J. R. Stroop suggested using associative connections that have been formed over the course of the subjects’ lives (Stroop, 1935). People read a lot and the act of reading becomes automatic. For this reason, words should be read regardless of the instructions given to the participants. In the original Stroop test, subjects were asked to name the colors of colored words. It turned out that subjects performed this task more slowly when there was a mismatch between the word’s color and its meaning (e.g., the word “green” typed in blue) than in the control condition (colored meaningless symbols).

Stroop believed that being used to reading interferes with the ability to name the colors of the words quickly. Despite the “mechanistic” nature of this explanation, it includes an underlying idea of control. In most trials, subjects successfully perform the task of naming the colors of the words, albeit with a time lag. If the stimulus-response association completely determined human behavior, subjects would just read the words instead of naming their colors. Therefore, the Stroop effect demonstrates both the influence of automatic stimulus processing (because response times are shorter in the control condition) and the influence of cognitive control (seeing as the subjects are still more likely to give the correct response).

Subsequently, the Stroop test became one of the most popular techniques in cognitive psychology (see MacLeod, 1992; Allakhverdov, Allakhverdov, 2014 for reviews). The Stroop effect has been considered one of the most verified, large in magnitude, and reliable phenomena. Some researchers even refer to it as “one of the most robust effects” (Kinoshita et al. 2017).

The Stroop test has been deemed the “gold standard” for studying attentional effects (Macleod, 1992), learning, cognitive control, and automatic mental processes (Besner, Stolz 1999; Flaudias, Llorca 2014, Algom, Chajut, 2019). The Google Scholar database contains over 10,000 articles on Stroop interference. The study of interference proceeds in two ways: “in depth” and “in breadth.” Researching “in depth” means trying to decompose the classical effect into its constituent parts. To cite S. Kinoshita’s witty observation, “It is widely agreed that the Stroop effect reflects conflict between the color and the to-be-ignored word, but much is still not known about the nature of that conflict” (Kinoshita, 2017, p. 824). Each of the word’s parameters can affect the interference effect: its graphic representation, its meaning, the fact that it’s read automatically, etc. Furthermore, each of the parameters can either be a necessary condition for interference or only increase the influence of the other parameters.

Researching “in breadth” involves trying to achieve the Stroop effect on a different experimental material. Such works use the framework of the original methodology: the element to be responded to (the target) and the element to be ignored (the distractor).

For example, in the picture-word test, the subjects have to quickly name images and ignore words superimposed over them. The difference between the time they take to name images superimposed with meaningful words and the time needed to name images superimposed with meaningless symbols (XXXXX) is referred to as the interference effect. There is a whole class of similar techniques called “the Stroop-like effect” (see MacLeod, 1991 for a review). Some authors argue that there is no way to uniformly explain the results of different interference tests (see Algom and Chajut, 2019; Schmidt, 2015). Other approaches treat different interference tests as interchangeable (Botvinick et al., 2001; Braem, 2019).

1.1.2. Variety of interference factors. Semantic gradient effect

The Stroop effect is thought to be characterized by the difference between response times and error rates when presented with incongruent and control stimuli. Incongruent (incomputable) refers to stimuli whose color does not match their meaning. However, there is no universally accepted understanding of 1) what control stimuli to use exactly (see Lorentz, 2016; Osipov, 1992), 2) what exactly should be the “meanings” of incongruent words. The word “meanings” is put in quotation marks, because the interference effect also appears when presented with pseudowords (lamosk, bulama) or even a colored set of letters (avtmvl). The stimulus to be ignored is referred to as a “distractor”. Different kinds of distractors are used in interference tests: words with various characteristics, pseudowords, sets of letters or geometric shapes, etc.

Researchers have tried to categorize different distractors according to the strength of their interference effect. We describe some of them below, going from the highest to the lowest interference effect.

1. The classical condition: color names are used as distractors. These names can potentially be the correct response, but they are incongruent with the actual color of the word. For example, the words “red”, “green”, “yellow”, and “blue” in an experiment that uses these same colors.

2. Distractors that are not part of the response set. Words denoting colors that are not the correct response in any of the experimental trials are used as distractors. For example, the words “pink” and “white” are typed in yellow or green.

3. Distractors associated with responses. For example, when the words “sea” or “grass” are used as distractors, while the colors “blue” or “green” could be potential responses. In this case, we study the condition where the color of the word and the color the word is associated with are incongruent (e. g. the word “sea” typed in green).

4. “Non-color” Russian nouns of different frequency (high-frequency, medium-frequency, low-frequency) are used as distractors.

5. Distractors that are adjectives, verbs, or abstract nouns.

6. Pseudo-word distractors (unreadable collections of letters, e.g. “gvrnu”). Note that “readable” pseudowords (“trine”, “homova”) produce even stronger interference than existing words.

7. Sets of letters used as distractors.

8. Geometric figures used as distractors.

9. Congruent distractors, that is, words whose meanings coincide with their colors (the word “red” typed in red).

Most of the conditions described above were studied by G. Klein as early as the 1960s (Klein, 1964) and were further developed in more recent works (Levin, Tzelgov, 2016). G. Klein named the effect “semantic gradient”.

The list of distractors presented above is not exhaustive. Firstly, each of the conditions can be broken down into several more. For example, there are different techniques for creating pseudoword distractors, which often affects the strength of the effect (see Starodubtsev et al., 2019). Secondly, the list of distractors presented above can be expanded. In particular, the interference effect may be influenced by: the language that the word belongs to, the number of letters in the word, the number of lexical neighbors of the word, the saturation of the word’s color, the readability of the font, the position of the stimulus relative to the fixation point, and so on. Even the position of the response keys on the keyboard significantly affects the interference

effect (see below). Thirdly, various combinations of conditions are possible. Some of the factors can combine their influence like layers in a layered pie, and some can only exercise their effect in a specific combination with other factors. For example, categorical relationships between distractors and targets can both increase and decrease interference, depending on whether or not the presented words are deformed (see below).

1.1.3. The response set effect

In most cases, a limited set of stimuli are used in the Stroop test. These are usually the colors “red,” “yellow,” “blue,” and “green.” Thus, the set of potential responses consists of only four items. The use of these four colors is also recommended by S. Braem et al. in an article on methodological standards for studying cognitive control (Braem et al., 2019). In this case, the distractors that are used always belong to the set of possible responses. This particular version of the test is “one of the easiest effects to demonstrate in a classroom” (Durgin, 2000, p. 121).

Nevertheless, names of other colors – for example, “pink”, “white”, “purple”, “gray”, etc. – can also be used as distractors. As early as the 1960s, G. Klein demonstrated a significant interference effect in this condition, although its value was significantly reduced. According to G. Klein, the interference effect decreases as the meaning of the word “drifts away” from the correct response. This pattern has also been confirmed in other works. For example, abstract nouns usually interfere less than concrete nouns because they have less in common with color adjectives (Eskes et al., 1990). In contrast, response times decrease when meanings of the words are associated with their colors (e.g., the word “water” in blue type (Dalrymple-Alford, 1972)).

The response set effect shows that the magnitude of the interference depends on the meanings of the words. The meanings are taken into account by the subject’s mind, even if the subject is confident that he or she did not read the words. In interference tests, subjects develop a “representation of the response” and this representation affects the interference effect.

1.1.4. Effect of the response procedure on the magnitude of interference

In the original study, the stimuli were printed on a paper card in the form of a 10 by 10 table. Now researchers are able to present the stimuli one at a time and record the time of response to a single stimulus. However, in clinical studies, stimuli are still presented on cards. Nevertheless, a work by M. Kindt and colleagues revealed no significant correlation between the interference measured in the "card" version versus when single stimuli are presented (Kindt et al., 1996).

In addition to the way the stimuli are presented, different ways of responding to the stimuli are also used. In the classical version of the test, subjects name colors aloud. However, other ways of giving responses are also used – by pressing a button, moving the gaze to a certain sector of the screen, using the mouse to select a response, etc. For example, a green sticker is attached to a certain button on the keyboard and pressing this button means giving the answer “green” (Schulz, 2017). In a study by F. Durgin, colored squares were presented in the corner of the screen in addition to Stroop words (Durgin, 2000). If the subject wanted to respond “red,” they had to move the cursor to the red sector. Another version of this task is to move the gaze to the corresponding sector (Hodgson et al., 2009).

In the motor version of the Stroop test, there is no need for time-consuming analysis of oral responses. However, the experimental condition where subjects say the responses aloud is more sensitive for testing a number of hypotheses. For example, the distractor frequency effect, – i.e., increased interference for low-frequency words compared to high-frequency words – was found only in the oral Stroop task (Sharma et al., 2010). The effect of negative priming is also demonstrated in the oral version of the Stroop test, but not in the motor version (Mills et al., 2019). Similarly, some effects are only seen in the motor versions of the Stroop task. For example, Stroop himself showed that the color of a word does not significantly affect its reading speed (Stroop asymmetry effect). However, in motor versions of the test, interference also occurs in the task of reacting to word meanings. Moreover, in versions of the test where colored sectors are presented (F. Durgin’s and T.L. Hodgson’s versions), a greater interference

effect was found in the task of reacting to the meaning of a word, but not to its color. F. Durgin referred to this effect as the reverse Stroop effect. A study by Sobel and colleagues (Sobel et al., 2020) showed that the reverse Stroop effect is stronger than the standard Stroop effect in tasks requiring visual search.

Most of the studies that we are aware of consider motor and oral versions of the Stroop task to be interchangeable. The only exceptions are the works specifically aimed at analyzing similarities and differences of the two techniques. In our opinion, the reverse Stroop effect shows that words are not always prioritized in processing, and this should be taken into account when interpreting research results.

1.1.5. Variety of interference tests

There are many techniques that produce a Stroop-like effect. In these techniques, two stimuli are presented, but only one of them must be responded to (the target), and the other must be ignored (the distractor). In the classic technique, the color-word pair is chosen as the target-distractor pair, but other types of stimuli can also be used. For example, the Stroop effect has been found in the auditory modality. If subjects classify words by their volume, they take more time to classify the word “quiet” spoken in a loud voice or the word “loud” spoken in a quiet voice (Morgan, Brandt, 1989). A similar effect has been found in the “gender” Stroop test. People are slower to classify a speaker's gender if a female voice says the word “male” and a male voice says the word “female” (Green, Barber, 1981). The effect is also seen when the meaning of the word and the gender stereotype associated with it do not match (a woman says words like “soccer” or “pirate”) (Most et al., 2007). The Stroop effect has been demonstrated in a stunning variety of modalities. D. Hecht and M. Reiner observed the Stroop effect even in the haptic and magnetic modalities (see Hecht and Reiner, 2010).

However, most versions of the Stroop test use the visual modality. In the numerical version of the Stroop test, subjects name the number of digits and ignore the meaning of the digits (e.g., 333 is a congruent stimulus, 3333 is an incongruent stimulus). Another version of the test requires subjects to name the letter case without reading the words (e.g., "LOW" is an incongruent stimulus, "low" is a congruent stimulus) (Zhou, 2007).

In the flanker task, subjects have to respond to the central stimulus and ignore the lateral stimuli (PPPPP – congruent stimulus, PPSPP – incongruent stimulus) (Eriksen, Eriksen, 1974). In the Simon task, the conflict (Valle-Inclán, 1996) is caused by a mismatch between the spatial positions of the stimulus and the response button. For example, the stimulus is located on the right side of the screen, while the correct response requires pressing the left button.

The variety of techniques creates a problem of choice. S. Braem (Braem et al., 2019) suggests keeping to the classical version of the Stroop test because it is the most commonly used. We believe that the use of particular techniques should be justified by the logic of the study. We know that the numerical version of the Stroop test is sometimes used to avoid screening subjects based on the language they speak. A number of authors emphasize the nuances of specific techniques. For example, the Simon test is distinguished from the spatial Stroop test (Hilbert et al., 2014). In the Simon test, stimuli are ostensibly connected with direction (e.g., arrows pointing to the left or right), while in the spatial Stroop test, this relationship is assigned before the experiment (for example, a blue stimulus requires the left button to be pressed, a red one – the right button).

In the present work, we mainly analyze the empirical results obtained in the color-word⁴⁹ and picture-word paradigms. Other techniques are also analyzed when the theoretical model itself requires testing on various types of stimuli. Along with the color-word test, our work describes the results obtained using the picture-word test. In this test, the stimulus is an image of a familiar object, and the distractor is a word superimposed over it. The magnitude of interference is calculated as the difference between the time it takes to name the image when a word is presented over it and the reaction time when a meaningless set of symbols is presented over it (XXXXX). The similarity of interference phenomena in the picture-word and color-word tests was established in a work by L. van Maanen and colleagues (van Maanen et al., 2009). Subsequently, the conclusions of L. van Maanen and colleagues were also confirmed in

⁴⁹ Sometimes the name “Stroop test” is used to refer to multiple versions of the test (including the picture-word test). When we write “color-word test”, we mean the specific version of the test where colored words are presented.

a work by P.A. Starreveld and V. La Heij (Starreveld, La Heij, 2017). For this reason, we henceforth use the picture-word and color-word techniques as interchangeable methods. Usually in the picture-word test, researchers have more "room for maneuver" because there are more images than colors.

In some techniques, the distractor and the target belong to different classes of objects. For example, a colored rectangle and a word typed in black next to it are used instead of a Stroop word. The Experimental task in this case remains the same – to name the color as quickly as possible while ignoring the meaning. This technique allows the distractor to be presented separately from the target (for example, to present the rectangle 100 ms before the word). One more version of this task is the Stroop matching task. In this task, subjects are presented with a word (for example, "blue" typed in yellow) and a colored rectangle. The subject's task is to decide whether the meaning of the word and the color of the rectangle are the same. There also exists a technique in which two colored words are used as stimuli and the task is to compare the color of one word with the meaning of the other (Dyer, 1973).

Separate presentation of the target and the distractor allows them to be of the same "modality." For example, in the word-word test, two words are presented side by side and the task is to name only one of them (e.g., the topmost one). In this task, the presence of a second word leads to an increase in response time. Moreover, characteristics of the ignored word also affect the reaction time. As in other paradigms, the frequency of the ignored word and its category have a significant effect on the response rate in the word-word test. There is also a picture-picture test, in which the subject needs to respond only to one of the two images presented (Jescheniak et al., 2014). The techniques described above have been used both to validate and to criticize interpretations of interference models.

1.1.6. Conclusion from the first section

It has been shown in numerous studies that the Stroop effect has many gradations and occurs in many conditions. The robustness of the Stroop effect with respect to

modality, response type, and method of stimulus presentation points to the existence of a common mechanism for interference phenomena.

The Stroop interference effect is usually described by a situation in which 1) two stimuli or one stimulus with two conspicuous properties are presented 2) the task is to respond to only one stimulus (target), and to ignore the other (distractor) 3) the ignored stimulus (distractor) significantly affects the speed/accuracy of the task performance.

Based on experimental results, we can identify conditions in which interference is increased: 1) the distractor is part of the set of possible responses 2) the target is “semantic” in nature (the color of the word, the name of the image), and the distractor is “physical” in nature (lettering, spatial location of the stimulus).

There is evidence of similarities between picture-word and color-word tests even in specific details. For the most part, it is these paradigms that we study below. Other interference tests are analyzed when the hypothesis requires their use. However, without knowing the causes of Stroop interference, it is difficult to clearly delineate the boundaries of the effect. In the second section, we analyze the theories that have attempted to describe the information processing phenomena that give rise to the Stroop effect.

1.2. Interpretations of interference effects

In the early days of cognitive psychology, mental phenomena were explained by algorithms of information processing. There was an illusion that, if the correct parameters of information were selected, it was possible to explain any mental phenomenon. They tried to explain Stroop interference by such parameters as “degree of automaticity”, “rate of mental processes”, “comparability of the stimulus and the response”, “frequency of stimuli”, “measure of connection between stimuli”, etc. In the models discussed, the main emphasis is placed on the causes of interference. The most often suggested causes are: automatic distractor processing, high rate of distractor processing, ability to process the distractor without spending attention resources, and information processing occurring in stages.

1.2.1. The Stroop effect and the concept of automaticity

Few deny the existence of automatic mental processes. Such processes also occur when performing the Stroop test. The question is whether automatic distractor processing is sufficient for interference to occur.

The classical definition of automatic processes is given in the papers by R.M. Shiffrin and W. Schneider (Shiffrin, Schneider, 1977), M. Posner and S. Snyder (Posner, Snyder, 1975). These works list the parameters that distinguish automatic processes from consciously controlled processes: their efficiency, non-consciousness, low demand for attention resources. M. Posner and S. Snyder also suggested that other mental processes cannot influence automatic processes (ballisticity).

The classical understanding of automaticity was based on an “all or nothing” logic: either all criteria are simultaneously met or simultaneously not met. However, the “all-or-nothing” logic cannot explain even the phenomenon of semantic gradient. For example, according to the “all or nothing” approach, the words “door”, “grass” and “green” should produce the same interference effect.

It can be assumed that any mental process is automatic to a certain extent. Such an interpretation is often suggested (see discussion in Moors, 2016), but it is difficult to relate it to empirical phenomena. A characteristic phrase used in scientific articles about interference is “although automaticity is a complex phenomenon, in this paper we will consider the classical understanding of automaticity” (Liefoghe et al., 2020).

A number of researchers believe that words in the Stroop test are read nonconsciously (Algom, Chajut, 2019). However, the Stroop methodology is not consistent with the procedure used for studying non-conscious cognitive processes. For example, the studies of priming effect examine how task performance is affected by previously presented stimuli (primes). To ensure that primes are perceived nonconsciously, they are presented for a short time (29 ms) and covered with a visual mask. Jiang and colleagues conducted an experiment in which the subjects did not consciously perceive meanings of words. In their study, subjects were first presented with a color word typed in black for 29 ms, followed by a visual mask, and then a colored square (Jiang et al., 2015). Subjects took more time to name the color of the

square if it did not match the meaning of the word, although they were not consciously aware that they saw a word. Nevertheless, the effect size was only 10 ms, which is much smaller than the effect size in the classical version of the Stroop test.

The magnitude of the interference effect depends on the context, as well as on the subjects' level of attention and strategies (see Section 1.3), which is not consistent with the concept of automaticity. M.V. Falikman's work also emphasizes that the phenomenon of interference cannot be explained using the classical definition of automaticity (Falikman, 2020). Modern studies propose to analyze different features of automaticity separately from each other (Moors, 2007). Some theories view the interference phenomenon through the prism of one of the parameters of automaticity: attention resources, word processing rate, etc.

The “all-or-nothing” logic does not work, but no alternative understanding of automaticity has been proposed. This does not mean that when the Stroop test is performed, automatic processes in the classical sense do not occur. We believe that distractions in interference tasks are processed automatically, but it is not this factor that is important for explaining interference (see also (Flaudias, Llorca, 2014) for similar conclusions).

Thus, the “all-or-nothing” concept of automaticity is an easy target for criticism. Almost any empirical work showing the effect of attention or context on the magnitude of interference effect (see 1.3) can be seen as a refuting example. If automaticity is understood as a gradual process, it is necessary to specify exactly how the degree of automaticity of a given cognitive process is measured. If automaticity is defined through the rate of distractor and target processing, then the concept of automaticity is identical to the “horse race” model (see next paragraph).

1.2.2. The hypothesis of distractor priority due to its processing rate

In a number of models, the meaning of the word and its color are thought to compete for processing priority. Since the word's meaning interferes with subjects' ability to quickly name its color, while the word's color has no effect on the reading speed, the meaning is declared the “winner” of this competition. What leads to its

"victory"? The classic horse race model suggests that the faster process wins (see reviews by Dunbar, MacLeod 1984; Brown et. al, 1995; Schmidt 2018). This makes sense: people take less time to read words than to name their colors (Cattell, 1886).

The basic assumptions of the classical model are as follows: different mental processes run in parallel and do not affect each other; the faster operation is the first to reach the “response buffer”; to implement the slower process, the “response buffer” must first be cleared of the result of the faster process, which takes time; horse race models propose that the larger the gap between the rates of the two processes, the more time it takes to clear the response buffer. There is a class of similar models that differ in certain respects. For example, in the classical model, reading speed and color naming rate do not affect each other (Dunbar, Macleod 1984). However, it has been discovered that congruence between the meaning of the word and its color affects the magnitude of interference (see 2.4.). For example, the word “fire” typed in red produces less interference than the word “water”. The horse racing model can be modified by introducing the assumption that associative connection between distractors and targets influences the interference effect.

In our opinion, the main drawback of this model is its incomprehensibility. R. Virzi and H. Egeth (Virzi, Egeth, 1985, p. 304) criticized competition models for not providing essential details⁵⁰. For example, according to the horse race model, the greater the difference between reading speed and color-naming speed, the greater the magnitude of interference. What is the logic behind this assumption? Suppose it takes 600 ms to name the word’s color. Then the meaning “wins the race” if it is processed in a time range between 1 and 599 ms. Why do changes within this range affect interference? Depending on the answer to this question, different models of interference may be arrived at. Perhaps, over time, the response that came earlier fills the entire “response buffer”. A similar view is accepted by most contemporary scientists. For example, in evidence accumulation models (Kinoshita et al., 2017), color and meaning are processed multiple times. Each completed phase of word or color processing adds one piece of evidence in support of their respective responses. However, because words

⁵⁰ “The account just provided of speed-of-processing models is necessarily devoid of details”

are processed faster, the speed of evidence accumulation for the corresponding response increases quicker. As a consequence, by the time a word's color is processed, the response buffer already contains more evidence pertaining to the word's meaning.

A similar logic has been suggested in activation propagation models (e.g., Roelofs, 2003). In such models, sets of potential responses are stored in the working memory: the word's color and meaning gradually increase the activation of "their" respective nodes in memory. In this case, the word increases the activation of "its" node faster. In such models, however, it is difficult to determine what role the activation level plays. If the subject can also choose a weaker node as a response (which is, in fact, what happens in the Stroop test), then the purpose of activation is unclear. Both the evidence accumulation model and activation propagation models contain a methodological problem – it is not explained how to measure the activation level of memory nodes or the rate of evidence accumulation.

Another explanation for the effect of reading speed on the magnitude of interference is possible. Let's assume that the rate of mental processes always varies around average values. Suppose the variation of reading times in individual trials varies from 500 ms to 700 ms. If the color naming rate is 600 ms, then, in half of the trials, colors are processed faster, and, in another half, they are processed slower. If the average reading speed is 500 ms (ranging from 400 ms to 600 ms), and the speed of color naming is 600 ms, then the reading speed in all trials is faster than the rate of color naming. A similar idea was expressed by A. Eidels (Eidels, 2012), providing a basis for R. Moran and D. Algom's model (Moran, Algom, 2011). The main idea behind this explanation is that interference does not occur in all trials, but only in those where the distractor has "won" in the competition with the target, and that this effect is diffused when averaging the data.

Some experiments cannot be explained in the horse race model. For example, Dunbar and Macleod (Dunbar, Macleod, 1984) used mirrored words as distractors. They found that people took more time to read such words than to name their colors. Based on the logic of the horse race model, color is accessed before meaning and, therefore, no interference should occur. However, a significant interference effect has

been found in the mirrored words tasks. Moreover, the interference effect persists even if the distractor is presented 400 ms before or after the target (Glaser, Claser, 1982) (or even 1000 ms (see Dhooge, Hartsuiker, 2011)). Thus, horse race models are in a difficult position: “Best not to bet on the horserace,” wrote J.R. Schmidt (2018). Dunbar and McLeod added, “As any experienced race fan knows, handicapping a horse race is never an easy matter.”

Contemporary equivalents to horse race models use less straightforward constructs. Instead of a competition in processing speed (which can be measured), competitions in “activation rate” or “evidence accumulation rate” are proposed. Another way is to altogether abandon the idea of competition between the color and the meaning. In this case, the existence of an algorithm is postulated that takes into account the word rather than its color. For example, A. Protopapas and colleagues believe (Protopapas et al., 2017) that the shape of the stimulus is more important for perception than its color. We perceive a red banana as a red banana, not as an elongated apple. Dishon-Berkovits and Algom (Dishon-Berkovits and Algom, 2000) wrote that changes in shape are “psychologically harder” to miss compared to changes in color.

1.2.3. The hypothesis of distractor priority due to incompatibility of color and verbal response

Word prioritization can be explained by an information processing algorithm. A classical model of this kind is the translational model (Virzi, Egeth, 1985). In this model, there are two independent information processing systems – a verbal system and a non-verbal system. Each system sequentially processes visual, semantic and motor information. However, after visual processing, the information may also be sent to the translation mechanism, which redirects the information to another system. The information then continues to be processed within both mechanisms, one of which leads to a verbal response and the other to a non-verbal response. If the task is to say the

words out loud, the result of processing in the verbal system is used, if the response is to be given by movement, the result of processing by the nonverbal system is used⁵¹.

The verbal system has direct access to the meaning of the word, but, in order to say the name of the color out loud, the information has to be translated. Translation of the nonverbal code into the verbal system takes time, while the system is already engaged in processing the word. It is this factor that the channel is already “busy” and the need for translation that cause the response time to grow.

To validate the translation model, special tasks are constructed in which subjects use different systems to give responses. Subjects react faster if they have to give verbal responses to verbal stimuli, and slower if they have to give non-verbal responses to verbal stimuli. In an experiment by R. Virdzi and H. Egeth, subjects sorted cards, each with a stimulus printed on it. These stimuli could be colored words, colored “XXX” symbols, or words typed in black. Subjects had to sort as quickly as possible sets of cards into baskets with different labels. In one condition, the baskets were labeled with the words “red,” “blue,” “yellow,” and “green,” while in the other condition, they were labeled with the respective colors. It turned out that the subjects’ response times depended on the way the baskets were labeled: when baskets were labeled with words, subjects classified words faster; when baskets were labeled with colors, subjects classified colors faster. A similar result was obtained in other tasks. For example, in the Simon test (e.g., the word “left” on the right side of the screen), subjects take less time to read words than to name their positions. However, if the response requires pressing buttons, the spatial position of the stimulus is determined faster. The Stroop asymmetry effect can be explained by the same mechanism. The speed at which the word is read does not depend on its color, since reading corresponds with the naming task. On the other hand, pressing a button constitutes a reaction to the color, so, in this case, the color affects the speed at which the meaning of the word is classified. It is for this reason that the inverse Stroop effect is possible in the motor version of the test (see Blais, 2006). In F. Durgin's version of the test, subjects were presented with an

⁵¹ The authors themselves sometimes refer to these systems as System 1 and System 2, or the “verbal” and the “spatial” systems. However, the terms that we use here seem more accurate.

incongruent word in the center of the screen (for example, the word “red” colored in blue), while colored squares were presented in the corners of the screen. The Experimental task was to move the cursor to the sector that matched either the color or the meaning of the word. Subjects performed this task significantly slower when asked to respond to the word's meaning rather than its color (Durgin, 2000; Miller et al., 2016). However, a recent study by K.V. Sobel and colleagues have challenged this hypothesis (Sobel et al., 2020). In a series of experiments, the researchers varied the task (responding to the word's color or meaning) and the types of sectors (colored squares or words typed in black). In all possible combinations, interference was greater when the task was to respond to the color of the word. The authors concluded that interference produced by the words' colors does not depend on the words' “needing to be translated”, but rather on the type of the task – color is always prioritized in the visual search task.

Translational models were studied using the Stroop matching task. In such tasks, subjects match the color or the meaning of a Stroop stimulus either with a word typed in black or with the color of a geometric figure. It has been shown that this task is performed faster if the comparison occurs within a single modality (color is compared to color or word to word) (Luo, 1999).

Critique of models that suggest translation as the main cause of interference is based in part on the demonstration of the asymmetry of the two systems. A study by M. Sugg and D. McDonald (1994) showed that “translation” from the verbal into the non-verbal system follows different principles than “translation” from the non-verbal system into the verbal system.

The translation model has also been criticized based on experiments using “untranslated responses”. For example, the task is to respond to the word's color and response buttons are also color-coded. In such cases, a significant interference effect has been found, despite the fact that both stimuli and responses belong to the same modality. In the experiment by C. Blaize and D. Besner, a single button was used for responses to two colors (e.g., the “M” key for responses “green” and “blue”; the 2:1 paradigm). It turned out that, in this condition, the interference effect disappeared if the

both word's color and its meaning corresponded to the same response key (e.g., the word "green" typed in blue). The authors concluded that a model that introduces a "response competition" factor corresponds to the data better than the translation model (Blais, Besner, 2006). The translation model also fails to explain the interference occurring when distractors and targets belong to the same modality. Nevertheless, significant interference effects have been found in color-color (Glaser, Glaser, 1989), word-word (Mulatti et al., 2015), and picture-picture paradigms (Geng et al., 2013; Jescheniak et al., 2014).

Thus, translation models can only explain a fraction of experimentally found phenomena. However, his model broadened the explanation of the interference phenomenon. It has shown that interference is observed not only in tasks where subjects have to ignore words. It has also been found that the way in which responses to stimuli are given significantly affects the size of the interference effect.

Parallel processing models (e.g., the horse race model) and sequential processing models (e.g., the translation model) each explain only some of the phenomena, but do not explain all of them. Moreover, some of the phenomena can not be explained by either model. Contemporary theories either emphasize the existence of many conflicts between these models, or only discuss one of their aspects in detail.

1.2.4. The effect of the distractor on interference at different stages of information processing

A number of models of interference describe various conflicts between the distractor and the target. For example, most scientists support the hypothesis that conflicts occur at some stages of information processing. First, information is analyzed on the perceptual level, then it is processed on the semantic level, corresponding motor responses are formed, and, subsequently, these responses are either executed or inhibited. These stages can be succinctly described as "seeing – understanding – execution".

In the 20th century, discussions revolved around hypotheses of conflict at the perceptual level and at the response level. The perceptual conflict hypothesis is based

on the idea that there are not enough resources to process the color of a word, because part of the resources are spent on the processing of its meaning. The response conflict hypothesis explains interference by the need to inhibit the response corresponding to the distractor.

Subsequently, conflicts were found at the perceptual stage, the decision-making stage, the response preparation stage, and the response realization stage (Lupker, Katz, 1981). In contemporary research, the logic of these stages is preserved, although the stages are sometimes labeled differently. For example, the stages of “response execution” and “response preparation” are no longer considered separately.⁵² The “perceptual conflict stage” has been relabeled as the “task conflict stage”: it is not the perceptual nature of the conflict that is emphasized, but the fact that an additional task of reading the word is performed. The “decision-making” stage is sometimes referred to as simply “decision” or “lexical conflict”, “semantic conflict”, etc. Because of terminological differences, understanding a given author's idea requires knowing which labels they use for other stages of information processing. For example, the term “lexical conflict” can refer to different types of conflict, depending on whether it is distinguished from “semantic conflict” or “response conflict”.

The task conflict hypothesis reflects the slowing down of response times caused by the very fact that a word is read. In this case, it is proposed that a conflict occurs even when the color of the word corresponds with its meaning. In most experiments, this is not the case – response times to congruent stimuli are insignificantly, but consistently, shorter than response times to control stimuli (e.g., Utochkin, Bolshakova, 2010). It has been hypothesized that cognitive control can overcome the effect of task conflict. According to this hypothesis, if the level of control is decreased, response times to congruent stimuli are longer than response times to control stimuli. One way to decrease the level of control is to introduce a high proportion of non-color words (neutral trials). It is hypothesized that if there are only a few incongruent trials, control mechanisms take more time to activate (Kalanthroff et al., 2013). Another way to reduce cognitive

⁵² This division was introduced in the study by S. Lubker and A. Katz, but no method to distinguish these stages was suggested.

control is to introduce a cue that signals when control (non-conflict) stimuli are presented. In this condition, the cognitive control system is, in a way, less prepared to deal with conflicting stimuli (Goldfarb, Henik, 2007). Another way to reduce cognitive control is to introduce an additional task that also requires control resources to be spent (Kalanthoff et al., 2018). In such conditions, response times to congruent stimuli were indeed slightly longer than response times to control stimuli (reverse facilitation effect).

Typically, task conflict effects are very small and only occur in specific conditions (e.g., when there are no incongruent stimuli). Even proponents of task conflict models acknowledge that, in most cases, this conflict either does not occur at all or is resolved quickly (Kalanthoff et al., 2018). Moreover, the studies of O. Entel and D. Tzelgov could not reproduce the evidence for the existence of task conflict (Entel, Tzelgov, 2018).

The most significant effect on interference is attributed to “semantic conflict” and “response conflict”. Researchers have tried to come up with a methodological procedure to distinguish them. D. Sharma and F.P. McKenna (Sharma, McKenna, 1988) investigated how interference is affected by the lexical factor, the semantic connection factor, the lexical connection factor, and the factor of the stimulus belonging to the response set. These factors originated from analysis of the semantic gradient effect: a set of colored letters contains none of these factors, non-color words (table, nail) provide only the lexical factor, words associated with colors (sea, grass) contain the lexical connection factor, color words that are not part of the response set (orange, white) contain the lexical relevance factor, and classical incongruent words contain all the listed factors. The authors were able to reproduce the semantic gradient effect (i.e. the larger the number of interference factors, the greater its magnitude) in a test where subjects were instructed to name colors aloud, but not in the motor version of the Stroop task. In the motor task (i.e. pressing buttons), only the factor of belonging to the response set had a significant effect on interference. The authors concluded that two conflicts occur simultaneously in the Stroop effect: the semantic conflict (which includes all factors other than belonging to the response set) and the response conflict (the belonging to the response set factor). In the case of the oral Stroop task both

conflicts occur simultaneously, while, in the motor task, only the response conflict occurs.

Subsequently, the ideas of Sharma and McKenna have been applied to distinguishing different kinds of conflicts. Distractors that do not belong to the response set and semantically related distractors are thought to only cause semantic conflict (Parris et al., 2014). Another way to distinguish between the two conflicts is to use the same response button for the distractor and the target (the “2:1” experimental paradigm). For example, one key can be assigned to both “red” and “yellow”. In this case, the word “red” typed in yellow is a conflicting stimulus on the semantic level, but a congruent stimulus on the response level. It has been shown that the level of interference increases significantly if the distractor causes a response conflict (Lupker, 1979; Van Veen, Carter, 2005).

In our opinion, the methods described above do not provide a clear enough distinction between the semantic conflict and the response conflict. The response set factor (see 1.1.3. page 19) is thought to affect interference on the response inhibition stage. However, the “response set” stored in the memory can affect all stages of information processing. The term “response set” has to do with the expectation of subsequent stimuli (indeed, if a new stimulus appears in the Stroop test that has never been presented earlier, such stimulus will come unexpected for the subjects). It is well-known, however, that expectation of certain stimuli affects both the speed of their recognition and the rate of response. For example, if you expect to see a butterfly, you will take less time both to recognize it and to respond to it. On the other hand, “semantic factors” can affect the rate of response inhibition. For example, after a word is presented, all responses that are semantically related to it are accelerated (e.g., the word “dog” is read faster if presented after the word “cat”). Therefore, Sharma and McKenna’s results can only be explained by the effect of the response conflict. For example, in the oral Stroop test, subjects can say any word and, therefore, any stimulus is potentially part of the response set (to a greater or lesser degree). In the motor version of the Stroop test, subjects cannot give the response “pink” if no button has been

marked pink by the experimenters. Perhaps this is the reason why the motor version of the Stroop test has helped identify only the factor of “belonging to the response set”.

The semantic conflict and response conflict hypotheses separately cannot explain the accumulated data. This is why some scientists have concluded that both hypotheses are correct and that the two kinds of conflict always occur simultaneously. However, logically these hypotheses are not very compatible, and it is not clear which method to use to distinguish them (see Starodubtsev and Allakhverdov 2019 for a review).

In addition to methodological difficulties, it is not easy to describe a conflict resolution mechanism that would find room for both the semantic conflict and the response conflict. If the conflict occurs as early as the semantic stage, then it must also be resolved at the same stage. In this case there should be no conflict at all at the motor stage. If, however, the motor response must be inhibited in order to resolve the conflict, then resolution of the semantic conflict is no longer necessary. A situation can be imagined in which semantic conflict and response conflict occur simultaneously and one cognitive mechanism resolves the semantic conflict while another resolves the response conflict. It should be noted that such an interpretation breaks the link between the semantic parameters of the stimulus and the means of responding to it. In any case, a theory of interference must also describe mechanisms for overcoming the interference effect produced by the distractor.

1.3. Cognitive mechanisms for overcoming interference

Modern research is characterized by a decreased interest in the problem of how interference arises. The existence of interference has come to be considered a fact that does not require explanation. Within this approach, the authors simply state that the word is read automatically and never discuss the causes of interference any further. Instead, they study the mechanisms that allow the subject to successfully name the color of the word despite its automatic reading. Such mechanisms are usually associated with “high-level” cognitive processes: anticipation, attention, strategy, etc. Researchers of interference tend to divide all mental processes into automatic (which only depend on stimuli) and non-automatic, which depend on high-level mental processes (attention,

control, strategy, etc.). If such a division is used, automatic processes are considered the reason for interference, while “high-level” processes are thought to help overcome interference. In order to resolve a conflict using “high-level” mental processes, it is necessary to first identify the information as conflicting and subsequently either ignore it or inhibit the representation of the conflicting information. Another way to successfully ignore the conflicting stimulus is to construct such a solution strategy that would pay less regard to conflicting information.

1.3.1. Role of attention mechanisms in the origin and overcoming of interference

In the Stroop methodology, words have been proved to attract involuntary attention even when presented in the corner of the screen for 120 ms (Lachter et al., 2008). D. Lachter and colleagues presented the distractor for only 100 ms before covering it with a mask, but still found a small but significant interference effect (14 ms). However, when the subjects do not pay attention to the distractor, no significant interference effect is detected, as was found in a study by J.D. Jescheniak and colleagues (Jescheniak et al., 2014). In their experiment, subjects named only images of a specific color and ignored images of another color. The irrelevant image only increased the response time if there was an arrow pointing to it.

In some experiments, interference was observed even if there was no attention towards the distractor (Lachter et al., 2008) or even when subjects were not aware of the distractor (see Mayr, 2004). However, generally, the more attention is paid to the distractor, the greater the interference effect. One way of increasing attention towards the distractor is to introduce an additional distractor monitoring task. A. Eidels and colleagues made the standard Stroop task more complex by introducing the instruction to only name the colors of certain words and to ignore the colors of others. In this task, subjects had to read each word in order to check whether they should name its color. As a result, the magnitude of interference increased significantly (Eidels et al., 2014; see also a similar result in (Agafonov & Fedotova, 2005)). Other methods of drawing attention to the words did not prove to be so effective in increasing interference. In Shipstead and Broadway's study (Shipstead, Broadway, 2013), subjects were informed

that after the experiment they would be asked to recall all the presented words. It was expected that subjects would pay more attention to the words' meanings and interference would increase, but no such effect was detected.

There have been far more studies where the subjects' attention was deliberately diverted away from the distractor, which reduced the interference effect. In a study by D. Kahneman and Chajczyk (Kahneman, Chajczyk, 1983; see also a similar result in Cho et al., 2006), apart from Stroop stimuli, an additional word was presented on the screen that was not the name of any color (color-irrelevant). It turned out that, in this condition, interference decreased. The additional word seemed to "dilute" the effect of the main distractor (the dilution effect). In Z. Chen's experiment (Chen, 2003), subjects' attention was controlled by presenting vertical lines for 120 ms. These lines were either in the location where the stimulus would be presented, or at a different location. If the subjects' attention was diverted away from the Stroop word, the magnitude of interference decreased. In another experiment by Z. Chen, either a large or a small rectangle was presented before the stimulus. The author believed that the large rectangle would help distribute the subjects' attention across a large visual area, while the small rectangle would direct it towards a small area. It was found that interference increases if the distractor falls into a narrow focus of attention. In a work by P. Perret and S. Ducrot (Perret, Ducrot, 2010), visual tags attracted subjects' attention to the third or fifth letter of a Stroop word. It turned out that the magnitude of interference was larger if subjects paid attention to the third letter. This way, the distractor is easier to read and the word's meaning attracts more attention. In a study by Besner and Stolz (Besner, Stolz, 1999), interference decreased when the distractor was located far from the target. According to D. Besner and D.A. Stolz, the fact that the level of interference depends on attention shows that word processing is not automatic – there are control mechanisms that regulate word processing.

In a number of studies, subjects' attention was diverted from the distractor by an additional task. In a work by K. Gao et al. (Gao et al., 2007), subjects were instructed to hold a certain number in memory while taking the Stroop test. However, no significant effect of this "working memory load" factor was found. A study by S. Kim and

colleagues (Kim et al., 2005) investigated how the type of memorized information affected the interference effect. They found that interference decreases when verbal information is held in memory, but increases when spatial information is held in memory. The authors concluded that holding verbal information in memory impedes the processing of another verbal stimulus. In Chen's experiment (Chen, 2003), subjects performed a color hue differentiation task prior to the Stroop task. It was found that, after performing this task, the participants took more time to name the color of the Stroop stimulus. In a study by B.K. Houston (Houston, 1969), subjects performed the Stroop task to the sound of various extraneous noises (guitar music, trains, cars, etc.). the magnitude of interference in this condition was significantly reduced. In a study by L.R. Hartley and R.G. Adams (Hartley, Adams, 1974), extraneous sounds during the Stroop test also reduced the interference effect, although only in the first part of the experiment. A similar result was found in a work by N.N. Kireeva, where a decrease in interference was detected when subjects heard their own voices with a time lag (Kireeva, 1986).

One of the most effective ways of drawing attention away from the distractor was proposed by D. Besner and colleagues (Besner et al., 1997). In their study, only one letter in each Stroop word was colored and subjects were instructed to name its color. In the original work, no interference effect was found for such a condition (Besner et al., 1997). In subsequent studies, some interference effect was obtained in this version of the test (Marmurek, 2003), but its value was significantly reduced compared to the usual conditions. Nevertheless, even in this condition, the cognitive system takes into account the meaning of the word. For example, associative connection between the color and the meaning decreases response times even in the condition where only one letter is colored. In a work by P. Marí-Beffa et al. (Marí-Beffa et al., 2000), even when only one letter was colored, the meaning of the word still affected the subsequent response (a priming effect was observed).

The most radical view on the role of attention in the origin of interference was expressed in an article by M. Dishon-Berkovits and D. Algom (Dishon-Berkovits, Algom, 2000). The authors questioned whether the Stroop effect really is the most

consistent phenomenon in cognitive psychology. They argued that, in fact, the occurrence of the Stroop effect entirely depends on attention. Since, in all experiments, there is a different stimulus in each trial, it is this change that attracts the subjects' attention. They demonstrated in their study that presenting only one word throughout the Stroop test (for example, the word "red" in different colors) does not produce any interference effect.

Note that a number of authors contrast spatial attention and "attention to meaning" (e.g., Chajut et al., 2009). According to this interpretation, it is possible that the subject looks at the distractor, but does not process it. In this case, the attention mechanism is essentially similar to the strategy forming mechanism (the subject looks at the distractor, but "decides" not to process it).

Thus, the more attention the distractor draws, the greater the magnitude of interference. However, interference can also occur with minimal attention to the distractor. If the word is still processed, even with minimal attention towards the distractor, there should be a mechanism that inhibits the results of distractor processing.

1.3.2. Distractor inhibition mechanism

In all of the models that we discussed, the word's meaning is available for response earlier than the word's color. However, subjects are more likely to name the colors of the words rather than to read them aloud. Thus, there should be a mechanism that prevents the verbalization of the word that has been read. In different models of interference, this mechanism operates at either the semantic or the response level. For example, in D. Morton's model (see Stirling, 1979), a word's meaning and its color activate two memory units (logogenes). For the correct response to be given, the activation of the color logogen must be higher than the activation of the meaning logogen. This can occur when activation of the color logogen is increased and activation of the meaning logogen is decreased. The most convincing evidence for the existence of these mechanisms is the phenomenon of priming. If the same stimulus (e.g., the word "red") is presented twice in a row, only one logogen is used to come up with a response, so response time to the second stimulus decreases. The cognitive system, in a way,

remembers that “red” is the correct response and uses this information in the next trial. The phenomenon of negative priming refers to an increase in response time if the correct response in the current trial is the distractor of the previous trial. For example, after being presented with the word “red” typed in blue, the subject is slower to respond “red” in the next trial. In this case, the response “red” is sort of “negatively remembered” (Mills et al., 2019; Neill, 1977).

The WEAVER model explains interference through the competition of activated memory nodes (Roelofs, 2005). This model assumes the existence of a cognitive control mechanism that completely inhibits distractor activation. Once the distractor is inhibited, it is even less activated than it was before the stimulus was presented. This model is based on the idea of competition between the word and its meaning and is similar to the horse race model. A different pattern of distractor inhibition is suggested in the response exclusion model (Mulatti, Coltheart, 2013). In this model, a response corresponding to the meaning of the word is first generated. Then this response is inhibited and the processing of the target stimulus begins. Distractor and target processing alternate.

Opposite implications can be derived from competition and alternation models. In competition models, it is assumed that the greater the difference in activation between the distractor and the target, the greater the magnitude of interference. In alternation models, it is assumed that the faster the distractor is processed (the greater its activation), the earlier the target processing will start. Overcoming interference in competition models is something akin to the “getting ahead of the distractor” strategy, while, in the alternation model, the analogy is “waiting for the distractor processing to finish”.

In alternation models, the faster the word is processed, the smaller the delay in color processing. The distractor frequency effect confirms this prediction. The distractor frequency effect refers to an increase in interference when low-frequency words are used as distractors (such as “reed”, “drill”) compared to high-frequency words (such as “sun”, “tree”). E. Dhooge and R.J. Hartsuiker showed that the duration of control is determined not only by the frequency of the words, but also by the “consequences” of

their utterance. In their experiment, taboo words of the same frequency as the control words were used as distractors (Dhooge, Hartsuiker, 2011). Despite the instruction to “respond as quickly as possible and ignore errors,” subjects were less likely to read taboo distractors and were slower to respond in this condition. On the other hand, using words from another language or visually deformed words significantly reduced interference, although it increased the complexity of distractors (see 2.3., page 71).

In our view, numerous experiments indicate that the distractor is not inhibited, but rather labeled “not to be responded to”. If the distractor was completely inhibited, the degree of its connection to the target would have no effect on interference (see, for example, the detailed review that cites other evidence against the distractor inhibition hypothesis (MacLeod, 2003)). In the present work, we show that the target-distractor relationship significantly affects the magnitude of interference. For example, if in the picture-word paradigm subjects are presented with a picture of a dog with the word “bone” typed over it, response times will be shorter compared to the same picture with the word “apple”. This means that, even when without the distractor's influence, its associative field significantly affects response rate.

1.3.3. The role of problem-solving strategies

If the cognitive system “knew” the optimal solution to every task, then irrelevant information would not be processed at all. However, some seemingly irrelevant parameters may help perform the task. To what degree irrelevant information is taken into account is determined by the situation: when irrelevant information cues the correct response, it is worth paying more attention to.

A paper by A. Protopapas and colleagues emphasized that interference has to do not with the praxis of reading words, but rather with the strategy of paying attention to the shape of the stimulus. In their study, subjects learned Chinese characters and their pronunciation. The characters designated the colors used in Stroop methodology. Because the subjects had never learned any characters before, the researchers controlled the number of days allocated to “color naming practice” and “reading practice”. Nevertheless, when the subjects were presented with the Chinese version of the Stroop

test, the characters' shapes produced a stronger interference than their colors, even if the subjects had previously read the characters and named the Chinese colors of words the same number of times (Protopapas, 2017).

A congruent stimuli ("red" typed in red) can modify the subsequent problem solving strategy. After congruent trials, the distractor is taken into account more. In contrast, after incongruent stimuli, the distractor is taken into account to a lesser degree. G.D. Logan and N.J. Zbrodoff titled their article "When it helps to be misled"⁵³: according to the authors, after a conflict the cognitive system is better prepared to process subsequent conflicting stimuli. Their article described the proportion effect: interference increases significantly with an increase in the proportion of congruent stimuli relative to incongruent stimuli in the experimental phase (Logan, Zbrodoff, 1979).

Subsequently, the proportion effect has been found in many studies (see Bugg, Crump, 2012 for a review). There are two interpretations of this effect. It can be explained by a change in strategy following congruent or incongruent stimuli. In addition to the "paying less attention to the word" strategy, this strategy could also consist in preparation to inhibit the response that matches the meaning of the word. An alternative explanation is that associative connections are formed after congruent trials. If the word "red" is frequently presented in red color, a stable association is formed of "red as the word's meaning" with "red as the word's color". However, no such connection is formed if the proportion of conflicting stimuli is high. L.L. Jacoby and colleagues (Jacoby et al., 2003) proposed a technique that helps distinguish between the factors of strategy change and associative learning. In this technique, a pair of words (e.g., "red" and "green") were incongruent in most trials, while another pair were congruent in most trials. In Jacoby's experiment, the same number of congruent and incongruent stimuli were presented and, therefore, there should not have been any change in strategy. However, the experiment showed that the stimuli that were "more often incongruent" produced less interference than the stimuli that were "more often congruent". If, however, the proportion of incongruent stimuli increased due to certain

⁵³ "When it helps to be misled: Facilitative effects of increasing the frequency of conflicting stimuli in a Stroop-like task"

words only, then the interference effect would decrease only when those words were presented (Schmidt, Besner, 2008). This dependence of interference on the proportion of specific words is called the item-specific proportion effect. This phenomenon proves the effect of the associative learning factor. Nevertheless, the debate about the effect of control/strategy and associative learning continues. Proponents of the cognitive strategy explanation are trying to find new arguments: to use only the instruction about the predominance of conflict or non-conflicting stimuli (Entel et al., 2014), completely change the word set in the middle of the experiment (Bugg, Hutchison, 2012), etc. Proponents of associative learning, in turn, try to use the effect of associative learning to explain the same results. (Schmidt et al., 2015).

Change in strategy is also attributed to the effects of context and the congruency sequence effect. The context effect refers to a decrease in interference when incongruent stimuli are preceded by cues. For example, interference is reduced if normally incongruent words are written in italics. The italics can be considered a cue that the distractor should be paid less attention to (Bugg et al., 2008). In a study by S.T. Klapp (2007), incongruent stimuli were presented more often in a certain part of the screen (e.g., at the top) and congruent stimuli were presented in another part of the screen. A lower interference was demonstrated for the “predominantly incongruent” part of the screen. This effect appears even if subjects are not aware of the relationship between the incongruent stimulus and its spatial position. Thus, the context effect is caused by nonconscious mental processes. Instead of the term “strategy”, the term “nonconscious control” was proposed.⁵⁴ A similar conclusion was reached in a work by M. D. Crump et al. (Crump et al., 2008). In their study, the effectiveness of incongruence cues was not connected with a conscious strategy, but with attention to the cues. The authors believe that the position of the stimulus on the screen is a highly conspicuous parameter, and it is due to this fact that spatial cues induce a context effect. However, no context effect was found when using “visual” cues (i.e., incongruent stimuli were more often presented after a circle appeared on the screen, while congruent stimuli were presented

⁵⁴ As opposed to associative learning, nonconscious control does not produce specific associations between stimuli and responses, but rather between abstract properties of the stimulus (the property of being a conflict or a non-conflict stimulus).

after a square). Nevertheless, if subjects pay attention to geometric figures, visual cues also produce a context effect. In an experiment by M. D. Crump and colleagues, subjects paid attention to the words because the instruction was to count the circles and squares.

In modern research, adaptation to conflicting information is most often studied using the congruency sequence effect (also called “conflict adaptation” or “Gratton effect”) (Egner, 2007). This effect consists in a decrease in interference following the presentation of a conflicting stimulus. A conflicting stimulus seems to cue that the next stimulus will also be conflicting. Additionally, this “cue” should produce its effect even if different types of conflicting stimuli are presented in succession. For example, following an incongruent Stroop stimulus in the Simon test, the magnitude of interference should decrease when the next conflicting stimulus is presented. It can be said that the “conflict signal” is carried over from one task to the next. S. Braem and colleagues (Braem et al., 2014) have studied a large review of experiments on the topic of conflict signal transfer from one task to another. It was shown that the adaptation effect disappears when tasks are switched if these tasks use different response buttons. The only exception was found in an experiment by I.P. Kan and colleagues (Kan et al., 2013). In their study, the task of reading a contradictory statement was used to provide conflicting information, with the classic Stroop test as the second task. It turned out that the effect of interference decreased after reading contradictory statements. In most experiments (except for a work by I.P. Kan and colleagues), it is the habit to react in specific ways to specific stimuli that influences the conflict adaptation effect, rather than a problem-solving strategy.

Jiménez and Méndez (2013) attempted to separate the effects of “expectation” and “adaptation to stimuli”. In one of their experiments, subjects assessed the level of their expectation of an incongruent stimulus before the stimuli were presented. These expectations should not affect stimulus adaptation, but they should affect the “expectation” mechanism. In another experiment, incongruent and congruent stimuli were alternated. If there is an effect of stimulus adaptation, then adaptation will occur automatically after the presentation of an incongruent stimulus. However, if there is an

effect of expectation, the prediction will be made that “a congruent stimulus will be presented after an incongruent stimulus,” and interference will increase when two incongruent stimuli are presented in succession. The authors concluded that both factors contribute to the magnitude of the interference effect.

The effects of proportion, context, and the congruency sequence effect are consistent with the concepts of interference that include cognitive strategy. However, these effects are significantly reduced or even eliminated when the associative learning factors are controlled in the experiment. A “moderate” view consists in the hypothesis of nonconscious control, which is automatically activated in response to a stimulus. This control is situation-specific and unrelated to the overall strategy (item-specific control).

However, when researchers use less “precise” ways of determining subjects' strategies, interference changes significantly. Unfortunately, it is difficult to indicate precisely whether a change of strategy really plays a key role in this case and how exactly a change of problem-solving strategy occurs. V. Flaudias and P.M. Llorca in their study summarized the most effective ways to reduce the interference effect (Flaudias, Llorca, 2014). One such way is to use hypnotic suggestion. Interference is significantly reduced if subjects are led to believe that they cannot read (see Raz et al., 2002; however, this finding has not been confirmed in (Zahedi et al., 2017)). Another way to reduce the interference effect is to put subjects in a competitive situation (see Sharma et al., 2010; MacKinnon, 1985). Interference has been found to decrease if a substitute subject is present in the room during the Stroop test and completes the task faster. In a study by N. Spatola and colleagues (Spatola et al., 2019), interference was significantly reduced if anthropomorphic robots were in the room, suggesting the influence of context on the interference effect. A third way to significantly reduce the interference effect is to color only one letter in each Stroop word (see 1.3.1).

The effects described above are interpreted as evidence of the influence of strategy on the interference effect. Indeed, it is difficult to explain them by the formation of a stimulus-response relationship. However, the mechanisms that link social pressure factors or hypnotic suggestion to the magnitude of interference are unclear. However,

the effects of proportion, congruency sequence and context can also be explained by the influence of associative learning or nonconscious control. In our opinion, the idea of nonconscious control is an important step toward the construction of a theory that would uniformly explain the many effects of interference. Nevertheless, it is necessary to find a more unambiguous description of logic by which this control works. For example, if a cue about the incongruence of a stimulus activates a nonconscious “control strategy”, then the timing of subsequent responses should increase, because formation of a “control strategy” takes time. However, cognitive control is usually described as something that allows one to respond quickly despite the conflict.

Cognitive control also plays a key role in V.M. Allakhverdov's theory (Allakhverdov, 1993; Allakhverdov, 2000; Allakhverdov, 2014). He has postulated that the cognitive system instantly processes information of any complexity and prepares responses for problem solving. These responses are at first nonconscious and unrelated to the person's picture of the world. However, it is subsequently controlled whether these responses correspond to the logic of cognition. Operational control and control of the task of ignoring have the strongest effect on interference (Allakhverdov, Allakhverdov, 2014; Allakhverdov, Allakhverdov, 2015).

Operational control checks if operations are performed correctly. This control is involved in most cognitive tasks. Control of the task of ignoring, on the other hand, checks whether the task has been chosen correctly. In interference tests, “two-dimensional” stimuli are presented. For example, in the classic version of the test, subjects name the color of a word and ignore its meaning. The most likely way to give the wrong response is to read the word (instead of naming its color). Therefore, control of the task of ignoring in this case consists in checking “whether I read the word”. However, the attempt to control for not performing an operation often results in that particular operation being performed (see discussion of Allakhverdov, 2015). Thus, attempting to control “whether or not I am thinking of a green monkey” will result in thinking of a green monkey. By analogy, controlling “whether or not I read the word” leads to paying attention to the word and reading it. Thus, control in V.M. Allakhverdov's view is not a means of resolving conflict, but rather its cause. According

to the author's interpretation, the external stimulation in the Stroop test is chosen in such a way that controlling whether or not the ignoring task has been performed leads to a decrease in the effectiveness of the task's solution.

Allakhverdov's view is interesting and suggests many implications. However, a constant check of non-performance of the ignoring task seems strange. We propose that such a check is done relatively often only if the subject has formed a non-conscious strategy that includes controlling the non-performance of the ignoring task.

1.3.4. Conflict detection mechanism

The influence of the distractor is determined not only by its automatic processing. A study by Y. Ariei and D. Algom (Ariei, Algom, 2002) can serve as an empirical confirmation of this statement. In their experiment, subjects classified images overlaid with words. The time it took to classify images did not depend on whether the images were overlaid with incongruent words or with control stimuli (unreadable symbols). However, response times decreased significantly when a congruent word was presented over the images. It is as if the cognitive system only takes the word into account when it coincides with the image. It can be assumed that there is a mechanism that determines whether the stimulus is congruent or incongruent. Nevertheless, such “knowledge about conflict” is difficult to build into interference theories in a consistent way. According to most models of interference, the distractor becomes available for response before the target. At this point, the cognitive system has no reason to inhibit the distractor. Despite “knowing” the correct response, the cognitive system has something akin to “impulse” to respond differently. The control of this impulse comes only at the later stages of information processing. The similar principle of organization of behavior was described as early as R. Descartes, but it is widespread among modern scientists as well. At conferences and popular science lectures, cognitive control is illustrated using the “horse and rider” metaphor. The horse represents automatic processing of information; it is strong, stupid, and impulsive. The rider is the control mechanism that steers the horse. Overcoming Stroop interference is often described in terms of effort (MacKinnon et al., 1985) or even voluntary control (Bugg, Crump, 2012). A low magnitude of

interference effect in an individual is considered an indicator of their high capacity for self-control (Koch, 2003).

The term “cognitive control” in relation to interference came into use following a work by M. Posner and S. Petersen (Posner, Petersen, 1990) and became especially widespread after a work by M. Botvinick and colleagues (Botvinick et al., 2001). In their paper, the authors studied the problem of “how the cognitive system knows about the conflict”. They hypothesized the existence of a conflict monitoring mechanism. After a conflict is detected, the task is solved again, but, this time, the solution process is controlled more closely. Control in this case intensifies the processing of the target stimulus and weakens the processing of the distractor (or inhibits the distractor) (Shenhav et al., 2013).

The term “control” has been defined through its function: it is a mechanism for producing a correct response despite cognitive conflict. Often the concept of cognitive conflict is introduced by describing examples. For instance, in C. Braem’s work, the term is even introduced in the glossary as an information process that occurs “when two or more mutually incompatible stimulus representations and/or response tendencies are triggered by a stimulus, such as an incongruent stimulus in the Stroop task⁵⁵” (Braem et al., 2019, p. 770). However, no clear distinction between compatible and incompatible representations are proposed. The words “response tendencies” can also be interpreted in different ways. Moreover, if the Stroop test causes cognitive conflict, then conflict must also arise in other research techniques. A study by S.E. Donohue and colleagues researched the mechanism of conflict monitoring in subjects when they are presented with auditory information (Donohue et al., 2012), a work by N. Van De Meerendonk et al. (Van De Meerendonk et al., 2010) used contradictory sentences instead of Stroop-stimuli (“The eye consisting of among other things a pupil, iris and sticker is very sensitive”), a work by L. Amoruso and colleagues used contradictory actions (e.g., ironing pants with a fork) (Amoruso et al., 2013). In all the situations described, conflict

⁵⁵ “Cognitive Conflict: conflict in information processing is thought to occur when two or more mutually incompatible stimulus representations and/or response tendencies are triggered by a stimulus, such as an incongruent stimulus in the Stroop task (invoking e.g., both 'blue' and 'red')”.

monitoring is presumed to trigger control processes, leading to a second, “more attentive” attempt at solving the problem.

The main implications of the conflict monitoring hypothesis overlap with the predictions of “strategic” theories of interference. The congruency sequence effect, as well as the proportion and context effects, demonstrate reduced interference when conflict has been predicted by the cognitive system (Duthoo et al., 2014). In a work by L.A. Bustamante and colleagues (Bustamante et al., 2020), interference decreased in those trials in which subjects received a larger reward for solving the task. A “control value” model was developed (Davidow et al., 2019), in which control is switched on when its use is most “beneficial” to the subject.

The problem with the conflict monitoring hypothesis is that the monitoring process requires “knowing” about the conflict. Otherwise, once the distractor has been processed, the cognitive system has no reason to expect a target-appropriate response. T. Verguts and W. Notebaert's model (Verguts, Notebaert, 2009) offered an ingenious solution to this problem. In their model, the cognitive system detects the formation of different responses. The cognitive system at this point does not yet “know” the right response, but detects the difference in the responses being formed. After a conflict is detected, all mental processes intensify. As a result, both distractor processing and target processing are upregulated. However, the target is processed more intensively, since it is connected to the task. If the conflict signal does not contain information on how to resolve the conflict, then this signal should also affect other cognitive tasks (Dignath et al., 2020). Indeed, if this signal does not tell us anything about the specific way to solve the task, then the signal from one task should affect the effectiveness of solving the subsequent task, even if the stimuli in these two tasks and the tasks themselves are different. However, no such effect was found in the review by D. Dignath and colleagues (Dignath et al., 2020). The authors even concluded that it is fundamentally impossible to provide a unified explanation for a large group of phenomena. Similarly, the congruency sequence effect was not found for different interference tasks (see Braem et al., 2014). In addition to the empirical, there are also theoretical difficulties. In our opinion, the model of T. Vergutz and W. Notebaert can

only work under the assumption that the processing of the target stimulus is always more intensive than the processing of the non-target stimulus. However, the logic as to why this should be the case has not been described in their work. In the absence of such an explanation, the model has the same shortcomings as classical dualistic models.

The problems of the conflict monitoring hypothesis arise from its terminological apparatus. The concept of cognitive control was coined so that it could be applied to a large number of phenomena. “Cognitive control: Easy to identify but hard to define,” was the title of an article by D.B. Morton (Morton et al., 2011). Subsequently, the ambiguity of the terms “conflict” and “control” has been harshly criticized (see Schmidt, 2019). J. R. Schmidt noted that, by formal criteria, any object is an incongruent stimulus. Representational incongruency can be attributed to any two-dimensional stimulus (e.g., a yellow triangle). Even a one-dimensional stimulus “conflicts” with visual noise.

The concept of conflict monitoring does not explain a number of phenomena. For example, a congruent stimulus (“red” printed in red) should also exhibit “conflict”, but response times to such stimuli are significantly shorter. A conclusion that can be drawn from the concept of monitoring is that the interference effect is neutralized when the incongruence of the stimulus has been predicted with one hundred percent probability. However, when only incongruent stimuli are presented in a block, the magnitude of interference increases significantly (Hasshim and Parris, 2017). A work by J.R. Schmidt shows that the main results supporting the conflict monitoring theory can also be explained by the formation of associative links between stimuli and responses. The author even concluded that conflict monitoring and cognitive conflict are meaningless concepts as far as explaining Stroop interference phenomena is concerned. Instead, the main effects of interference are argued to be dependent on the stimuli themselves, rather than on control processes.

1.4. Problems of interference research and their solutions

1.4.1. Methodological problems in interference research

A good theory explains a wide array of phenomena (e.g., Revonsuo, 2012). However, there are so many interference phenomena that it is always possible to select only those that support a given theory. A problem arises: how do models that explain different interference phenomena relate to each other? Often models of interference are based on different logics and are practically out of touch with each other. A. Roelofs compares this situation to buying a toothbrush: a person buys a toothbrush to use it only on their own teeth; similarly, scientists create models to be used only for their own data (Roelofs, 2005). Well-known phenomena of interference are sometimes not discussed at all. For example, A. Eidels described a model in which the word and its meaning are processed independently (Eidels, 2012). However, there is no mention of how the proposed model explains the interaction of color and meaning, which affects the interference effect (i.e., the word “fire” in red color produces less interference than the word “water” in red print).

Moreover, models of interference can contradict models of other cognitive psychology phenomena. For example, models of lexical decision and interference contradict each other even when describing identical cognitive processes (Schmidt et al., 2013). According to lexical decision models, a stimulus promotes the formation of categorically related images: an image of a dog is formed more quickly if the word “cat” was presented earlier. According to interference models, words inhibit images that are categorically related to them.

If a certain concept goes beyond the discussion of specific empirical phenomena, it becomes vulnerable to criticism. No “general” theory can explain all the factors. Since a multitude of interference phenomena are described in the literature, it is possible to select from them those that do not correspond to any theory. A. Roelofs called this strategy “skeet shooting”: for any model, it is possible to find facts that it does not explain, and propose on this basis a fundamentally different model. Instead, A. Roelofs suggests treating explanatory models as graduate students: work with them, improve

them, and hope that they can make some contribution to science in the future. In practice, this means adding new ad-hoc hypotheses when facts are found that do not fit the model. As a result, we get cumbersome models with a lot of factors. Continuous “improvement” by endless revisions leads to an inability to suggest anything new. As a consequence, when a scientist encounters data that contradicts with their model, there is a willingness to introduce into it a new construct without revising it significantly.

Authors often adhere to an “ideal of accuracy” – they strive to show that their model predicts known data with almost one hundred percent accuracy. Although useful in certain situations, this approach is not optimal for testing theoretical hypotheses. No matter which methodology we use, the results are influenced by many factors that are not accounted for in the models: which time of day the experiment was conducted, experience of participating in cognitive research, the position of the experimenter in the laboratory, and so on. Even such a seemingly entirely methodological nuance as the duration of the fixation cross can be interpreted through theoretical constructs⁵⁶. Moreover, the purpose of an exact model of a particular empirical phenomenon (of which there are a great many at present) is unclear. Experimental data are needed in order to understand how attention and control mechanisms operate. Introductions to articles on interference and related theories describe various situations: driving a car, making a voluntary decision, drinking beer that tastes much worse than expected (Eder, Dignath, 2019), and so on. If human behavior depends on an infinite number of parameters, then models of Stroop interference cannot possibly explain attention and control phenomena (see discussion in Allakhverdov, 1993 p. 116). Moreover, if a model has a large number of parameters, the researcher can choose which of them to alter in order to match the data with the predictions. For example, T. Stafford and K.N. Gurney (Stafford, Gurney, 2011) investigated how the Stroop effect is affected by the intensity of the colors used. Their work shows that by fitting the parameters of the model it is possible to give mutually exclusive responses to this question.

⁵⁶ If the fixation cross is presented a longer time, the intensity of control decreases. A longer period of waiting for the stimulus to appear seems to weaken control (see Parris 2014).

In the absence of a central explanatory idea, the key concepts used in studies of interference are somewhat blurred. A number of papers describe conflict between the distractor and the target, but they do not specify the exact nature of this conflict, or how exactly the cognitive system detects this conflict and corrects it. Such blurred definitions allow for experimental research in the absence of a general theory. Empirical studies can be valuable in and of themselves, but theoretical interpretation assigned to them is often unclear.

1.4.2. Theoretical problems of interference research

The notion of “control mechanism” is difficult to fit into the logic of cognitive processes. If a person only “knows” one response, there is no conflict, even if this response is incorrect. Conflict can only arise if the correct response is already known. However, if the correct response is already known, the logic of distractor processing is unclear. If a subject knows several responses, but it does not know which of them is correct, it is unclear what the cognitive control needs to do to check if the response is correct.

To solve this problem, researchers use dualistic models: one information processing system only “knows” the correct response, while the other system “acts”. Such models are criticized for requiring a “homunculus”, a tiny person in the mind who knows the algorithm for solving the problem and is not connected to other mental processes. In a major review dedicated to the problem of task switching, N. Meiran aims to “banish the homunculus from theories of cognitive control,” and subsequently an entire chapter is devoted to the banishing of the control homunculus (Meiran, 2000). However, instead of banishing it, researchers sometimes look for a new home for the homunculus. For example, G.D. Logan wrote: “Research on executive control promises to banish the homunculus by specifying the intelligence that underlies that control. In neuroscience, substrates of many cognitive processes have been discovered in the brain’s occipital, parietal, and temporal structures.” (Logan, 2003, p. 45). In our opinion, the discovery of physiological correlates will not solve the homunculus problem, because the logical problems of how cognitive control works have not been

solved. Attempting to banish the homunculus with a detailed description of its individual functions (working memory, response inhibition, etc. – e.g. (Miyake et al., 2000)) only creates more homunculi (Eder, Dignath, 2019).

Another problem with cognitive control theories is the presence of undefinable terms. For example, the WEAVER model describes competition between distractor activation and target activation (Roelofs 2005). The greater the difference between distractor and target activation – the greater the interference. However, this model also introduces the “difficulty of inhibition” factor – the more difficult it is to inhibit the distractor, the greater the interference. The main problem is that the magnitude of activation and the difficulty of inhibition are impossible to determine for specific stimuli. Even from a common sense perspective, these parameters are related – stimuli that are more difficult to process are more difficult to inhibit, but they also produce lower activation.

In some models, theoretical terms (“conflict,” “control,” “magnitude of activation,” “response inhibition”) fit poorly into the general logic of cognitive processes. For example, according to the response exclusion model (Mulatti, Coltheart, 2013), the distractor is processed first and then the corresponding response is inhibited. However, if the response is indeed inhibited, why do the characteristics of that response still affect the magnitude of interference? For example, in the picture-word test, subjects take more time to name the image of a cat if the word “dog” is presented over it compared to the word “door.” If a word is inhibited anyway, why does its category affect the magnitude of interference? After all, if the distractor is processed first and the target is only processed after the distractor, then at the moment of distractor inhibition the cognitive system is not yet “aware” of the fact that this distractor is of the same category as the target. According to the response exclusion model (Janssen et al., 2008), categorical interference occurs because not only the response itself (e.g., “dog”) is inhibited, but also the images that are associated with this response (the “animal” category). For this reason, it is more difficult for a person to give a response that is associated with the inhibited image. However, the purpose of inhibiting these images is unclear. Moreover, an associative link between the distractor and the target (e.g., an

image of a cat and the word “milk”) decreases response time. This means that not all, but only some representations associated with the response are inhibited along with it.

According to M. Botvinick's conflict monitoring theory (Botvinick et al., 2001), there is a mental mechanism that resolves the conflict between the word and the meaning. Botvinick's concept has been used for many different purposes, however, its use is based only on an intuitive understanding of the word “conflict”. This has led to a very broad and vague interpretation of the term. However, if there is no understanding of the term “conflict,” it is unclear how to interpret experimental results.

D.R. Schmidt's work warns of the danger of “homunculus-like” theories and suggests another way of explaining interference. D.R. Schmidt believes that it is not necessary to try and explain by cognitive control what can be explained by associations between stimuli and responses. In this case, we do not need such ill-defined terms as “cognitive conflict” or “control,” etc. Schmidt believes that Stroop interference models should explain only the phenomena connected with the response conflict effect. For example, the emotional Stroop effect demonstrates that people take more time to name the colors of emotional words (“death,” “sadness,” etc.). Schmidt believes that the emotional Stroop effect is not, in fact, a Stroop effect, because words used in it do not denote colors. This approach treats the Stroop test as if it were a separate area of research and does not take into account its relationship to attention or control mechanisms. For example, in the scientists' social network ResearchGate⁵⁷, Schmidt has described the optimal Stroop methodology, but did not indicate the purpose of using this methodology (while there can be many such purposes).

We believe that the main drawback of “mechanistic” models of interference is their lack of specificity. The concepts of “associative learning” and “response conflict” only work as long as no formal criteria for their definition are proposed. For example, if response conflict is defined through the number of repetitions of corresponding responses, then such interpretation is refuted in Protopapas' experiment (Protopapas, 2017). Using these terms without a precise definition is identical to stating that “cognitive processes occur.” Technically, the statement is correct: interference does

⁵⁷ https://www.researchgate.net/post/What_is_the_optimal_design_for_a_Stroop_task

occur because of cognitive processes, but it does not enable us to understand the nature of cognitive conflicts.

In our view, the problem with modern theories is that they are based on the classical hypothesis that associations are formed between the word and the response (see 1.2.1., page 25). However, since the classical concepts of automaticity are unsuitable for explaining interference (see 1.2.3., page 30; and 1.3.1., page 38), vaguer terms are used: “distractor activation”, “incompatible representations”, “conflicting response tendencies”, etc. In our view, despite new wording, they represent the idea of automaticity in a different guise.

1.4.3. Summary and statement of the hypotheses

It can be stated that most models of interference describe only a small fragment of known data. Moreover, these models are difficult to build into a general theory of cognitive processes. Despite the multitude of interference concepts, they are all based on the assumption that “high-level” mental processes (e.g., choosing a different strategy, variance in attention to the target and distractor, distractor inhibition) contribute to overcoming interference. Perhaps it is this assumption that is incorrect. The current paper is based on V.M. Allakhverdov's approach, which suggests that interference can be explained by the cognitive system checking whether the ignoring task has NOT been performed.

In our view, such verification occurs when there is information in the cognitive system about the possibility of confusing the distractor and the target. Usually, subjects acquire such information as early as when receiving experiment instructions. We hypothesize that, in this condition, a nonconscious strategy is built that includes controlling for the failure to perform the ignoring task. This strategy can be adjusted if conflict or lack thereof is detected in the further presented stimuli.

The proposed hypothesis uses the theoretical constructs described above (conflict detection, nonconscious strategy), but fits them into the logic of validation of task and operation performance. It is also consistent with previously described phenomena. For example, if the distractor is less similar to the correct response, the likelihood of task

confusion is reduced and controlling for the performance of the ignoring task occurs less frequently (semantic gradient and response set effects). The level of attention towards the distractor should also affect control, since this way the subject is more likely to confuse tasks. However, let us consider more rigorous consequences.

In the Stroop task, an instruction is given to respond as quickly as possible. At the same time, the responses that are given must be accurate. Subjects can increase the accuracy of their performance by double-checking potential responses. Such a situation forces subjects to determine for themselves the optimal response time for solving the task (Allakhverdov, 2014). This time is determined in part by experience with the task in question and can be adjusted as the task progresses (Hommel et. al, 2001). Subjects, in a way, learn when they should respond to the task (see the concept of temporal learning, Schmidt 2013). The expected complexity of the stimuli affects the speed of task solution. For example, the block effect demonstrates that the time needed to solve a task depends on whether it is presented together with easier or more difficult tasks. If the task is mixed in with easier tasks, the solution time decreases, while if it is mixed in with more difficult tasks, the solution time increases. In a study by Lupker and colleagues, a block effect was found in lexical decision tasks, image naming, and solving of mathematical problems (Lupker et al., 2003).

Suppose that the timing of interference tasks solution can also be adjusted. For example, a person notices that the distractor might be the correct response to the experimental task and increases the time of control of the task of ignoring. If, however, it is impossible to quickly determine whether the stimuli are conflicting, then the decision whether to control depends only on previous experience. In particular, if the subject presumes that there might be conflict, the subsequent response is controlled.

Let us now describe the proposed sequence of mental operations leading to the emergence of interference:

- 1) Response timing stage (preparation stage). After receiving an instruction and predicting the type of the following stimuli, the subject calibrates the time for task solution. If the existence of conflicting stimuli is presumed, solution time is increased.

2) The control time adjustment stage (detection stage). If a mismatch between the predicted stimulus type and the presented stimulus type has been detected, the control time is changed (increased if there is a conflict and decreased if there is no conflict).

3) The target control stage. In V. M. Allakhverdov's theory, the first stage of control is checking if the operation has been performed correctly. The time this control takes depends on the complexity of the task. Most likely, it is at this stage that the cognitive system compares the given solution to previous solutions of similar tasks.

Note that we are yet uncertain about the exact order of the second and third stages. Conflict detection may occur during or after target control.

4) Distractor control stage. In interference tasks, the cognitive system checks for the non-performance of the ignoring task. It is this control that causes the difference between total response times to conflict and non-conflicting stimuli. This control is not activated if there is insufficient time for it. In this case, the subject operates as though in automatic mode.

Based on the stages identified above, we put forward several verifiable propositions.

1) The magnitude of interference depends on the stages of preparation and detection.

The total control time (X_{total}) depends on the expected complexity of the stimulus. Since conflicting Stroop stimuli are more complex than neutral ones, X_{total} increases when conflicting stimuli are expected. In this case, there is enough time for both target and distractor control. On the other hand, once a conflict is detected, the initial time can be upregulated, and once the absence of conflict is detected, it can be downregulated. Thus, the interference effect occurs when the conflict and non-conflicting stimuli are easily distinguishable from each other.

2) Dependence of interference on target control time (X_t)

Let X_t be the target control time, and X_d the distractor control time. Let us consider how X_t and X_d are related to the magnitude of interference.

Target control is performed first. As the target becomes more complex, control time increases. In this case a situation may arise where there is no time left to control the distractor (since $X_t + X_d > X_{total}$). There will be no interference effect in such trials. It follows from this logic that interference decreases as target complexity increases.

3) Dependence of interference on the duration of distractor control (X_d)

On the one hand, the greater $X_t + X_d$, the greater the total response time. On the other hand, if $X_t + X_d > X_{total}$, the situation will be similar to paragraph 2): not enough time to control the distractor. A conclusion may be driven from this logic: the longer the distractor control time, the greater the interference, but a significant increase in distractor complexity decreases interference.

4) Influence of the “similarity” between the distractor and the target on the magnitude of interference.

Interference models often deal with the question of how different types of distractor and target similarity affect the magnitude of interference. Two parameters are combined in this case: the similarity of the distractor to an element of the response set (in which case interference should increase) and the similarity of the distractor to the target of the current trial.

We hypothesize that the similarity of the distractor and the target in the given trial will reduce interference, because in this case, distractor processing will become easier (hypothesis 2) and that in some trials the conflicting stimuli will be indistinguishable from the non-conflicting ones (hypothesis 1). Thus, the interference effect is reduced if distractor processing facilitates the correct response or the processing of a task-relevant object.

Let us consider several nuances of the propositions we have put forward.

1) The “all-or-nothing” logic in individual trials and graduality in averaging.

We argue that when $X_t + X_d > X_{total}$, the magnitude of interference decreases, rather than disappearing altogether. We propose this hypothesis because X_t , X_d , and X_{total} only reflect the average control time. Therefore, even if on average $X_t + X_d > X_{total}$, for some trials $X_t + X_d < X_{total}$. However, the higher the number of $X_t + X_d > X_{total}$, the lower the number of trials where $X_t + X_d < X_{total}$. Therefore, a smooth decrease in interference is

assumed when the described parameters are varied (see similar logic in the discussion of the horse race model on page 28).

In our view, the approach described above is demonstrated in the analysis of the distribution of response times. One way to perform such an analysis is to order the response times in each of the analyzed conditions according to their length (e.g., all response times to incongruent stimuli) and divide the resulting list into 10 equal parts. Then, for each of the 10 parts, calculate the average response time; the first part will consist of the fastest 10% of responses, the second part will consist of the 10% of responses that were faster than all but the fastest 10% of responses, and so on; the last part will consist of the slowest 10% of responses. A similar analysis is performed for the other type of stimulus (for example, control stimuli). Each part of one condition is then compared with the corresponding part of the other condition. By analyzing the distribution of response times, it is possible to discover which exact responses produce the main effect. The following situations are possible:

- a) Each part of one condition is larger than the same part of the other condition by about a constant amount,
- b) the difference in response times between two conditions is greater when comparing the faster parts,
- c) the difference in response time between the two conditions is larger when comparing the slowest parts.

Stroop interference has been shown to be characterized by situation c) (e.g., Mewhort et al., 1992; Kinoshita et al., 2017). In the evidence accumulation model (see Kinoshita et al., 2017), this effect is explained by different rates of reinforcement of representations corresponding to either the target or the distractor. According to this model, the representation of the distractor is reinforced faster over time than the image of the target. The more time has passed, the more time has had the representation of the distractor to be reinforced in comparison with the image of the target. In our opinion, there is a logical problem with this interpretation. If the representation of the distractor is constantly being reinforced, then the cognitive system has no basis to give a response

that corresponds to the target. If the “degree of representation reinforcement” is unrelated to the subjects' responses, then its role is unclear.

The difference between the interference in fast and slow responses is sometimes explained by a conflict at different stages of information processing (Steinhauser, Hübner, 2009; Spieler et al., 2000). For example, the difference in fast responses characterizes semantic conflict, while the difference in slow responses characterizes response conflict. This hypothesis does not seem logical to us. If response conflict occurs in every trial, then it should also occur in a “fast” trial (in this case, the situation a) would be observed).

The interference effect for slow responses can be explained by a fundamentally different mechanism. If we represent the response times for non-congruent stimuli as the sum of responses in which no interference has occurred (since $X_t + X_d > X_{total}$) and responses in which interference has occurred ($X_t + X_d < X_{total}$), we obtain the initial distribution of response times.

Note that the analysis of response times can only provide indirect arguments. This is because most response time distributions obey Wagenmakers-Brown's law, which can also explain only the difference in slow responses: the mean value and the variance are strongly correlated with each other ($r > .80$) (Wagenmakers, Brown, 2007). It remains an open question whether our hypothesis is a meaningful interpretation of the Wagenmakers-Brown behavioral law, or whether there is another explanation for this law that can also explain the distribution of response times in the Stroop paradigm.

2) Theoretical construct and its operationalization

The methodology of science tells us that theoretical constructs cannot be directly observed in experiments (Allakhverdov et al., 2007). Theories use abstractions that do not exist in the real world. For example, in our hypotheses, interference depends on “conflict detection time,” “target complexity,” and so on. It is difficult to provide a formal definition of these concepts. For example, the notion of “complexity” can be defined as something that requires more “mental resources” or as “less fluent processing,” etc.. Such definitions, however, do not enable us to measure the complexity of a particular object. It is also risky to analyze only one particular case. For

example, complexity can be defined as the familiarity of a stimulus (an unfamiliar stimulus is more complex). However, such a definition allows for alternative interpretations that only use the term “familiarity” but do not require the term “complexity.”

We believe it is advisable to vary complexity in different ways. If a given operationalization of our concept fails to confirm it, it will indicate to us where exactly we are wrong. This will allow us to reconsider our explanation of the interference effect or our definitions of concepts (in the current study, the concept of complexity). In this paper, complexity is initially presented as a parameter that correlates with the average response time to a stimulus. However, let us emphasize that processing time is just an available way to measure complexity.

3) How conscious is the distractor and target processing?

A person is aware of the results of their mental processes, but not of the mental processes themselves. In this paper, we are talking about control, but it does not mean that the subject purposefully controls the performance of the task. Nevertheless, this control is subject to the logic of cognition and depends on attention, context, and the subjects’ conscious strategies. Moreover, the logic of control affects what information becomes conscious. However, this control is not identified with the subjects’ free will or stream of consciousness. It seems to us that the control in the Stroop test is caused by poorly verbalized “sensations” of the subjects. An incongruent stimulus causes increased tension, a “sense of complexity” (Székely, Michael, 2020). However, this does not mean that the subject consciously thinks: “the incongruent stimulus is complex, I need to work with it more carefully.”

Note that this paper uses personification metaphors: “detection,” “strategy,” “decision,” and so on. We use such words only to better understand the logic of the process. These words are also not related to being aware of task performance.

CHAPTER 2. JUSTIFICATION OF THE RESEARCH METHODS

This chapter deals with experiments that directly relate to the hypotheses of the study. In some cases, our hypotheses were generally confirmed and only alternative interpretations needed to be considered and methodological adjustments made. Some experiments, however, contradicted our hypotheses – in these cases, it was necessary to explain this discrepancy and test our explanation in additional experiments.

2.1. Methods for testing hypothesis 1

Hypothesis 1: the interference effect occurs when conflicting and non-conflicting stimuli are easily distinguishable from each other.

We hypothesize that distractor control occurs in conflicting stimuli, which leads to interference; in non-conflicting stimuli, such control occurs less frequently. If the type of stimulus is difficult to establish quickly, then control time for any stimulus is nearly the same.

According to our hypothesis, the cognitive system predicts whether the next stimulus will be conflicting even before the stimulus is presented. The main experimental technique is manipulating the context of stimulus presentation: we believe that conflicting and non-conflicting stimuli are more easily distinguishable from each other if they are presented in separate blocks and no other type of stimulus has previously been presented.

Our reasoning goes against the tradition of cognitive psychology, according to which conflict occurs automatically and cognitive control attempts to resolve it. To justify this line of reasoning, researchers refer to the effects of proportion, context, and the congruency sequence effect (we described these effects in more detail in 1.3.3). In all of these effects, interference is reduced when the cognitive system “expects” conflict. However, these effects can also be explained by adaptation to specific stimuli.

In our view, the effects of proportion, context, and the congruency sequence effect are observed only because conflict in the stimuli used is inherently quickly detected.

This is evidenced by the stimulus adaptation factor. Moreover, even with minimal attention to the distractor, its incongruence is detected by the cognitive system (see 1.3.1., page 38). In this case, conflict is detected in many trials, while “readiness” for conflict only reduces the time for its detection – conflict is detected and resolved more quickly. We hypothesize that readiness for conflicting stimuli will increase the interference effect if conflicting and non-conflicting stimuli are difficult to distinguish from each other. Thus, we draw two conclusions:

- If conflicting and non-conflicting stimuli are easily distinguishable from each other, then conflicting stimuli will be controlled for a longer time.
- If conflicting and non-conflicting stimuli are difficult to distinguish from each other, then the difference between the control times of these stimuli will decrease.

To create a “conflict that is difficult to detect” condition, we used the Stroop Squares technique (a modified version of F. Durgin's technique (Durgin 2000)). In the center, an incongruent Stroop word was presented. Colored squares were presented on the right, left, top and bottom. The subjects were instructed to press the button corresponding to the meaning of the word as quickly as possible. For example, if the word “yellow” was presented and the yellow square was on the left, the “left” button was to be pressed. It was the task to respond to the meaning that was used, because the magnitude of interference is greater in visual search tasks (Sobel et. al, 2020). The non-conflict stimulus (left square, see Fig. 1) did not include a square that corresponded to the color of the word, i.e., no interference error could be made in it. However, each of the responses (the “left”, “right”, “up”, and “down” buttons) and each of the meanings could have been the correct response in another trial of the experiment.



Figure 1: Examples of a conflict stimulus (left) and a control stimulus (right). The Russian word typed in red in the center is “yellow”.

As control, we used a condition in which conflict and non-conflicting stimuli were presented in the same block in random order (control condition). Subsequently, we used methodological techniques that, in our opinion, increased the likelihood of successfully distinguishing between conflict and non-conflicting stimuli:

- 1) Presented colored squares in front of words (condition 2),
- 2) Presented conflicting and non-conflicting stimuli in separate blocks (condition 3),
- 3) A block of non-conflicting stimuli was presented before a block of conflicting stimuli; a block of conflicting stimuli was presented before a block of non-conflicted stimuli (condition 4).

Thus, our empirical hypotheses are as follows:

- 1) In the Stroop squares technique, the response time to conflicting stimuli is longer than the response time to non-conflicting stimuli if these stimuli are presented in separate blocks.
- 2) In the Stroop squares technique, the difference between the response rates for conflicting and non-conflicting stimuli will decrease if non-conflicting stimuli are presented before conflicting stimuli, and conflicting stimuli before non-conflicting stimuli.
- 3) In the Stroop squares technique, if distractors are presented before the target, there will be a difference in response times between conflicting and non-conflicting stimuli; if the target is presented before distractors, no such difference will be found.

2.2. Methods for testing hypothesis 2

Hypothesis 2 suggests that interference increases with a slight increase in distractor complexity, but decreases with a significant increase in distractor complexity.

The complexity of distractor processing has often been a factor in experiments. Many scientists have tried to understand how reading speed and the magnitude of the interference effect are related. According to a review by A. Protopapas (Protopapas et al., 2007), the faster the subjects read, the smaller the words' interference effect (however, see Megherbi, 2018 for opposite conclusions). This effect has been shown even for a same age sample (see Mano et al., 2016). Nevertheless, high reading speed is usually also associated with efficiency of other cognitive processes (control, faster color naming, etc.), so the negative correlation between reading speed and magnitude of interference cannot fully prove our hypothesis.

Nevertheless, in a number of studies only the difficulty of distractor processing was varied. Based on the available data, we can conclude: if a distractor is easily recognized, then the faster it is processed, the lower the magnitude of interference. This is indicated by the effects of distractor frequency and distractor lexicalization. The frequency effect consists in an increase in interference when low-frequency words (хвоя - "pine needles", греча - "buckwheat") are used as distractors in comparison with high-frequency words (стол - "table", радуга - "rainbow"). The effect of distractor lexicalization refers to an increase in interference when pseudowords ("ragupi", "sliga") are used as distractors compared to high-frequency words. The frequency and lexicalization effects have been confirmed in the picture-word test (Miozzo, Caramazza, 2003; Lupker, 1979, 1982), the color-word test (Burt, 2002; Monsell et al., 2001), and the word-word test (Mulatti et al., 2015). Interestingly, in the early days of interference research, an opposite result was found. In studies from the 60s and 80s, high-frequency words interfered more strongly than low-frequency words or pseudowords (Klein, 1964; Guttentag, Haith, 1978; De Soto, De Soto, 1985). Contemporary authors point out the methodological shortcomings of early studies (Miozzo, Caramazza, 2003): the same distractors were repeatedly presented during an experiment, stimuli were presented on cards or in separate blocks, etc. We are not aware of any contemporary studies in which

high-frequency words interfere more strongly than low-frequency words or pseudowords with the exception of a paper by E. Dooge and R.D. Hartsuiker (Dhooge, Hartsuiker, 2012). However, the pseudowords in their study were created by WordGen, while in other works they were created manually. Thus, it is necessary to check whether the lexicalization effect still arises when different ways of creating pseudowords are used.

On the other hand, “hard-to-read” distractors produce less interference than “easy-to-read” distractors. In an experiment by Dunbar and McLeod, subjects named the colors of mirrored words. In this condition, mirrored words interfered less than regular words. Another way to make reading more difficult is to elicit the first fixation on one of the last letters of a word. According to P. Perret and S. Ducrot (Perret, Ducrot, 2010) the magnitude of interference decreased significantly in this condition. In a work by M. Arsalidou (Arsalidou et al., 2013) the letters in distractor words were mixed up (“rde” instead of “red”). It turned out that in this condition the magnitude of interference decreased. A similar result was obtained in a study by G.M. Redding and D.A. Gerjets (Redding, Gerjets, 1977). In a study by K. Geukes and colleagues, new words were used as distractors: subjects only learned to associate given words with specific colors before the experiment. When new words were used as distractors, interference was still detected, but its magnitude was significantly lower than it was when familiar words were used (Geukes et al., 2015). In a work by A. Protopasa (Protopasa, 2017) a similar methodological technique was applied, but with newly learned Chinese color names. In general, being trained to perform the main task had no effect on the magnitude of interference. On the other hand, when foreign language words were used as distractors, interference was significantly decreased (Rosselli et al., 2002; Altmann, Davidson, 2001). In an experiment by E. Lorentz (Lorentz et al., 2001), pseudo homophones (pseudowords that read the same as existing words, for example “bloo”) were used as distractors. It turned out that the interference effect produced by such pseudowords is not significantly different from the interference effect of existing words.

Thus, interference tends to increase when distractor complexity is slightly increased, but decreases when distractors are significantly more complex. These results

are fully consistent with our hypothesis. However, there are methodological and theoretical objections to our interpretation. Firstly, the distractor lexicalization effect may depend on the method used to create pseudowords. Secondly, the frequency and lexicalization effects can be explained not so much by the general complexity of distractors as by their specific characteristics (e.g., “lexical complexity”). Because of this, we, on the one hand, used two different methods for creating pseudowords as well as trying out a new method to make distractors slightly more complex: introducing orthographic errors into them⁵⁸. On the other hand, we tested an alternative explanation for the effects of distractor complexity. The nonlinear relationship between distractor complexity and the magnitude of interference is usually explained by conflict at different levels of information processing: visual complexity reduces interference, while semantic (lexical) complexity increases it. We tested the hypothesis that the effect of distractor processing complexity is not connected with different types of stimulus material, but rather with the magnitude of complication. If the hypothesis about the effect of complexity at different stages of information processing is correct, then no correlation should be found between visual and “semantic” complexity.

Thus, we extrapolate two empirical hypotheses from this block:

1. The interference effect in the picture-word experimental paradigm increases when pseudowords or misspelled words are used as distractors.
2. The distractor frequency effect in the picture-word paradigm is inverted when inverted words are used as distractors.

2.3. Methods for testing hypothesis 3

Hypothesis 3 suggests that the interference effect decreases as the main task becomes more complex. Many experiments can be connected to this hypothesis: introducing noise during the experiment (see 1.3.1., page 38), replacing words and colors with less frequent ones (e.g., shades of yellow (Krushinskaya, 2001) or gray (Dyer, 1971)), reducing color intensity (Stafford, Gurney, 2011). In almost all of the examples, increasing the complexity of the task reduced the magnitude of

⁵⁸ To our knowledge, at least, this technique has not been used before.

interference.⁵⁹ Intuitively, it seems that in the described conditions, the “increase in difficulty” of target processing is greater than the “increase in difficulty” of distractor processing. Indeed, the task of distinguishing lemon color from gold color is much more difficult than the task of distinguishing yellow from red; however, reading the word “gold” is not much more difficult than reading the word “yellow”. Nevertheless, it is not clear how to measure the difficulty of target and distractor processing. Therefore, a more accurate proof of our hypothesis requires experiments in which only target processing complexity is varied, but distractor processing complexity is not.

The results of a study by Dunbar and MacLeod are consistent with our hypothesis (Dunbar, MacLeod, 1984). In their experiment, subjects classified word meanings by pressing buttons. It was found that interference reduces when mirrored words are used. Since mirrored words are more difficult to read than regular words, complicating the main task reduces the interference effect. However, it is possible that when the same words are repeatedly presented over the course of the experiment, their complexity “evens out”. Therefore, it is important to replicate this experiment using unique targets, which can be done using a picture-word test.

The complexity of the main task can be defined through the number of colors used in the experiment. C. Golden used the technique with 3, 4 or 5 target colors, but found no significant difference in the interference effect (Golden, 1974). C. Ray's study also showed no difference between using three or five colors (Ray, 1974). Nevertheless, in these works, the number of distractors changed along with the number of targets. Moreover, an increase from 3 to 5 colors may not produce sufficient effect. A research by E. Williams does not possess these disadvantages (Williams, 1977). From 2 to 8 words were used in his work and the number of words was varied separately from the number of colors. The magnitude of interference was shown to increase when increasing the number of colors. A similar result was found in a study by W. La Heij and E. van den Hof (La Heij, van den Hof, 1995). Their study used a picture-word test with non-repeating word distractors, none of which were associated with the images. The magnitude of interference increased significantly when 20 images were used

⁵⁹ Apart from the experiments where color intensity was reduced.

compared to the condition when only 4 were used. This result is inconsistent with our hypothesis: an increase in target complexity increases the interference effect. However, in this case, in addition to an increase in target complexity, the set of potential responses was also expanded, and the distractor words were more likely to be part of this set. The set of potential responses can affect interference at the detection stage.

On the other hand, using less familiar targets reduces the interference effect. In a study by H.S. Gauvin et al. and C. Collina et al. (Gauvin et al., 2018; Collina et al., 2013), subjects were introduced to only a portion of the images before the picture-word test, while other pictures remained unfamiliar. In these experiments, the magnitude of semantic interference increased when familiar images were presented. However, in these studies it was specifically semantic interference that was measured (i.e., how much stronger the word “dog” interferes with the image of a cat compared to the word “bread”), which is different from the classic measurement of interference (the difference between the interference of a word and that of control stimuli such as XXXX). A study by R.M. Krebs and colleagues investigated the role of image familiarization and used the classical way of measuring interference (Krebs et al., 2013). In their experiment, subjects were asked to sort colored photographs into two categories: “indoors” and “outdoors.” Half of the images were familiar to the subjects prior to the experiment, and the other half of the images were presented for the first time. A significantly greater interference effect was found for familiar images. These experiments seem to point to the validity of our hypothesis. Nevertheless, given that these data were obtained using a very specific task, we set out to replicate the target familiarity effect using a more classical measure of interference (with unreadable symbols as the control condition, as in R.M. Krebs) and with a more classical response method (naming images aloud, as in Goven and Collina).

Thus, the effect of the size of the possible response set is not consistent with our hypothesis. However, our hypothesis is indirectly supported by data on interference reduction in experiments where color shades or noise were used. Stronger evidence for our hypothesis comes from data on interference reduction when deformed or unfamiliar targets are used. However, several methodological problems must be resolved in order

to use this interpretation. The familiarity effect was either obtained using a classification task or it was used to measure semantic interference. The deformation effect, on the other hand, was found in the classical Stroop problem, in which 4 words were repeated. It is obvious that, in this condition, even visually deformed words are still easily identified (see 2.3., page 71). For this reason, it is necessary to reproduce the target deformation effect using a large number of targets in order to test our hypothesis.

Thus, at the empirical level, our hypothesis reads as follows:

In the picture-word experimental paradigm, the magnitude of interference will increase if the image is more familiar to the subjects.

In the picture-word experimental paradigm, the magnitude of interference will decrease if some of the distractor's outline is removed.

2.4. Methods for testing hypothesis 4

Our fourth hypothesis suggests that when the distractor and the target are congruent, the magnitude of interference decreases even if the distractor does not correspond to the correct response; the magnitude of interference decreases when responses to the distractor and the target become more similar.

A quick browsing of the literature gives the impression that an association between distractors and targets increases interference. This is how the semantic gradient and response set effects can be interpreted. An increased interference effect when the distractor and the target belong to the same category has also been found in color-word tests (see 1.1.2., page 17) and picture-word tests (e.g., Damian, Bowers, 2003). Subjects take more time to name images when presented with words that are of the same category as the images (e.g., the picture of a cat with the word “dog”; the task is to say the word “cat”) compared to the condition when distractors and targets belong to different categories (e.g., the picture of a cat with the word “door”). This effect is called “semantic interference,” although it would be more accurate to refer to it as “categorical interference.” In a study by A. R. Rahman and A. Melinger, semantic interference increased even more when two words belonging to the same category as the image were presented over it (Rahman, Melinger, 2008). In a study by F. De Simone and S. Collina,

the interference effect was significantly influenced by the part of speech that distractor words belonged to. Nouns interfered significantly stronger than verbs or adjectives. This result is explained by the fact that images are always nouns, i.e., distractors are more similar to the targets when nouns are presented (De Simone, Collina, 2016).

However, the categorical interference effect is unstable and easily reversed when experimental designs are changed. This suggests that the categorical interference effect may arise due to the similarity of the distractor and the potential response to the stimulus. In an experiment by Mahon and colleagues (Mahon et al., 2007), semantically related verbs were presented over images (e.g., an image of a pillow and the word “sleep”). Since verbs are not part of the potential response set, there was no response conflict and the semantic relationship between the distractor and target reduced response time. The authors also point out that formally calculated semantic distance between the distractor and the target can not explain the interference effect. Semantic distance between the English words “strawberry” and “lobster” is equal to the semantic distance between “strawberry” and “lemon”. However, the interference is higher when the lemon/strawberry pair is presented. In a work by K. Spalek and M. Damian (Spalek, Damian, 2013) it was found that a semantic connection between the distractor and the target leads to shorter response times if distractors are hidden by a visual mask 53 ms after presentation. In La Heij et al., a categorical connection between the distractor and the target reduced interference when words from various categories were used (La Heij et al., 2003). The semantic interference effect is also reversed when subjects are not introduced to images before the experiment (Gauvin et al., 2018; Collina et al., 2013). The described changes in experimental design reduce the likelihood of “response competition” by either making word processing more difficult (e.g, masked distractors are presented) or by generating a blurred response set (e.g, images from many categories are presented, no possible responses are introduced before the experiment).

Thus, the categorical interference effect does not disprove our hypothesis. Moreover, interference is also reduced when using other methods of making the distractor and the target more similar. For example, words semantically related to the image interfere less if their meaning is visually similar to the image (e.g, the image of a

zebra and the word “horse”) (Rahman and Melinger, 2008). A study by Klopfer investigated the effect of word and color similarity in a color-word test. For example, the word “blue” typed in green interfered more strongly than the word “orange” typed in green. The author calculated the correlation between the interference produced by combinations of two colors and the “measure of proximity” of the two colors. The measure of proximity was calculated as the average time it took to decide that the two colors are different. The faster the person made this decision, the more distant the two colors were considered to be from each other. It was found that the time needed to decide that the two colors are different negatively correlates with the magnitude of the interference effect. That is, the more similar the colors are to each other, the larger the magnitude of interference (Klopfer, 1996). However, D. Hutson and M. F. Damian (Hutson, Damian, 2014) used in a picture-word paradigm words that were at different semantic distances from the image. Their study did not show a uniform decrease in the interference effect as the semantic similarity of the distractor and the target increased.

Another way to make responses to the distractor and the target more similar is to use associatively connected distractors and targets (Geng et al., 2013). This condition was found to reduce the interference effect. If the word “sea” is typed in blue, its color is named faster compared to the condition when the word “sea” is typed in red (or when a neutral word like “table” is presented) (Dalrymple-Alford 1972). Similarly, in the picture-word test, subjects name images faster if they are overlaid with words associated with them (e.g., picture of a dog and the word “collar”) compared to the condition where the word and the image are not associated (e.g., picture of a dog and the word “traffic light”).

There have also been many studies in which the phonetic relationship between the distractor and target were varied. If the target and distractor begin with similar syllables, the magnitude of interference decreases. Moreover, this pattern is shown even when pseudowords are used as distractors. If the distractor and the target rhyme with each other, this also reduces response time (e.g., “pin” - “bin”) (Morsella, Miozzo, 2002). In a study by A.R. Rachman and A. Mellinger, a phonetic connection effect was observed both in the condition where the first letters of the image and the word matched, and in

the condition where the final letters matched. Moreover, if two phonetically related words were presented over the images, the phonetic acceleration effect was even greater (Rahman, Melinger, 2008).

D. R. Schmidt believes that the categorical interference effect is inconsistent with the logic used to explain other cognitive psychology phenomena (Schmidt, 2013). For example, in the lexical decision paradigm, primes of the same category typically facilitate the performance of the subsequent task (e.g., the word “nurse” is processed faster if the word “doctor” was presented earlier). D.R. Schmidt and colleagues investigated which experimental conditions are critical for such a difference. They conclude that, within the Stroop paradigm, experimental results are significantly affected by the “response competition” factor. When only a small number of responses (usually “red”, “green”, “yellow”, “blue”) are repeatedly presented in an experiment, subjects process all other words differently. In this case, it is as though they immediately look for a connection between the new word and any of the potential responses. Schmidt and colleagues showed that when there is a large set of potential responses, the word “water” facilitates both the subsequent response “green” and the subsequent response “blue”. However, if the number of potential responses is small (as it is, for example, in classical Stroop interference techniques, where only the words “red”, “blue”, “yellow”, and “green” can be the responses), then the word “water” slows down the subsequent response “green”. According to the authors, in the absence of competition between the responses “green” and “blue”, the words “green” and “blue” reinforce each other's activation.

Two conclusions can be drawn: 1) in the vast majority of cases, a connection between the distractor and the target reduces the interference effect. The only exception is the categorical interference effect. This effect, however, is inconsistent and easily reversed by a number of experimental manipulations. 2) The discussed phenomenon is strongly influenced by the potential response set factor. If a distractor is similar to any of the potential responses, such a distractor produces stronger interference.

It seems to us that the second finding is underestimated in models of interference. Interference is described as something that follows stimulus processing. However, when

a subject performs an experimental task, she or he does not just passively respond to the stimulus, but hypothesizes about the solution to the problem. These hypotheses affect the magnitude of interference even before the stimulus is presented.

Thus, the results of most of the experiments discussed above are consistent with our hypothesis. However, there are some important nuances in the corresponding experiments that are not explicitly mentioned in our model: the role of the stimulus set, the type of connection between the distractor and the target, the response set effect, and so on. Therefore, it seems necessary to test this hypothesis on new material. We base our experimental designs on the traditional division of conflict types in the Stroop paradigm into semantic and response conflicts (see 1.2.4., page 33), and propose new methods of measuring distractor and target similarity at these levels. For the experiment on semantic similarity, we chose the “paradoxical naming” technique. In this technique, some of the colors are called by a different name (e.g., the red stimuli must be named “yellow”). This allowed us to create semantically congruent stimuli that would be conflicting at the response level (e.g., the word “red” is typed in red, but the task is to say the word “yellow” when presented with red stimuli). The word is congruent with the meaning, but it is incongruent with the response that subjects were supposed to give.

In another experiment, we preserved the semantic similarity between the distractor and the target, but changed the location of the buttons that needed to be pressed to respond to the target and to the distractor – they could be close to or far from each other.

Thus, the empirical hypotheses are as follows:

In the Stroop test, subjects will be quicker to name the colors of words if they match the meaning, even if the meaning does not correspond to the correct response.

The magnitude of interference in the motor Stroop test will be greater if the buttons corresponding to the distractor and the target are situated far from each other.

Note: Our approach allows for the existence of interference effects that appear when specific types of stimuli are used. Such effects must be sufficiently strong and the other parameters of the experiment must not cancel them out. Therefore, we have chosen an approach based on testing isolated hypotheses. For this reason, we conducted multiple experiments, each with 20 to 30 participants.

CHAPTER 3. EXPERIMENTAL RESULTS

3.1. The “Stroop squares” block of experiments

3.1.1. *Conflicting and non-conflicting stroop-squares presented in the same block (the control condition)*⁶⁰.

In the Stroop squares technique, conflicting and non-conflicting stimuli are difficult to distinguish from each other. We tested for a difference in mean response times for the conflicting and non-conflicting stimuli in these conditions.

Sample

Russian was the native language for all the participants in the study. Subjects had normal or corrected-to-normal vision. No reward was expected for participation in the experiment⁶¹.

Thirty people (11 male) participated in the experiment. The age range of the sample was 18 to 28 years ($M = 20.8$, $SD = 2.8$).

Stimuli

Stroop squares with the words “red”, “yellow”, “green”, “blue”, “purple”, and “white” and the corresponding colors. Each color/meaning combination was presented an equal number of times. In all experimental conditions: two squares of the same color were not allowed to be presented simultaneously; each colored square was presented at each position an equal number of times; there was always a square whose color corresponded to the meaning of the word. All stimuli were either conflicting or non-conflicting. In the conflicting stimuli, there was a square whose color corresponded to the color of the word. In non-conflicting stimuli, no such square was presented.

⁶⁰ The description of the design of this experiment may repeat that given in an article by the author of the current paper (Starodubtzev, Allakhverdov, 2017)

⁶¹ This is true for all the experiments that the current paper is based on.

Experimental task

Subjects were instructed to find the square whose color matched the meaning of the word as quickly as possible and press the corresponding button (e.g., to respond “yellow” when the yellow square is on the left, press the left button).

Experimental design

Two blocks were designed, each consisting of 120 conflicting and 120 non-conflicting stimuli presented in random order.

Half of the subjects were presented with a block of five words and color stimuli and the other half with six. This factor was introduced to control for “color learning” (if there were five colors and the stimuli were non-conflicting, the squares could always be used to predict the word’s meaning), but this factor did not produce a significant effect and therefore will not be considered from here onwards.

Procedure

Stimuli were presented before the subjects responded. There were no pauses between stimuli presentation.

Data Analysis

Response times were not included in the analysis if responses were incorrect or faster than 200 ms and slower than 2000 ms. Responses were averaged across subjects⁶². Comparisons were made using Student's method for dependent samples.

Hypothesis

Response times to conflicting stimuli are longer than response times to non-conflicting stimuli.

Results

More errors were found for the conflicting stimulus condition compared to the non-conflicting stimulus condition ($t(1, 59) = 2.47, p = .002, M_{\text{con}}=90.9\%, M_{\text{noncon}}=94.2\%, 95\% \text{ CI}_{\text{noncon-con}}^{63} [1.3\%, 5.2\%]$). No significant differences were found in mean response times depending on the presentation of conflicting or non-conflicting

⁶² This is true for all the experiments, if the contrary is not stated.

⁶³ From here onwards this means “confidence interval of the difference between the presentation of the two types of stimuli (in this case, between the presentation of conflicting and non-conflicting stimuli)”.

stimuli ($t(1, 59) = .33, p = .74, M_{\text{con}}=1057 \text{ ms}, M_{\text{noncon}}=1046 \text{ ms}, 95\% \text{ CI}_{\text{noncon-con}} [-55 \text{ ms}, 78 \text{ ms}]$).

3.1.2 Conflicting and non-conflicting interfering stimuli presented in the same block when the distractor is presented before the targets (condition 2)⁶⁴.

Sample

Forty subjects (12 males) participated in the experiment. The age of the sample ranged from 18 to 40 years. The mean age of the sample was $M = 21.8, SD = 4$.

Stimuli

Identical to condition 1 (3.1.1.).

Experimental task

Identical to condition 1.

Design

Two lists of 120 stimuli were presented, with conflicting and non-conflicting stimuli mixed in random order (list A and list B). The lists differed only in the order in which the stimuli were presented. Two groups of subjects were first presented with the list A and then the list B, and two other groups were presented with the list B first and then with the list A.

Procedure

Unlike the other experiments in this block, the colored squares and the colored word were not presented simultaneously. We presented the stimuli in two ways: either colored squares were presented first, while the colored word was presented only after 1000 ms; or the colored word was presented first, and the colored squares were presented after 1000 ms. For half of the subjects (20 people), the first method of presentation was used, and for the other half, the second method. See Figures 2-3 for methods of stimuli presentation. Half of the subjects started with List A, and the other half with List B.

⁶⁴ This experiment is covered in the paper (Starodubtsev, Allakhverdov; 2020)

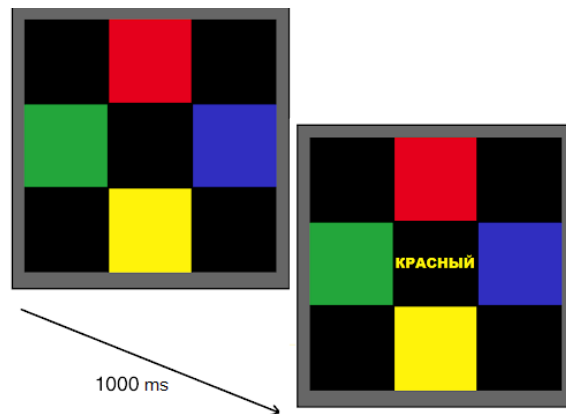


Figure 2: Experimental procedure in the first method of presentation. The Russian word typed in yellow is “red”.

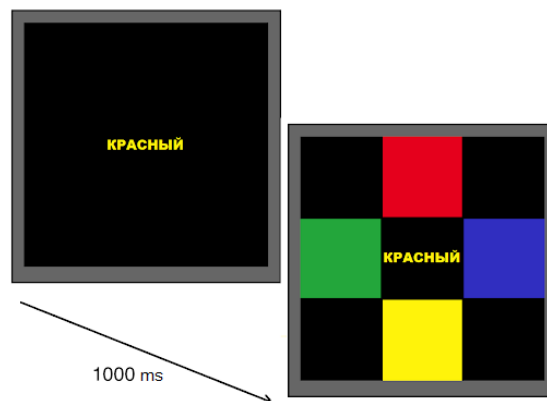


Figure 3. Experimental procedure for the second method of presentation. The Russian word typed in yellow is “red”.

In the first method of presentation, the colored squares that represent this trial’s response set are presented first. We hypothesized that, at the time the word is presented, the subjects have already formed an image of potential responses, which facilitates the detection of cognitive conflict. In the second method of presentation, we expected no detection of cognitive conflict to occur.

Data analysis

For each subject, the average response time and the number of errors for conflicting and non-conflicting stimuli in each of the presentation methods were calculated separately. Responses faster than 200 ms and slower than 2000 ms were eliminated from the analysis. Because each method of stimulus presentation was used

for different subjects, the mean response time and number of errors for conflicting and non-conflicting stimuli were compared separately for each method of presentation using Student's t-test for dependent samples.

Hypothesis

In the first method of presentation, the mean response time to conflicting stimuli will be significantly longer than the mean response time to non-conflicting stimuli.

Results

Both groups gave more correct responses to non-conflict trials compared to conflict trials: $M_{\text{noncon}} = 96.7\%$, $M_{\text{con}} = 94.8\%$, 95% $CI_{\text{noncon-con}} [0.9\%, 2.9\%]$, $t(1, 19) = 3.8$, $p = .011$ for the first group, $M_{\text{noncon}} = 96.6\%$, $M_{\text{con}} = 92.3\%$, $t(1, 19) = 6.6$, $p < .001$, $CI_{\text{noncon-con}} [2.7\%, 5.2\%]$ for the second group. In the second group, the conflict effect indicated by errors was stronger: $t(1, 19) = 2.6$, $p = .012$, $M_{I(\text{noncon-con})} = 1.9$, $M_{II(\text{noncon-con})} = 3.9$, 95% $C_{I-II} [0.5\%, 3.6\%]$.

In the first group, subjects responded significantly faster to non-conflicting stimuli compared to conflicting stimuli ($M_{\text{con}} = 834$ ms, $M_{\text{noncon}} = 810$ ms; $t(1, 19) = 3.5$, $p = .002$, 95% $CI_{\text{noncon-con}} [10$ ms, 38 ms]). In the second group, no significant difference was found between response times to conflicting and non-conflicting stimuli ($M_{\text{con}} = 733$ ms, $M_{\text{noncon}} = 740$ ms, M_{noncon} $t(1, 19) = -0.8$ $p = .40$, $CI_{\text{noncon-con}} [-25$ ms, 11 ms]). The conflict effect was statistically significantly stronger in the first group than in the second: $t(1, 19) = 2.6$, $p = .008$, $M_{I(\text{noncon-con})} = 24$ ms, $M_{II(\text{noncon-con})} = -7$ ms, 95% $C_{I-II} [8$ ms, 53 ms].

Although the two groups were comprised of different subjects, we summarize the total response times for each condition in the table (Table 1) for clarity.

Table 1. Mean percentage of correct responses and mean response times, depending on the type of stimuli and the order in which the colored words and squares were presented.

Stimulus type	Percentage of correct responses		Mean response time	
	Words presented before squares	Squares presented before words	Words presented before squares	Squares presented before words
Conflicting	92.3%	94.8%	733 ms	810 ms
Non-conflicting	96.6%	96.7%	740 ms	834 ms
Difference	3.3%	1.9%	- 7 ms	24 ms

3.1.3. Conflicting and non-conflicting stimuli presented in different blocks (condition 3).

We expected that presenting conflicting and non-conflicting stimuli in different blocks would make them easily distinguishable. This would lead to distractor control occurring in the conflicting stimuli block and not occurring in the non-conflicting stimuli block. According to our hypothesis, this should lead to a significant difference in response times when presented with conflicting and non-conflicting stimuli.

Sample

60 subjects participated in the experiment, 30 in each group (47 females and 13 males), with age ranging from 18 to 27 ($M = 20.8$, $SD = 2.9$).

Stimuli

Identical to condition 1.

Experimental task

Identical to condition 1.

Design

Four blocks of 240 stimuli were formed. Each of the subjects was presented with only one block. Two blocks consisted of conflicting stimuli and the other two consisted of non-conflicting stimuli.

Procedure

One group was presented with one of the conflicting stimuli blocks, and the other group with a non-conflicting stimuli block. There were no pauses between stimuli presentation.

Data analysis

Analysis was performed using Student's t-test for independent samples.

Hypothesis

Response times in the conflicting stimuli block will be longer than in the non-conflicting stimuli block.

Results

A significant effect of the “stimulus type” factor was found: subjects responded slower when presented with conflicting stimuli: $M_{\text{noncon}}=938$ ms, $M_{\text{con}}=1057$ ms, $t(1, 59) = 3.8$, $p < .001$, $CI_{\text{con-noncon}} 95\%$ [57 ms, 186 ms] and made more errors: $M_{\text{noncon}}=97.3\%$, $M_{\text{con}}=93.3\%$, $t(1, 59) = 3.8$, $p < .001$, $CI_{\text{con-noncon}} 95\%$ [2%, 6.3%].

Comparison of responses to conflicting and non-conflicting stimuli in mixed and separate presentation.

Note that according to our hypothesis the interference effect for conflicting and non-conflicting stimuli should be stronger when they are presented in different blocks (the experiment described in 3.1.1) than when they are presented in the same block (the experiment described in this section). Let us select only the responses to conflicting stimuli from the experiment 3.1.1 and compare them with response times to conflicting stimuli presented in a separate block. Similarly, let us compare the percentages of correct responses in both groups.

There was no significant difference in response rates to the conflicting stimuli regardless of whether the stimuli were presented in a separate block or mixed with non-conflicting stimuli: $M_{\text{sep}}=1057$ ms, $M_{\text{mixed}}=1057$ ms, 95% CI [-70 ms, 71 ms], $t(1, 29) =$

.01, $p = .99$. However, response times for non-conflicting stimuli were significantly shorter when they were presented in a separate block compared to the condition of presenting them mixed with conflicting stimuli: $M_{sep}=1046$ ms, $M_{mixed}=935$ ms, 95% CI [50 ms, 170 ms], $t(1, 29) = 3.7$, $p < .001$.

A comparison of the number of correct responses showed no significant difference between the conditions “conflicting stimuli presented in a separate block” and “mixed presentation of conflicting and non-conflicting stimuli”: $M_{sep}=90.1\%$, $M_{mixed}=93.3\%$, 95% CI [-5.3%, 0.5%], $t(1, 29) = -1.7$, $p = .098$. Mixed presentation lead to a higher number of correct responses to non-conflicting stimuli than when non-conflicting stimuli were presented in a separate block: $M_{sep}=94.2\%$, $M_{mixed}=97.5\%$, 95% CI [-5.1%, -1.5%], $t(1, 29) = -3.6$, $p < .001$. Although we conducted two statistical analyses, we present them in a single table for clarity (Table 2).

Table 2. Mean percentage of correct responses and mean response rates to conflicting and non-conflicting stimuli depending on whether they were presented in separate blocks or in the same block.

Stimulus type	Percentage of correct responses		Mean response time	
	Conflicting stimuli	Non-conflicting stimuli	Conflicting stimuli	Non-conflicting stimuli
Same block	93.3%	97.5%	1057 ms	935 ms
Separate blocks	90.1%	94.2%	1057 ms	1046 ms
Difference	2.2 %	3.2%	0 ms	111 ms

3.1.4. Multiple blocks of conflict and non-conflicting stimuli (condition 4)⁶⁵

Sample

60 subjects participated in the study, 30 in each group (15 male). The subjects' age ranged from 18 to 39 (M = 22.7, SD = 5.1).

Stimuli

Identical to Experiment 1⁶⁶.

Experimental task

Identical to Experiment 1.

Design

We used two blocks of 120 stimuli each. One block consisted only of conflicting stimuli, and the other consisted only of non-conflicting stimuli. The first group of subjects was presented with a block of conflicting stimuli first, followed by a block of non-conflicting stimuli. The other group was presented first with a non-conflicting stimulus block and then with the conflicting stimulus block.

Procedure

Identical to condition 1. There was no pause between the first and second blocks and they all looked like one set of stimuli to the subjects.

Data analysis

Average response times in the first and second groups were compared separately for the conditions “first half of the experiment” and “after non-congruent training” (see Table 3).

Table 3: Experimental and data analysis design in experiment 3.

⁶⁵ The description of the design of this experiment may repeat an article by the author of the current paper (Starodubtsev, 2016)

⁶⁶ We used a set of five words and corresponding colors, because the previous study did not show any significant effect of this factor.

	Stimuli 1-120	Stimuli 121-240
1 group	Conflicting stimuli	Non-conflicting stimuli
2 group	Non-conflicting stimuli	Conflicting stimuli
Effects of conflicting and non-conflicting stimuli comparison	Conflict effect in the first half of the experiment	Conflict effect after non-congruent training

Because the experimental conditions described above were used in separate groups of subjects, mean response times and error rates were compared separately for stimuli 1-120 and for stimuli 121-240 using Student's t-test for independent samples.

Hypothesis

The conflict effect (the difference in response times to conflicting and non-conflicting stimuli) would decrease significantly in the “after non-congruent training” condition compared to the “first half of the experiment” condition.

Results

Number of correct responses

In the first block, the number of correct responses was significantly greater when a block of non-conflicting stimuli was presented compared to when a block of conflicting stimuli was presented ($t(1, 59) = 50, p = .008$). Such difference was not found in the second block ($t(1, 59) = .26, p = .79$). The average number of correct responses in each condition is shown in Figure 4.

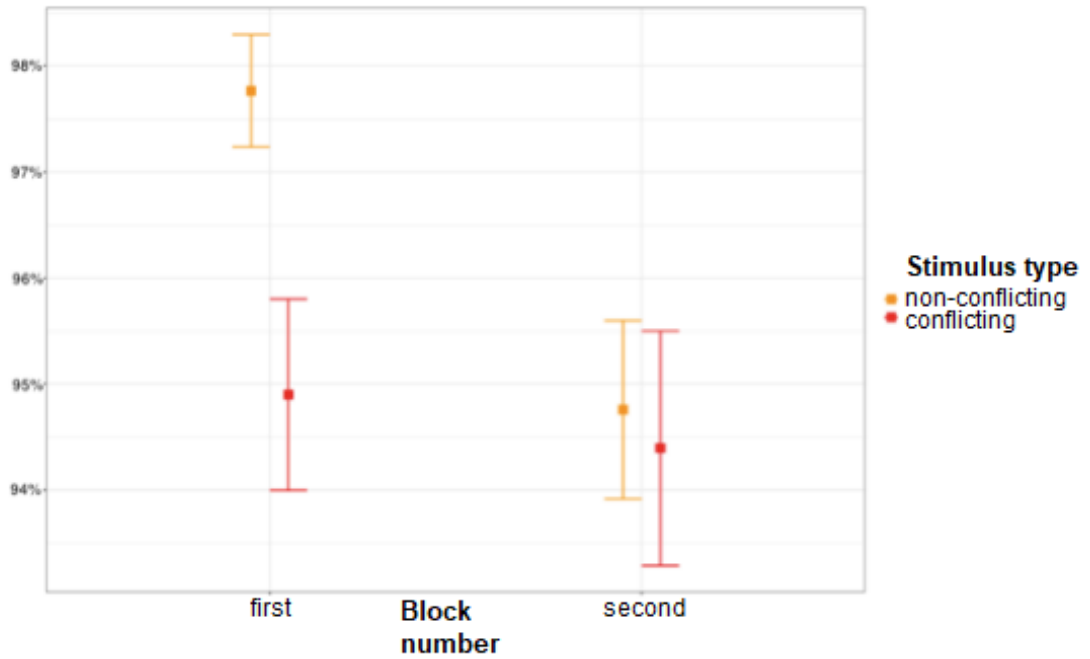


Figure 4: Percentage of correct responses as a function of stimulus type and block number⁶⁷.

Average response time

In the first block, response times for the set of conflicting stimuli were significantly longer than response times for the set of non-conflicting stimuli ($t(1, 59) = 2.9, p = .005$). No significant differences were found in the second block ($t(1, 59) = 1.09, p = .28$). The average response time in each of the conditions analyzed is shown in Figure 5.

⁶⁷ This figure represents the results of two statistical analyses for separate groups of subjects. The bars hereinafter represent standard deviation.

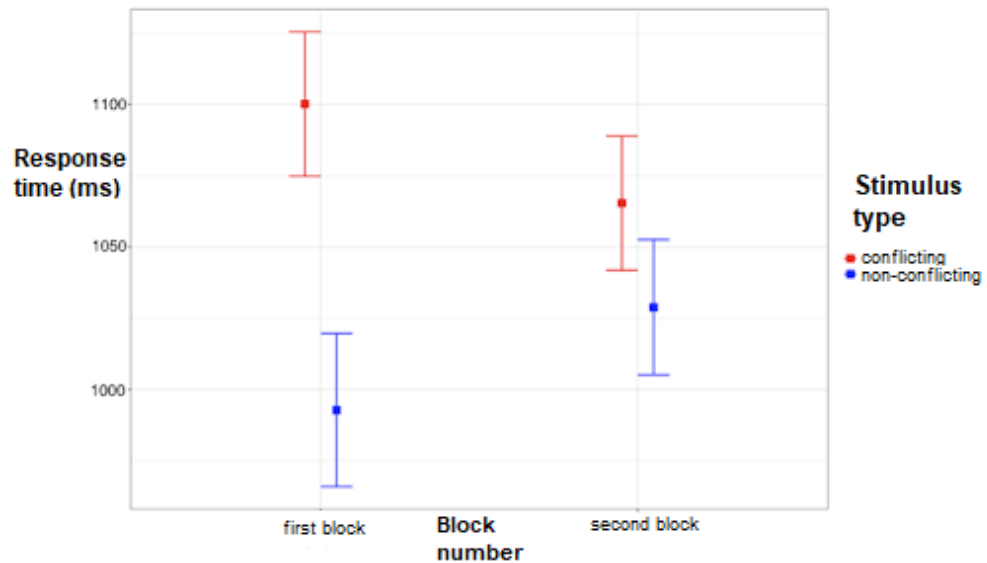


Figure 5. Average response times as a function of stimulus type and block number.

Discussion of the stroop square experiments block

We hypothesized that conflicting and non-conflicting Stroop squares are difficult to quickly distinguish from each other, and thus, a “control strategy” involving controlling for non-performance of the ignoring task could also be applied to them when they are presented mixed with each other. Indeed, no significant difference has been found between the response rates to conflicting and non-conflicting stimuli when they were presented in the same block (condition 1) or when a block of non-conflicting stimuli was presented before the block of conflicting stimuli (condition 4, the comparison of second blocks). However, there was a significant difference in the average response time for conflicting and non-conflicting stimuli in “separate blocks” (conditions 3, 4, comparison of first blocks); the stability of the discovered phenomenon is indicated by the high Cohen effect size measure ($r_{\text{Cohen}} = .86$). It is therefore unlikely that the absence of differences in conditions 1 and 4-2 indicates an insufficient test power. When two blocks of stimuli are presented in a row, the preceding block seems to “dilute” the effect of the following block. Block experimental designs are used to test hypotheses about the role of strategies in problem solving (Falikman & Pechenkova 2010). In Condition 2, we used a different method to test our explanation:

presenting first the colored squares and only then the words. We expected that in this condition subjects would be able to distinguish conflicting stimuli from non-conflicting stimuli and interference would be detected again, as was demonstrated in the experiment.

Note, however, that in mixed presentation of conflict and non-conflicting stimuli, interference disappears due to an increase in response time to conflicting stimuli. Therefore, it is more accurate to say that detecting the absence of conflict leads to a decrease in control time, rather than that conflict detection leads to an increase in control time.

Nevertheless, we also discovered a fact that we cannot explain. The difference in the average number of errors when presented with conflicting versus non-conflicting stimuli in Condition 2 was significantly greater when the Stroop word was presented before the colored squares. This means that being able to quickly establish the conflicting nature of the stimulus reduces the likelihood of error. On the other hand, the mean difference between the number of errors was only 2% of the total number of stimuli. Perhaps it is this percentage of errors that is the “price” a person would pay for failing to control whether the task has been performed. In the other conditions in this block, the difference in the number of errors for conflicting versus non-conflicting stimuli was 3-5%⁶⁸. Thus, in the vast majority of trials, subjects are able to respond correctly even without control of the task of ignoring. Nevertheless, control of the task of ignoring may slightly⁶⁹ reduce the probability of errors⁶⁹.

This conclusion is consistent with V.M. Allakhverdov’s concept of control. In this concept, the goal of cognitive control is not to achieve the optimal solution, but to verify this solution. The tendency to check that “no error has been made” leads to cognitive conflict despite the small probability of such an error.

If conflicting information is expected, the subsequent response takes more time to control; if conflicting information is quickly detected, the incoming information takes

⁶⁸ Here, we also consider as errors correct responses that were given in a time exceeding 2000 ms. If such responses are considered correct, the difference goes down to 1-2%.

⁶⁹ On the other hand, this interpretation is challenged by the fact that the number of errors increases when conflicting and non-conflicting stimuli are mixed (see Experiment 3, page). However, this observation may be challenged by the following argument: “a greater diversity in stimuli in and of itself increases task complexity”.

more time to control. On the other hand, if the absence of conflict is quickly detected, then the “decision to control” is overridden and response times decrease.

3.2. Distractor deformation in the picture-word test⁷⁰

3.2.1. Effects of distractor deformation and frequency (the main experiment)

Sample

30 subjects (24 women) between the ages of 18 and 37 participated in the experiment (M = 23.8, SD = 5.5). The participants were visitors at the science festival “Week of Experiments” organized at the Department of Psychology, SPbU.

*Stimuli*⁷¹

The stimuli consisted of picture/word pairs. Images were selected from the BOSS database (Brodeur et al., 2014), adapted for use in the Russian-speaking sample (see Sopov et al, 2019). A total of 36 images were used, each was presented 5 times (not including the 5 images that were presented during the training phase). Only those images were selected for which the “naming consistency” parameter exceeded 90% (i.e., at least 90% of respondents give the same name for the object). The size of the images was 500 by 500 pixels, and they were presented on a gray background. 144 distractor words were used for experimental conditions: 72 high-frequency nouns (M=68.8 imp, SD=78 imp) and 72 low-frequency nouns (M=0.92 imp, SD=0.30 imp). Equal numbers of 5- and 6-letter words were used. The words were selected from the word frequency dictionary by O. N. Lyashevskaya and A. S. Sharov (Ляшевская, Шаров 2009)⁷². The words were 400 pixels long and 150 pixels high, and the Arial Bold font was used. To increase the visibility of the word stimuli, the edges of the letters were colored black and the middle was colored white. Half of the words used were typed in their regular form, while the other half were mirrored relative to the horizontal axis (see Fig. 6). For the control condition, 36 non-lexical distractors (XXXXXX or XXXXXX) were used.

⁷⁰ The description of the design of this experiment may repeat an article by the author of the current paper (Starodubtsev, Miroshnik, 2019).

⁷¹ A comprehensive list of all the stimuli used in the experiment can be found in the appendix.

⁷² The dictionary was used for all of the following experiments in the picture-word paradigm.



Figure 6. Example of a stimulus with an non-mirrored and a mirrored distractor. The Russian word can be translated as “stove”.

*Experimental task*⁷³

The subjects were instructed to name the images as quickly as possible and to ignore the words superimposed over them. They were also instructed not to make unnecessary noises and not to stretch the words while naming them during the experiment.

Experimental design

Subjects were divided into 4 groups, each receiving a different sequence of stimuli. The stimuli in each sequence were images with distractors superimposed over them. The first stimulus sequence was exactly the same as the second, but each distractor that was mirrored in the first sequence was replaced by an non-mirrored distractor in the second sequence, and vice versa. The third and fourth sequences were identical to the first and the second respectively. The only difference was that in the third and fourth sequences, the stimuli were presented in reverse order (e.g., the 180th stimulus in the first sequence was the 1st stimulus in the third sequence). All sequences were created so that each of the experimental conditions – word frequency and word mirroring – would not be repeated more than three times in a row.

Procedure

The experiment consisted of three phases. During the familiarization phase, participants were presented with a sequence of 41 images (36 for the main phase, 5 for the training phase). The task was to name the presented objects. The responses were not

⁷³ Identical to all of the following experiments.

recorded, and there was no time limit for responses. At the training phase, participants were instructed to name the presented objects as quickly as possible, ignoring distractors. Afterwards, five images with distractors superimposed over them were presented sequentially. The following distractors were used: “XXXXX” symbols, mirrored or non-mirrored high-frequency words, and mirrored or non-mirrored low-frequency words⁷⁴. In the experimental phase, 180 stimuli were used and responses were recorded. The duration of each trial in the experimental phase was 3400 ms: a blank screen (1000 ms), a fixation cross (400 ms), a blank screen (300 ms), and a stimulus (at 1700 ms) (see a diagram of the experimental procedure in Figure 7).

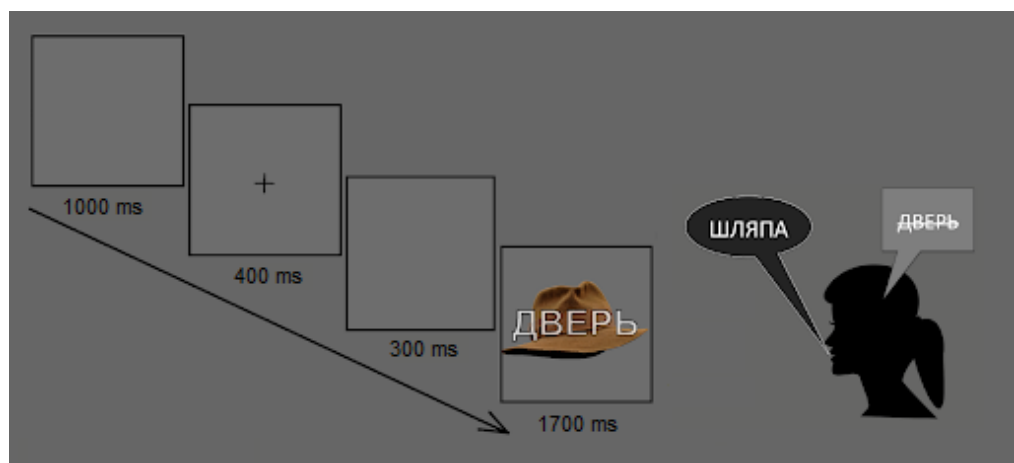


Figure 7: Experiment procedure for the picture-word test. The word overlaid on the picture of a hat is “door”. The woman on the right is saying “hat”, instead of “door”.

Data analysis

The recorded sounds were processed in the Praat program. Response latency was used as the dependent variable. In the case of incorrect responses, irrelevant vocalizations (e.g., “mmm”, “uh” sounds, etc.) or empty sound files, the responses were considered to be incorrect and were removed from the analysis. In total, there were 4.7% of such responses.

A two-factor ANOVA with repeated measures (factors: “distractor frequency”, “distractor mirroring”) was used to test the main hypothesis. The control condition with unreadable symbols was used to control whether interference in mirrored words decreased to zero.

⁷⁴ Here, as in all of the following experiments, each of the experimental conditions in the picture-word test was presented an equal amount of times.

Hypothesis

Low-frequency words interfere more strongly than high-frequency words if they are not mirrored. However, high-frequency mirrored words interfere more strongly than low-frequency mirrored words.

*Equipment*⁷⁵

Stimuli were presented on a personal computer (display resolution – 1920*1080 pixels). Verbal responses were recorded with a noise-canceling microphone. The experiment was designed in PsychoPy2 software (Peirce 2007).

Results

A significant correlation between the factors “distractor frequency” and “mirroring” was found ($F(1, 29)=26.6, p < .001, \text{partial } \eta^2=.483$). Mirrored distractors interfered weaker than non-mirrored distractors in both the low-frequency word condition ($F(1, 29) = 69.2, p < .001, \text{partial } \eta^2 = .689$) and the high-frequency word condition ($F(1, 29) = 12.26, p = .002, \text{partial } \eta^2 = .280$). We were able to reproduce the frequency effect: in the non-mirrored distractor condition, low-frequency words interfered more strongly than high-frequency words ($F(1, 29) = 17.1, p < .001, \text{partial } \eta^2 = .364$). The average response times for each condition are shown in Table 4.

Table 4. Mean response time as a function of distractor type and distractor mirroring; * – $p < .001$

	Low-frequency distractors	High-frequency distractors	Frequency effect
Mirrored distractors	897 ms	908 ms	-11 ms
Non-mirrored distractors	959 ms	935 ms	24* ms
Control stimuli (XXXXX)	872 ms		

⁷⁵ This equipment was used in all of the following experiments.

3.2.2. Connection between the distractor deformation effect and ease of recognition

The results of the first experiment may have been influenced by the “ease of recognition of mirrored words” factor. Some mirrored words are much easier to recognize than others. For example, the word “турник” (Russian for “pull-up bar”) is recognized much slower when mirrored than the word “океан” (“ocean”) (see Figure 8). We conducted an additional experiment to determine how quickly subjects recognize various mirrored words.

ТЪННК
ОКЕАН

Figure 8. An example of a difficult to recognize word (“турник” – only 5 out of 36 subjects were able to recognize this word at all in 1800 ms) and an easy to recognize word (“океан” – median recognition time – 807 ms).

Sample

36 subjects (23 females) between the ages of 18 and 31 participated in the study ($M=21.6$, $SD=3.7$). Participants were recruited from the Department of Psychology, SPbU.

Stimuli

72 words were selected from the set of words used as distractors in the main experiment. We selected only half of the words because the pilot experiment showed a significant learning effect in the mirrored word recognition task. This way, we sought to avoid the influence of this effect.

Task

Subjects were presented with mirrored words that they had to read as quickly as possible.

Design

A sequence of stimuli was randomly generated. This sequence was then divided into 36 equal parts (2 words in each part). The order in which these parts were presented

was developed using the Latin square method. Stimuli within each of the parts were presented in a random order. Thus, each subject was presented with a unique sequence of stimuli.

Procedure

The experiment was conducted in two phases: the training phase and the experimental phase. Before the training phase, the participants were instructed to name the mirrored words as quickly as possible. The subjects were asked not to make extraneous sounds before naming the stimuli (such as “mmm”, “uh”) and not to stretch the words while uttering them. If, nevertheless, such trials occurred, they were excluded as errors during data processing. During the training phase, the participants were presented with 6 mirrored words that were not used during the experimental phase. The experimenter prompted the correct response if the participant had difficulty naming a word. Each mirrored word (similar to the mirrored word distractors in the main experiment) was presented for 1800 milliseconds, and its presentation was preceded by a blank screen (1000 ms), a fixation cross (400 ms), and a blank screen again (300 ms).

Data analysis. Using the results of the second experiment to reanalyze the main experiment.

The first stage of analysis consisted in identifying easy to recognize and difficult to recognize words based on the data from the supplementary experiment. Since we only need the average response time in this experiment to categorize a word as “easy to recognize” or “difficult to recognize,” the response screening procedure was changed. If a participant failed to name a word in the allotted time or made a mistake, the response time for that stimulus was considered to be 2000 ms. Subsequently, for each word, the median time when its utterance began was calculated. Then all words were divided by median into two parts: “easy to recognize” and “difficult to recognize.” All “easy to recognize” distractors were identified, on average, in 1076 ms, and the “difficult to recognize” ones were identified in 1696 ms.

In the second stage, we reanalyzed the data from the first experiment. We analyzed interference produced by mirrored words, adjusting for the “ease of recognition” and “word frequency” factors.

Results

The results of Experiment 2 were used to further analyze the data from Experiment 1. Based on the reading rates for mirrored words in Experiment 2, we divided all words into two categories: “difficult to recognize” (the half of the words that the subjects were slower to recognize) and “easy to recognize” (the other half, i.e., words that the subjects were faster to recognize).

The results for the “mirrored words” condition in the first experiment were analyzed separately with the added factor “ease of distractor recognition”. The average response time in the picture-word test (Experiment 1) with this factor accounted for is shown in Table 5.

Table 5. Mean response times for naming images in the “mirrored words” condition as a function of their frequency and ease of recognition; *- $p < .05$.

Ease of distractor recognition	Word frequency		Frequency effect
	Low-frequency	High-frequency	
Difficult to recognize	901 ms	901 ms	0 ms
Easy to recognize	883 ms	911 ms	-37* ms

The effect of increased interference for high-frequency mirrored words compared to low-frequency mirrored words was only significant for easy to recognize mirrored words ($F(1, 14) = 4.84, p = .045, \text{partial } \eta^2 = .221$).

Note that a distractor’s recognition rate also depends on its frequency, so more high-frequency words fell into the category of easy to recognize distractors. However, since we are using averaged data, this factor should not affect the discussed effect.

Discussion

We found that the frequency effect is reversed when mirrored distractors are used. We hypothesize that when distractors are difficult to process (e.g., mirrored), making

them even more complex (e.g., using low-frequency words) reduces interference. However, when distractors are not complex, use of low-frequency words increases interference.

We found that the effect of the mirroring factor is mediated by the rate at which the word is recognized in mirrored form. If we hypothesize that difficult to recognize distractors are not recognized at all, it seems logical that, when mirrored low-frequency distractors are presented, no significant frequency effect is found at all.

According to our hypothesis, mirrored words give rise to interference only in those trials where the distractor is easily recognized. This means that response time distribution analysis should show a difference between the “low-frequency mirrored distractors” and “high-frequency mirrored distractors” conditions only when comparing the slowest responses. Indeed, after dividing all responses into deciles (see 1.4.3), we found a distractor frequency effect for deformed distractors only when the slowest responses are compared (Figure 9).

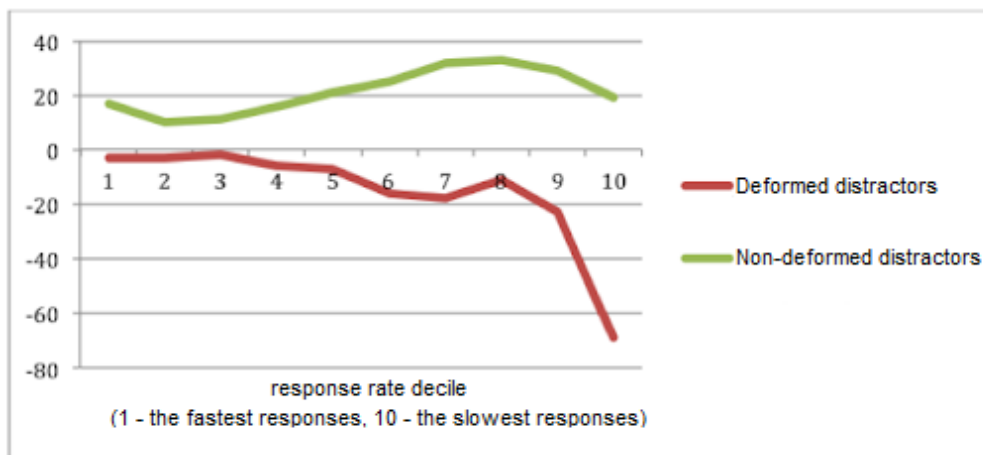


Figure 9. Difference in response rates for high-frequency and low-frequency distractors when presented with mirrored and non-mirrored distractors as a function of response rate decile.

On the other hand, according to our hypothesis, response rates to low-frequency mirrored distractors and to control stimuli should also differ only when the slowest responses are compared. However, no such effect was found. Response rates to low-

frequency mirrored distractors and response rates to the control stimuli differed nearly homogeneously⁷⁶ for both fast and slow responses (Table 6).

Table 6: Difference in response rates between the “low-frequency mirror distractors” condition and the neutral condition.

Response decile (1 for fastest responses, 10 for slowest responses)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17 ms	22 ms	25 ms	27 ms	35 ms	35 ms	31 ms	32 ms	26 ms	-3 ms

Thus, we found that the interference effect occurs even if the distractor takes significantly longer to process than the target image.

We confirmed our “general” hypothesis, however, a number of nuances in the data do not correspond to it. If interference only occurs when words are read, then easily recognizable words should always interfere more strongly than difficult to recognize words. However, this is not the case, as shown in Table 6. Moreover, difficult-to-recognize distractors should interfere almost as strongly as control stimuli, but our data show that all difficult-to-recognize distractors on average interfere more strongly than control stimuli ($t(1, 31) = 2.1, p = .047, 95\% \text{ CI } [0.3 \text{ ms}, 35 \text{ ms}]$).

Thus, we found that the mere presence of a distractor causes an interference effect, even if subjects do not have time to recognize it. This effect resembles the interference effect of non-conscious distractors (an experiment by Jiang et al., 2015, described in 1.2.1), which is also difficult to interpret based on our theory of interference. Mirrored distractors are more similar to visual noise, but in this case it remains unclear why they affect response rates more strongly than the control stimuli. This effect shows that our theory cannot explain the “background” interference. On the other hand, the patterns of response time distribution in the case of mirrored and non-mirrored distractors differ significantly, indicating possible effects of two separate mechanisms.

⁷⁶ Not counting the least decile. However, as all the slowest responses are in this decile, it contains a lot of outliers, so the results of its comparison should be considered with caution.

We can conclude that the effects of distractor frequency and mirroring are caused by the same mechanism. However, it was also shown that all word distractors (including mirrored word distractors) are influenced by the “background” factor in addition to the control of the task of ignoring factor. In the experiments discussed in the following two sections, we used other methods to slightly complicate the distractors. In these experiments, the distractors were words or pseudowords, i.e. the “background” interference factor was always active.

3.3. Interference effect of pseudowords and unfamiliar words⁷⁷

According to our hypothesis, the magnitude of interference increases when distractors are slightly more complex. This section discusses experiments in which the slight complication of distractors was achieved by replacing high-frequency words with pseudowords. In most contemporary studies, pseudowords have been found to interfere more strongly than real words (distractor lexicalization effect). However, an opposite effect was reported in a paper by E. Dhooge and R.D. Hartsuiker (Dhooge, Hartsuiker, 2012). Dhooge and Hartsuiker used a computer program to create pseudowords, while in other studies pseudowords were created manually from already existing words (see Starodubtsev et al., 2019).

Thus, the following explanation is possible: pseudowords interfere more strongly if they resemble existing words. In this block of experiments, instead of pseudowords, we used low-frequency Russian words that were perceived by the subjects as pseudowords. The aim of the experiment was to confirm that the distractor lexicalization effect is connected specifically with the increased complexity of pseudoword processing. We also reproduced the distractor lexicalization effect for pseudowords that were created in a more classical way (replacing one or two letters in real words).

⁷⁷ The descriptions of experiment designs in this section may repeat those discussed in an article by the author of the current paper Starodubtsev et al., 2019).

3.3.1. *Selecting words that are perceived as pseudowords*

Sample

The experimental sample consisted of 30 people recruited from the Department of Psychology at St. Petersburg State University: 7 males and 23 females (18 to 33 years old, $M = 22.6$, $SD = 4.1$).

Stimuli

104 words that, as we presumed, were unfamiliar to the subjects were selected from O. N. Lyashevskaya and A. S. Sharov's Dictionary of word frequency in contemporary Russian (Lyashevskaya, Sharov 2009). The length of the words varied between five and seven letters. Their lexical frequency did not exceed 3.2 ipm: $M = 0.82$, $SD = 0.63$.

Procedure

Each participant was given a response form with a list of 104 low-frequency words. Subjects were informed that the study was conducted to measure the volume of their vocabulary. The task was to “find existing words among artificially created words”. If the examinee knew the meaning of a word, he or she had to write down a short definition. If the subject could not recall the word's meaning, but was sure that the stimulus was a word, he was to mark it in the corresponding column of the form.

Analysis of the results and their use in the following experiment

Each of the words used was given a recognizability index. The subject was able to provide a definition, the word was given two points. If the subject recognized the word, but did not give a definition, one point was allotted. The recognizability index was calculated for each of the 104 words. 42 words whose recognition index did not exceed 10 points were selected for the main experiment ($M = 7.5$, $SD = 4.8$).

3.3.2. *Interference effects of unfamiliar words and pseudowords*

In this section, two experiments are described, one comparing the interference effect of high-frequency words and pseudowords, and the other comparing high-frequency words and unfamiliar words. The experiments differed only in the number of stimuli and in the methods used to select distractors.

Sample

40 Russian-speaking people between the ages of 18 and 35 (10 men, 30 women) with normal or corrected-to-normal vision participated in the study. The mean age of the sample was 24.2 years (SD = 5.1). The sample was divided into two groups that participated in two separate experiments.

Stimuli

Photographs of objects from the BOSS image database were used as target stimuli. In Experiment 1, 44 images were used (of which 8 were used in the training phase). Experiment 2 used 36 images (8 for the training stage). The “naming consistency” parameter values for the images used in the experiment were between 1 and 0.88 (M = 95.29, SD = 4.25 in Experiment 1; M = 95.9, SD = 4.05 in Experiment 2). This means that these stimuli were named identically by at least 88% of the Russian-speaking subjects. The other parameters of the images we used were identical to those in the previous experiment.

72 high-frequency nouns were used as word distractors in Experiment 1 (their lexical frequency ranged from 414 to 20 ipm; M = 68.8, SD = 77.6). The words in Experiment 1 were 5-6 letters long. In Experiment 2, for each pseudoword (whose selection method was described in the previous paragraph), we selected a noun with a bigram frequency that only slightly differed from that of the pseudowords⁷⁸. Note that high-frequency words were prioritized. Their median frequency was 27.8 imp (617 to 6 imp; M = 68, SD = 127). A total of 42 words were selected with lengths varying from 5 to 7 letters.

Pseudowords for Experiment 1 were created by replacing or removing one letter in high-frequency Russian words. Examples of such pseudowords: «снѣпъ» - Russian for “steppe” (“стѣпъ”) with the letter “т” replaced by “н”, «мейзаж» - Russian for “paysage” (“пейзаж”) with “п” replaced by “м”. The lexical frequency and length of the original words were similar to those of high-frequency words used in the experiment. A total of 72 pseudowords were used in Experiment 1. In Experiment 2, the

⁷⁸ Words that were unfamiliar to the subjects sometimes contained letter sequences perceived as “rare”, for example, «джезва» (Russian for “cezve”). Thus, it seemed important to control this factor.

pseudowords were low-frequency Russian words $M_{\text{imp}} = 0.88$, $SD_{\text{imp}} = 0.25$, ranging from 0.4 to 2.8), presumably unknown to the subjects. They had been selected in a preparatory study (42 stimuli were selected). The low-frequency words used as pseudowords had the same bigram frequency and length as the real word stimuli.

Procedure

Each experiment consisted of three phases: familiarization, training, and the experimental phase.

Familiarization phase. Subjects were sequentially presented with target stimuli (44 images in experiment 1, 36 images in experiment 2). The images were presented against a gray background, their size was 500×500 pixels. The subjects' task was to name the images. The response time was not limited: as soon as they named the currently presented stimulus, the subjects could move on to the next one by pressing the "SPACE" key. The response given by the subject was subsequently considered to be the correct name for the image (e.g., if a participant was sure that the presented image of a violin was that of a cello, then the response "cello" was considered to be correct).

Training phase. Eight images were sequentially presented to the participants. A distractor was overlaid on each image – in half of the trials it was a high-frequency word, and in the other half it was a pseudoword. The time interval between the two stimuli was 3400 ms: 1000 ms for the blank screen, 400 ms for the fixation cross, 300 ms for the blank screen, and 1700 ms for the picture-word pair. The subjects were asked to name the target images as quickly as possible, ignoring the distractors superimposed over them. No responses were recorded.

The experimental phase differed from the training phase in that a larger number of stimuli were used and all responses were recorded. In Experiment 1, the subjects were presented with 144 Stroop stimuli; in Experiment 2, they were presented with 84 Stroop stimuli. In Experiment 1, each of the 36 images used in the experiments (minus the eight images used in the training phase) was presented four times: twice with real word distractors and twice with pseudowords. In Experiment 2, each of the twenty-eight images was presented 3 times: in one group of subjects, it was presented twice with high-frequency words and once with pseudowords, and in the other group – twice with

pseudowords and once with high-frequency words. In all experiments, each distractor was only presented once during the experiment. Stimuli were presented in a pseudo-random sequence. In order to avoid repetition of stimuli of the same type, three presentation protocols were created for Experiment 1 and two protocols for Experiment 2. Because Experiment 1 contained a large number of stimuli, subjects were offered a brief break after half of the stimuli were presented.

The subjects were given a post-experimental questionnaire at the end of Experiment 2. The low-frequency words used in the experiment were shown on a computer screen. The subject's task was to find "existing words among artificially created words". If a low-frequency word was marked as a real word, the response to the corresponding stimulus was excluded from statistical analysis.

Data analysis

The audio files were analyzed using the Praat program (Boersma, Weenink, 2013). A latent period preceding the onset of articulation was calculated for each stimulus. Responses were treated as incorrect if they did not correspond to the accepted names of the items. In addition, responses given after prolonged vocalization (e.g., a long "hmm" sound) and blank audio files were excluded from the analysis. Part of the responses in Experiment 2 were excluded based on the results of the post-experimental questionnaire. A total of 9.2% of responses in Experiment 1 and 10.5% of responses in Experiment 2 were excluded from statistical analysis. We evaluated the effect of the "distractor lexicalization" factor (real word distractors versus pseudowords) on the response rate to target stimuli. The comparison was made using Student's t-test for dependent samples.

Results

Subjects named images faster when they were overlaid with high-frequency words compared to the pseudoword condition ($M_{pw} = 957$ ms, $M_{hw} = 930$ ms, 95% CI_{pw-hw} [14 ms, 36 ms], $t(19) = 4.8$, $p < .001$) or unfamiliar Russian words ($M_{uw} = 911$ ms, $M_{hw} = 890$ ms, 95% CI_{uw-hw} [1 ms, 40 ms], $t(19) = 2.2$, $p = .022$).

Discussion

We have shown that unfamiliar Russian words produce a stronger interference effect than high-frequency words. This means that the longer control time of pseudowords is not related to the speed of recognition of “pseudowords” as real words.

However, pseudowords contain many other characteristics that can affect the interference effect. For example, high-frequency words can cause associative activation of other words, while pseudowords do not have this effect. Therefore, the goal of the next set of experiments was to check that the magnitude of interference also increases when using other methods to make distractors slightly more complex.

3.4. Interference effects of words with Spelling Errors⁷⁹

This block of experiments was also conducted to test the hypothesis that a slight complication of distractors increases interference. The existence of this phenomenon is indicated by the effects of distractor frequency and lexicalization. However, these effects could potentially be caused by more than just word processing complexity. For example, the semantic fields of low-frequency words and pseudowords are very different from the semantic fields of high-frequency words. To control for these factors, words with spelling errors (“сабака” instead of “собака” (Russian for “dog”)) were used as more complex distractors. Such distractors are more similar to the control condition (a word without an error). In addition to the presence of an error in the words, we controlled word frequencies and the average speed of finding errors.

3.4.1. Experiment 1. Interference effect of words with difficult-to-detect and easy-to-detect errors

Sample

The sample size was 20 people (17 women). The subjects' age ranged from 18 to 40 ($M = 25.5$, $SD = 7.0$). All participants were recruited at the “Week of Experiments” event.

⁷⁹ The descriptions of experiment designs in this section may repeat those discussed in an article by the author of the current paper (Starodubtsev, Miroshnik, 2019).

Stimuli

Each stimulus was a picture-word pair. Images were selected from an adapted BOSS database. 47 images were selected whose “naming consistency” parameter was over 80%. This means that more than 80% of the subjects named the image using the same word. Each image was presented four times during the main stage of the experiment.

The 94 words used as distractors were divided into two types: 47 words ($M_{ipm} = 111$, $SD_{ipm} = 96$) with “easy-to-detect” errors (i.e., words with minimal error detection time, average of 700 ms), and 47 words ($M_{ipm} = 53$, $SD_{ipm} = 42$) with “difficult-to-detect” errors (i.e., words with maximum error detection time, average of 1062 ms). The words used in the test were selected in a preliminary study that measured the naming rates of 224 words typed with errors.

Design

Four stimuli sequences were created, each consisting of 94 stimuli (image + word). In all stimuli sequences, each image was used twice, and images were presented in a random order. The first (I) and second (II) sequences included 47 words with errors (23 with “easy-to-detect” errors and 24 with “difficult-to-detect” errors, or vice versa) and 47 words without errors. The difference between the two sequences was as follows: words that were typed with an error in the first sequence were presented with no error in the second sequence, and vice versa. The order of word presentation in each of the two sequences was determined randomly, taking into account that neither words with errors nor words without errors should be presented more than three times in a row. Thus, two sequences of 94 stimuli each were formed by combining the images and the word sequences. Sequences III and IV were formed by the same picture-word pairs in the same order as in sequences I and II, respectively, but each word with an error was replaced by a correct word and each correct word was replaced by a word with an error.

The subjects were divided into four groups of five people each. Each group was presented with two of the four sequences according to the following rule: group one (I and II), group two (II and I) group three (III and IV), and group four (IV and III).

Procedure

The experiment consisted of three stages: familiarization, training, and experimental. During the familiarization phase, subjects were sequentially presented with target stimuli (44 images). The images were presented against a gray background. The size of the images was 500×500 pixels. The subjects' task was to name the objects in the images. Having named the stimulus presented, a subject could proceed to the next one by pressing the “space” key. Response times were not recorded. The responses that subjects gave to each image were subsequently considered to be the correct names for the images (i.e., if the subject was sure that the presented image of a nail was an image of a screw, then “screw” was considered to be the correct response).

In the training phase, subjects were presented with eight images. A distractor was overlaid on top of each image: in half of the trials, it was a word with an error, and in the other half, a word without an error. The time interval between the two stimuli was 3400 ms: a blank screen (1000 ms) followed by a fixation cross (400 ms), another blank screen (300 ms), and the presentation of a picture-word pair (at 1700 ms). Subjects were asked to name the target images as quickly as possible, ignoring the distractors. As in the previous stage, no responses were recorded.

In the experimental phase, a sequence of 188 stimuli was presented, with a pause for rest after the 94th stimulus. The method for response recording and the elimination criteria were similar to other experiments in this framework (see 3.4.1).

Results

Using a two-factor ANOVA, we analyzed the effect of the factors “presence of an error in the word” and “ease of error detection”. There was no significant effect of the factor “presence of an error in the word” ($F(1, 36) = .01, p = .89$). There was also no significant interaction between the two factors ($F(1, 36) = .01, p = .93$)⁸⁰. The average response times in both conditions are shown in Figure 10.

⁸⁰ Note that no significant differences can be detected even if the test power was artificially increased (i.e., the results were not averaged across subjects: $F(1, 3491) = 1.0, p = .32$ and $F(1, 3491) = .10, p = .76$.)

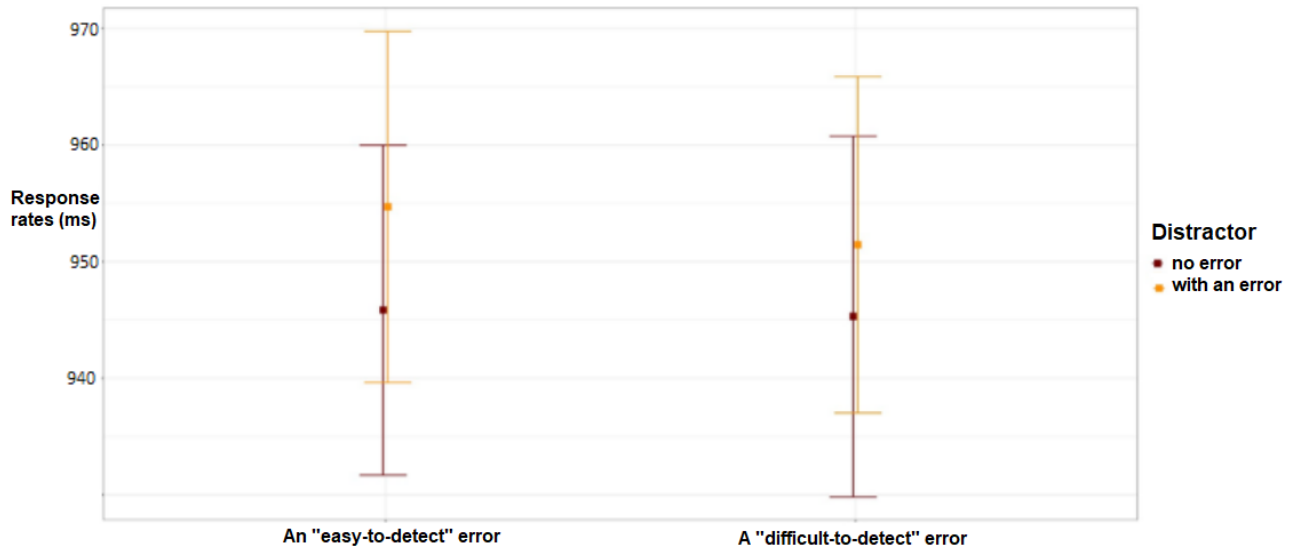


Figure 10. Mean latent image naming time as a function of the presence of word error and the ease of detecting it when present.

3.4.2. Experiment 2. Interference effect of words with medium frequency errors

Sample

13 women and 7 men participated in the study ($N = 20$). The age of the sample ranged from 20 to 40 years old ($M = 27.3$, $SD = 6.3$). Participants were recruited at the “Week of Experiments” event.

Stimuli

Thirty-eight images from the BOSS database were selected to create stimuli using the same criterion as in Experiment 1. Six-letter nouns were selected as distractors, with frequencies ranging from 1 to 709 ipm, which equals a range of 0.09 to 6.80 ipm on a logarithmic scale. We divided the entire logarithmic scale into 76 equal parts and took from each section one word that was as close as possible to the beginning of the section. Only words that a mistake could be made in were included in the experiment (similar to Experiment 1). In this way, we selected words evenly from the entire frequency range.

The design, procedure, and equipment were the same as in Experiment 1.

Results

No significant difference was found in subjects’ response times when presented with words with errors versus words without errors: $M_{\text{err}}=979$ ms, $M_{\text{ne}}=976$ ms, $t(1, 19)$

= .67, $p = .51$, 95% CI [-8 ms; 16 ms], when averaged across subjects; $t(1, 75) = 0.4$, $p = .68$, 95% CI [-11 ms, 16 ms], when averaged across distractor words.

The logarithmic frequency of distractors did not significantly correlate with the size of the “error effect”, $r(74) = .06$, $p = 0.63$, 95% CI [-0.16, 0.28]. Next, we calculated the correlation between response rates for images with incorrectly spelled words presented over them and the same words without errors. Since a high Kurtosis value (Kurtosis = 1.61) was found for response times to distractors with errors, the Spearman correlation coefficient was used to analyze the relationship. In summary, no monotonic relationship was found between response times to trials with correct distractors and distractors with errors, $r(76) = -0.10$, $p = 0.39$, 95% CI [-0.32, 0.13].

3.4.3. Experiment 3. Interference in low-frequency and high-frequency error words

Sample

Twenty subjects (15 women) between the ages of 18 and 35 participated in the experiment ($M = 25.0$, $SD = 5.1$). Subjects were recruited as part of the “Week of Experiments” event.

Stimuli

192 words between 5 and 8 letters long (in equal proportions) were selected as distractors. Half of them were low-frequency words (0.4-0.8 ipm; $M_{ipm} = 0.5$, $SD_{ipm} = 10.0$), whereas the other half were high-frequency words (80.6-2723.0 ipm; $M_{ipm} = 233.0$, $SD_{ipm} = 390$, $Mdn_{ipm} = 114.7$). In addition, 48 images from the BOSS database were selected based on the same criteria as in the previous experiments.

The design, procedure, and equipment were identical to those described for Experiments 2 and 3.

Results

A repeated measures ANOVA showed a significant effect of the factors “word frequency” ($F(1, 19) = 10.5$, $p = .004$) and “presence of an error in words” ($F(1, 19) = 6.6$, $p = .019$), but no interaction between these factors ($F(1, 38) = 0.01$, $p = .92$). The mean values for each condition are shown in Figure 11.

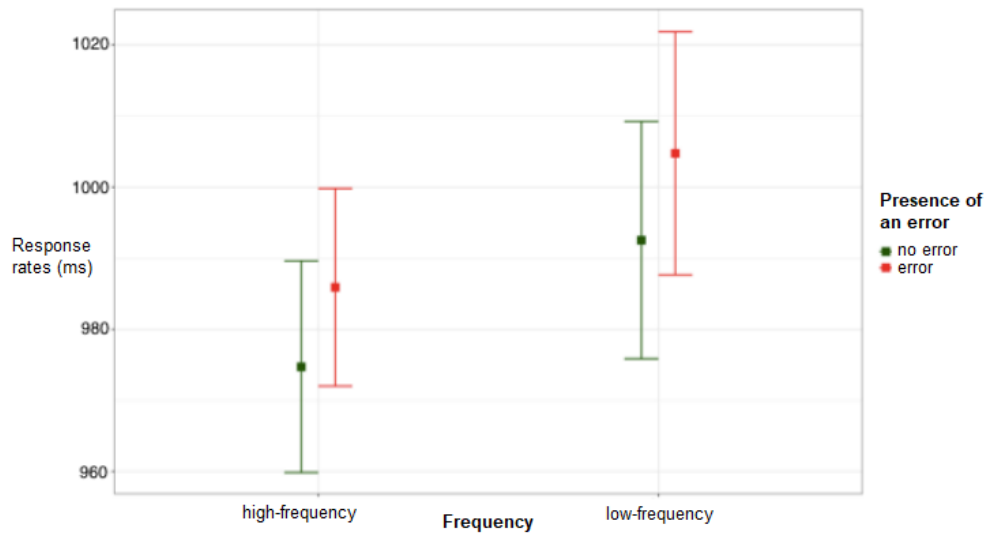


Figure 11. Mean image naming rates as a function of distractor word frequency and the presence of spelling errors in distractor words.

Since the mean difference between the response rates in both conditions (presentation of words with errors versus words without errors over the images) was, on average, only 11 ms, we assessed the effect of the error without considering the frequency factor, but with averaging over both the subjects and the distractors used. Using Student's t-test for dependent samples, we compared the response rates when words with errors and words without errors were presented over the images. The results of the analysis revealed a statistically significant difference in interference in both conditions (see Table 7).

Table 7. Results of comparing mean response times for distractors with and without an error. All mean values and standard deviations are given in milliseconds.

Type of averaging	Words without errors		Words with an error		t	p	95% CI	Cohen's d
	M	SD	M	SD				
Across stimuli	982	42	992	43	2.4	0.02	[-18.5, -2.4]	0.24
Across subjects	985	69	97	68	2.6	0.02	[-21.7, -2.1]	0.17

Discussion of experiment 3.

As we hypothesized, words with an error produced a stronger interference than words without an error. We believe that this is caused by a prolonged control of the performance of the ignoring task. After processing the word, the cognitive system, in a way, corrects the error, and this process takes extra time. The only limitation of this interpretation is that the effect discussed was not found for medium frequency words (the first two experiments). Perhaps adding errors to high-frequency and low-frequency words changes their complexity more significantly. High-frequency words are inherently uncomplicated stimuli, and introducing an error into them “creates a contrast.” On the other hand, low-frequency words are so complex that introducing an error makes them unrecognizable (e.g., «геббон» instead of «гиббон» (Russian for “gibbon” with an “и” replaced by “е”: compare English “gibbon” vs “gebbon”), «коное» (Russian for “canoe” with an “а” replaced by “о”: compare English “canoe” vs “conoe”)).

An atypical result for medium-frequency words has also been found in a work by Monsell and colleagues (Monsell et al., 2001). In the first experiment described in their article, medium-frequency words produced a stronger interference effect than both high-frequency words and low-frequency words. Interestingly, in further experiments, the authors no longer used medium-frequency words. Thus, we acknowledge that our hypothesis is not confirmed when medium-frequency words are used. However, the anomalies found when using medium-frequency words are also left unexplained in other approaches. Therefore, for the time being, we are more inclined to attribute the interference effects of medium-frequency words to methodological disadvantages of using such words.

3.5. Effect of target processing complexity on the magnitude of interference

According to our hypothesis, as the complexity of the experimental task increases, the number of trials in which subjects will not “have enough time” for distractor control will increase and, therefore, interference will decrease. We used two methods to

increase target processing complexity – not introducing the subjects to the target images before the experiment and presenting only part of the outline of the images

3.5.1. *Effect of target novelty on the magnitude of interference*⁸¹

Sample

20 subjects (7 males) between the ages of 18 and 35 ($M = 22.9$, $SD = 4.8$) participated in the experiment, all of them students and employees of the Department of Psychology at SPbU.

Stimuli

Stimuli consisted of picture-word pairs and picture-crosses combinations. A total of 72 images were used (64 in the main phase, 8 in the training phase), their selection criteria being identical to those in experiment 3.2.1 (values of the “naming consistency” parameter – $M = 95.1$, $SD = 3.9$). 68 nouns were used as distractors (64 in the main phase), selected from the dictionary edited by O. N. Lyashevskaya and S. A. Sharov. Word frequencies ranged from 450 to 20 ipm ($M = 69.6$, $SD = 72.2$), with word lengths of five or six letters. In addition, control stimuli – sequences of symbols XXXXX and XXXXXX – were also used as distractors.

Experimental task

Identical to the task in the experiment 3.2.1.

Design

8 of the 72 images were only used in the training phase, and 4 of the 68 words were used in the training phase. The remaining 64 images were randomly divided into 4 equal groups (I, II, III, IV). In the first part of the experiment, images from groups I and II were used twice each, and, in the second part – images from groups III and IV. Both image sequences were mixed in a random order, making sure that images from the same group were not presented more than three times in a row. A sequence of 64 words and 64 control stimuli (XXXXX or XXXXXX) was then randomly generated, but no words or control stimuli were allowed to be presented more than three times in a row.

⁸¹ You can find part of the results of this and the following (3.5.2.) experiment described in (Sopov, Starodubtsev, Miroshnik, 2019).

Sequences of images were then “superimposed” over sequences of words and Xs, so that each image was paired once with a word and once with Xs (half of the images were preceded by a sequence of Xs used as a distractor, and the other half – with words). Thus, there were two sequences of images overlaid with distractors. Before the first part of the experiment, the subjects were familiarized with images from groups I or II, and before the second part, with images from groups III or IV.

Procedure

Three phases were repeated twice with different stimuli: familiarization phase, training phase, and the main experimental phase. Experimental procedure did not differ from previously described experiments, except that a) subjects were familiarized with only half of the images used and b) each of the phases was repeated twice with different stimuli (familiarization – training – experimental phase – familiarization – training – experimental phase).

Hypothesis

There will be a significant interaction between the “image novelty” and “distractor type” factors: the interference effect will be greater when familiar⁸² images are presented.

Data analysis

Vocal responses were analyzed similarly to the experiment described in 3.2.1. A two-factor repeated measures ANOVA was used, the factors being “image novelty” and “distractor type”.

Results

The only factor for which a significant effect was found was “distractor type” ($F(1, 19) = 34.3, p < .001$): subjects responded significantly slower when presented with word distractors than when presented with control stimuli and familiar images ($t(1,19) = 15, p < .00195\%$ CI [112 ms, 148 ms]) and in the case of unfamiliar images ($t(1,19) = 35, p < .001, 95\%$ CI [76 ms, 86 ms]). Nevertheless, no significant interaction was

⁸² A more precise term would be “images presented during the familiarization phase” or “familiarized images”. However, for the sake of simplicity, we are going to use the phrase “familiar images”.

found between the factors “image novelty” and “distractor type”: $F(1, 19) = 3.4, p = .069$.

However, a post-hoc analysis of the data revealed a significant effect of the “image repetition” factor (whether the image was presented for the first or second time in the experiment). Repetition of the same image affected the “image novelty” and “distractor type” effects. Specifically, a three-factor ANOVA showed a significant interaction between the factors “distractor type” and “image repetition,” and between “image novelty” and “image repetition”: $F(1, 19) = 4.3, p = .039$; $F(1, 19) = 8.7, p < .003$. Although there was no significant interaction between the three factors “distractor type,” “image familiarity,” and “image repetition”⁸³ ($F(1, 19) = 2.3, p = .13$), this interaction was evident in the mean response times in these trials – see Table 8.

Distractors	First presentation of the image			Second presentation of the image		
	Familiar	Unfamiliar	R	Familiar	Unfamiliar	R
Words	959 ms	992 ms	-33	960 ms	953 ms	-7
X's	836 ms	960 ms	124	822 ms	824 ms	2
Difference	123 ms	32 ms	157	148 ms	129 ms	9

Table 8: Mean response times for four conditions: distractor type, image familiarity, and first/second image presentation (R indicates the difference between the two conditions).

As can be seen in the table, the familiarity effect significantly decreases in the second presentation of the images. Since this fact has an obvious interpretation (after its first presentation, the unfamiliar image is moved into the category of “familiar”) we decided to revise our data, analyzing with a two-factor ANOVA only those responses that correspond to the first presentation of each image.

⁸³ The reason for this is, most probably, the power of the test being insufficient for a three-factor ANOVA. In any case, such differences appear if the responses are not averaged across subjects: ($F(1, 2239) = 5.6, p < 0.05$).

When analyzing only the first presentation of an image, repeated measures ANOVA showed a significant effect of the factors “distractor type” ($F(1, 19) = 17.5, p < .001$) and “image familiarity” ($F(1, 19) = 15.7, p < .001$). We also found a significant interaction between these factors: $F(1, 19) = 5.6, p = .02$. Mean response time for each of the analyzed conditions is shown in Figure 12. Despite obtaining these data from a post-hoc analysis, we are inclined to trust them because the effect of the image repetition factor in this case has a clear, meaningful interpretation and its significance level allows to make a correction for repeated comparison: $p = .02 * 2 = 0.04 < .05$.

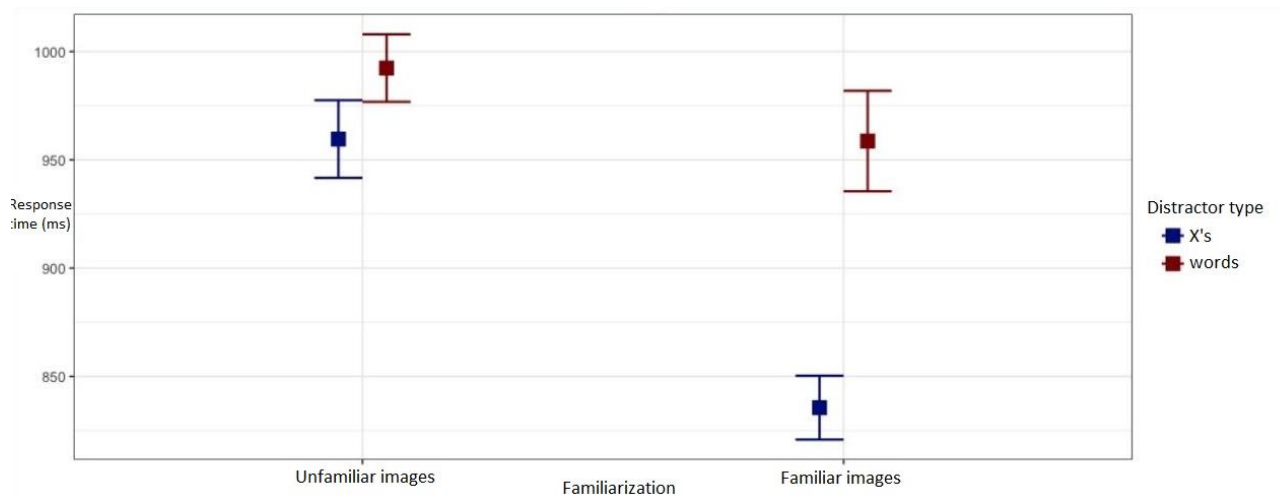


Figure 12. Mean response time as a function of image familiarity and distractor type.

3.5.2. *Effect of graphic distortion of the target on the magnitude of interference*

Sample

A total of 20 participants (5 males) participated in the experiment, their age varied from 18 to 35 years old ($M = 25, SD = 4.4$), all were students and employees of the Department of Psychology at SPbU.

Stimuli

Identical to Experiment 3.5.1.

Task

Identical to Experiment 3.5.1.

Design

From 64 images selected for the main phase, two groups of images were formed (32 each). Each of the 64 images was used twice in the experiment: once in the first block (1-64 stimuli) and the second time, in the second block (65-128 stimuli). Two sequences of images were randomly generated, making sure that images from the same group were not presented more than three times in a row. After that, two sequences of word distractors (64 pieces) and neutral distractors (32 XXXXX and 32 XXXXXX) were randomly generated, taking into account that the words or sequences X's should not be presented more than three times in a row. Then, the two sequences were “superimposed,” resulting in two sequences of image-distractor pairs. Subsequently, in the first part of the experiment, images from one of the groups (the first or the second) were distorted using a graphics editor. Note that, if the distortion occurred in the first block of the experiment (1-64 stimuli), this image was not distorted in the second block. The distortion was performed by removing 60% of the contour from the image (see Figure 13 for an example). Thus, there were a total of four sequences of stimuli: two groups of stimuli and two methods of distortion (distorting of images from the first or the second group).



Figure 13. Example of a distorted image of a shoe – without 60% of its contour.

Procedure

Analogous to experiment 3.2.1.

Hypothesis

The difference between subjects' response rates when they are presented with words and when they are presented with X's will decrease when they are presented with distorted distractors.

Data analysis

Stimulus selection process was identical to that in Experiment 3.2.1. To test the hypothesis, we used a repeated measures ANOVA with the following factors: “distractor type” and “image distortion”.

Results

A significant interaction was found between the factors “image distortion” and “distractor type” ($F(1, 19) = 4.1, p = .045$). Additionally, the factors “stimulus type” ($F(1, 19) = 12, p = .006$) and “distortion” ($F(1, 19) = 49.6, p < .001$) also produced a significant effect. The mean response times are shown in Figure 14.

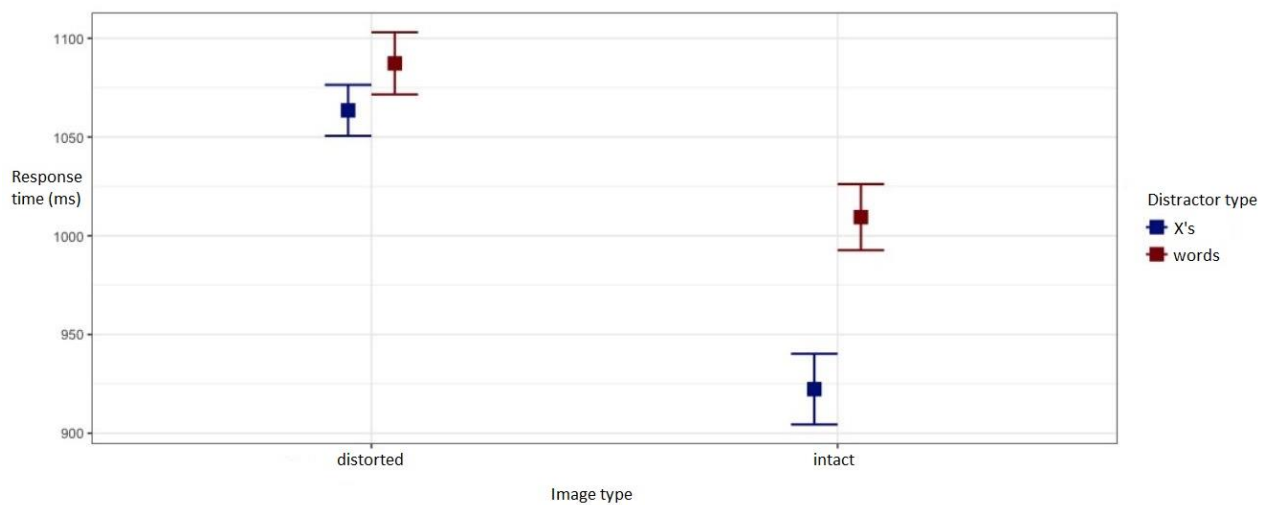


Figure 14. Mean image naming rate as a function of image deformation and image type.

Discussion

The effects of target complexity are not easy to explain based on the classical view of interference phenomena. Indeed, making the task more complex should seemingly increase the chances of the distractor “winning” the competition for processing rate, for the amount of activation of the corresponding image, or for the “rate of accumulation of relevant evidence” (Kinoshita et al., 2017). Nevertheless, the experiments we cited suggest that target processing complexity should instead reduce interference, but these experiments’ methodological aspects could be criticized. We were able to show that the magnitude of interference decreased significantly when we used different methods for

making the target more complex while preserving the same characteristics of the distractor. The results of this block of experiments are in agreement with our model of interference, according to which conflict arises precisely because the cognitive system attempts to control the non-execution of the ignoring task. In this case, as the main task becomes more complex, the number of trials in which subjects don't have enough time for distractor control increases, so interference decreases.

3.6. Influence of distractor-target similarity on the magnitude of interference

3.6.1. Semantic similarity of the distractor and target (paradoxical naming test)⁸⁴

Sample

24⁸⁵ subjects between the ages of 18 and 40 participated in the study – $M = 24.4$, $SD = 5.8$ (7 males and 17 females). The subjects participated in the experiment as part of the “Week of Experiments” event.

Stimuli

Neutral stimuli: “XXXXXX” symbols in blue, green, red, or yellow. Congruent stimuli: the words “red”, “blue”, “yellow”, and “green” typed in a color that matches their meaning. Incongruent stimuli: words whose color does not match their meaning. The same alphabet of colors and meanings was used for congruent and incongruent stimuli. There were a total of 12 variants of “translation rules” for translating one set of colors into other sets of colors and each subject received one variant.

Procedure

Before the beginning of the experiment, the Latin square method was used to assign to each subject a specific rule for naming word colors. The subjects were to name two colors in a familiar way and the other two colors in an unfamiliar way (e.g., say “blue” instead of “green” and “yellow” instead of “red”).

The two initial phases of the experiment were designed to train subjects to use this unusual way of naming. In the first training phase, subjects named the colors of 60

⁸⁴ The description of the experimental design provided here may repeat the description in one of the author’s articles (Starodubtsev, Allakhverdov, 2019)

⁸⁵ This exact sample size was selected due to counterbalancing of different conditions: the number of subjects was to be a factor of 12.

neutral stimuli (4 color variants). The second training phase consisted of 36 stimuli that could be neutral, incongruent, or congruent.

In the first two phases, subjects had to press the spacebar to start the next trial, with the experimenter sitting next to them and reminding them of the naming rules or drawing their attention to their mistakes, if necessary. In the third phase, the subjects had to perform the task on their own. In this phase, a blank screen was presented for 1000 ms, then a fixation cross for 300 ms, then a blank screen for 400 ms, and, finally, a Stroop stimulus was presented for 1700 ms. A total of 144 stimuli were presented: 48 stimuli of each type (congruent, neutral, and incongruent). The stimuli were presented in a randomized order, but no color, meaning, or congruence factor was allowed to be repeated more than 3 times in a row, while the “unusual naming” factor was not repeated more than 5 times in a row. Stimuli were presented on a desktop computer display (screen resolution 1920 × 1080) with a noise-canceling microphone. Stimuli were presented and responses were recorded using PsychoPy2 software. The time interval between the onset of the stimulus and the beginning of the response, as well as the naming accuracy were calculated manually using the Praat software.

Results

Responses were considered incorrect in the case of a complete or partial utterance of an incorrect response or the presence of extraneous vocalizations (“um-m-m”, “uh-uh”, etc.), the. All incorrect responses were removed from the analysis: 3.5% for congruent stimuli, 8% for incongruent and 3.1% for neutral stimuli when the colors were named in the usual way, and 1.9%, 6.4% and 2.8% for the same parameters in the unusual color naming condition. Subsequently, only mean response times were analyzed.

The effect of the factors “stimulus type” (congruent, neutral, and incongruent) and “color naming style” (familiar or unfamiliar color names) was statistically significant: $F(2, 46) = 69, \eta^2_p = .65, p < .001$ and $F(1, 23) = 46, \eta^2_p = .70, p < 0.001$. The interaction of the factors was not statistically significant ($F(2, 46) = 1.25; \eta^2_p = .05, p = .29$). See Figure 15 for mean response times.

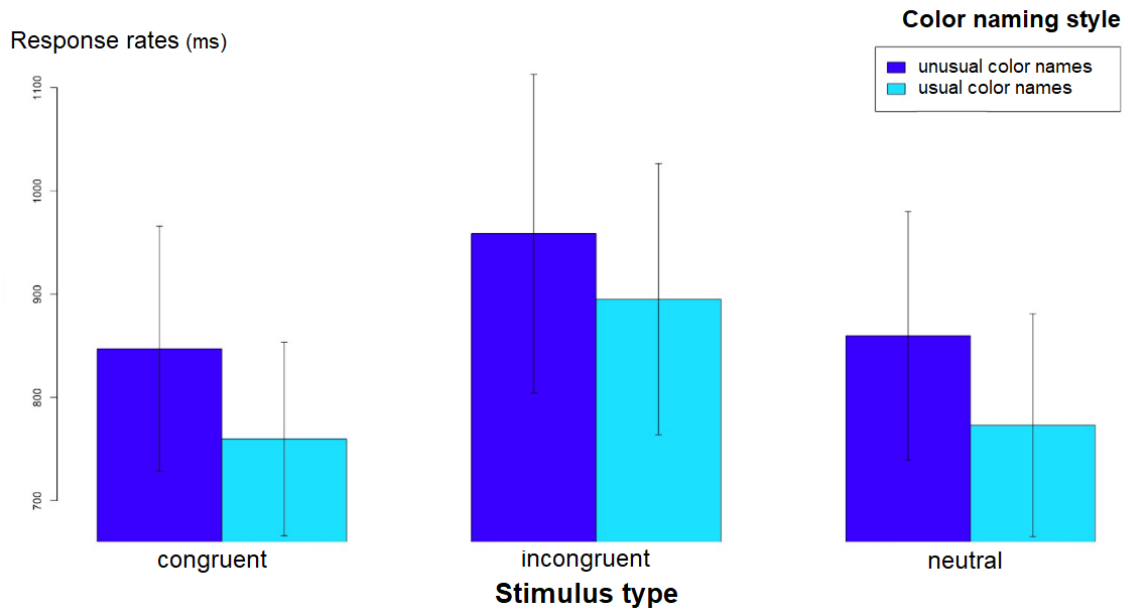


Figure 15. Mean response times to stimuli as a function of the “stimulus type” and “color naming style” factors.

A Bonferroni-corrected post hoc analysis of the “stimulus type” factor revealed slower response rates for incongruent stimuli ($M = 927$ ms; $SD = 27$) compared to response rates for neutral stimuli ($M = 816$ ms; $SD = 23$) and congruent stimuli ($M = 803$ ms, $SD = 22$). Both differences were statistically significant ($MD^{86} = 123$, $SE = 13$, $p < .001$ and $MD = 110$, $SE = 17$, $p < .001$).

A Bonferroni-corrected post hoc analysis of the “color naming style” factor revealed a slower response rate to stimuli that had to be labeled with an unusual color name ($M = 888$ ms, $SD = 25$) compared to stimuli with the usual color naming method ($M = 809$ ms, $SD = 21$). The discovered effect was statistically significant ($MD = 79$ ms, $SE = 12$, $p < .01$). All mean values are presented in Figure 24.

In the previous analysis, we did not consider incongruent stimuli that were congruent at the response level (e.g., the word “red” typed in yellow when instructed to name yellow objects “red”). In our experiment, we used an equal proportion of stimuli of each type, each color, and each meaning, because otherwise we would have to deal with the effect of associative learning or expectation factors. Therefore, each subject did not encounter many “motor-congruent” stimuli (only 8). Nevertheless, we reused some

⁸⁶ MD – Mean Difference, SE – Standard Error.

of our data to analyze response rates for “motor-congruent” stimuli. Response times to motor-congruent stimuli were compared with response times to congruent stimuli (unusual color names) and other incongruent stimuli (unusual, but not motor-congruent, color names). Response times to “motor-congruent” stimuli were, on average, shorter than response times to other incongruent stimuli ($M = 908$ ms, $SD = 44$ vs. $M = 958$ ms, $SD = 32$), but longer than response times to congruent stimuli ($M = 908$ ms, $SD = 44$ vs. $M = 848$ ms, $SD = 24$). Both differences are statistically significant: $t(1, 23) = -2.3$, $p = .032$ and $t(1, 23) = 2.1$, $p = 0.046$). For both cases, a mean effect size was determined: Cohen's $d = .43$ and $.46$, respectively. This is an interesting result that requires independent verification because we used the same data set for two different types of statistical analysis.

3.6.2. *Motor similarity of the distractor and the target*⁸⁷

Sample

20 subjects participated in the experiment (13 women, 7 men, ages 18-28: $M = 21$, $SD = 2.4$), all of them students and employees of the Psychology and Philology Departments of SPbU. All participants in the experiment were right-handed.

Stimuli

The stimuli in the first task were the letters A or L. In the second task, Stroop stimuli were used. The incongruent and congruent stimuli were identical to those used in Experiment 1. The words “red”, “green”, “yellow”, and “blue” in white type were used as neutral stimuli. There were a total of 96 incongruent, 96 neutral, and 96 congruent stimuli. In the incongruent and congruent stimuli, each color and each meaning was presented an equal number of times, and, similarly, in the neutral stimuli all meanings were presented an equal number of times. Stimuli were presented in the center of the screen against a gray background.

Procedure

Each trial consisted of the letter A or L and the Stroop Stimulus. First, the letter A or L was presented. When the letter A was presented, subjects had to press the “A” key

⁸⁷ The description of the experimental design provided here may repeat the description in one of the author's articles (Аллахвердов, Стародубцев, 2016)

with the index finger of their right hand, and the “L” key when the letter L was presented. A classical version of the keyboard was used (Figure 17). After giving a response, subjects had to hold their index finger over the key for 700 ms. During this time, a fixation cross was presented, followed by a Stroop Stimulus. After the Stroop Stimulus was presented, subjects had to press as quickly as possible the key whose color coincided with the meaning of the word (also using the index finger of their right hand). The colored marks on the keyboard were placed in such a way that two of them were close to the index finger position and the other two were further away (see Fig. 17-19).

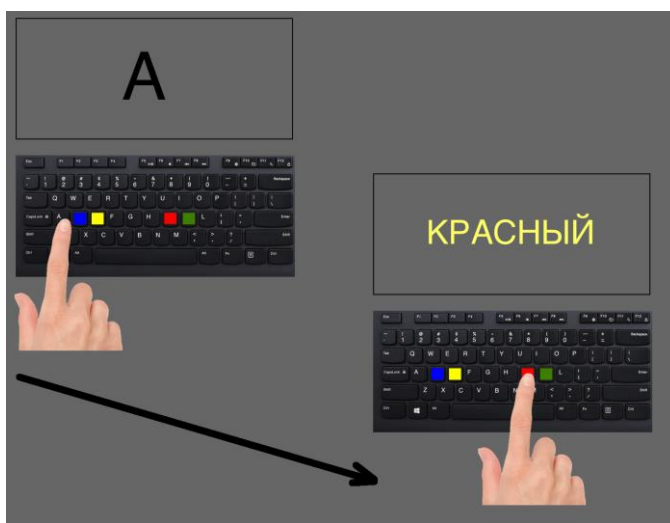


Figure 17. Procedure of Experiment 2. The word typed in yellow is Russian for “red”.

Data Analysis

For each subject, responses to the neutral, congruent, and incongruent stimuli were calculated separately. For congruent and neutral stimuli, we compared response times depending on the proximity of the finger to the response key (Figure 18). The comparison was made using Student's t-test for dependent samples.



Figure 18. Experimental conditions for congruent stimuli. Conditions “response key close” (right picture) and “response key far” (left picture). Both words in red are Russian for “red”.

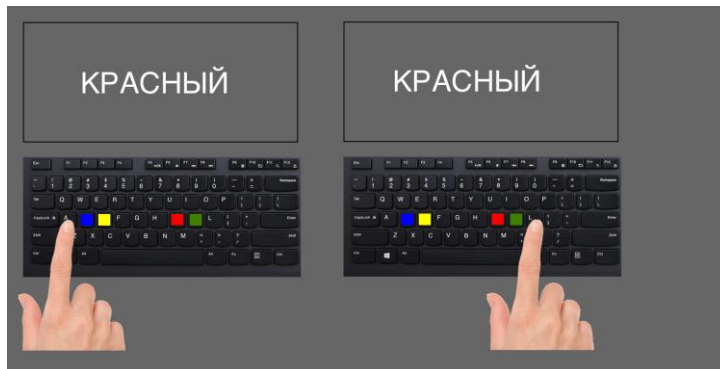


Figure 19: Experimental conditions for neutral stimuli. Conditions “response key close” (right picture) and “response key far” (left picture). Both words in white are Russian for “red”.

A repeated measures ANOVA was used to analyze response times to incongruent stimuli (factors: “target key proximity” and “distractor key proximity”). For post-hoc analysis, a Student's t-test with Bonferroni correction was used. All experimental conditions for the incongruent stimuli are shown in Figure 20.


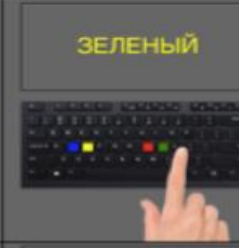

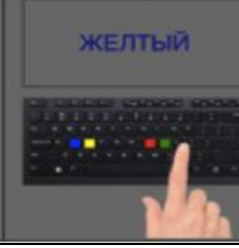
		Distractor location	
		Close to the response finger	Far from the response finger
Target location	Close to the response finger		
	Far from the response finger		

Figure 20. Experimental conditions for incongruent stimuli. Translation of Russian words: at the top, in red and yellow - “green”, at the bottom, in red and blue - “yellow”.

Results

Responses to congruent stimuli

Response times to congruent stimuli were found to be longer if the response key was located far from the finger ($M_{\text{far}} = 971$ ms, $M_{\text{close}} = 924$ ms, $t(1, 19) = 5.4$, $p < .001$, 95% CI [29 ms, 65 ms]). Also, fewer correct responses were given if the key was far from the finger that was used to respond ($M_{\text{far}} = 94.6\%$, $M_{\text{close}} = 96.4\%$, $t(1, 19) = -2.6$, $p = .015$, 95% CI [-3.3%, -0.4%]).

Responses to neutral stimuli

Response times to neutral stimuli were longer if the response key was far from the finger ($M_{\text{far}} = 1004$ ms, $M_{\text{close}} = 940$ ms, $t(1, 19) = 4.9$, $p < .001$, 95% CI [37 ms, 91 ms]). There were also fewer correct responses when the response key was far from the finger used to press it ($M_{\text{far}} = 93.5\%$, $M_{\text{close}} = 95.4\%$, $t(1, 19) = 2.1$, $p = .045$, 95% CI [0.1%, 3.9%]).

Responses to incongruent stimuli

Number of errors

A repeated measures ANOVA revealed no significant effect of either the factor “target key proximity” $F(1, 19) = 1.05, p = .32$ or the factor “distractor key proximity” ($F(1, 19) = 4.02, p = .32$), or their interaction ($F(1, 19) = 1.16, p = .29$). The mean number of errors in each condition is shown in Figure 21.

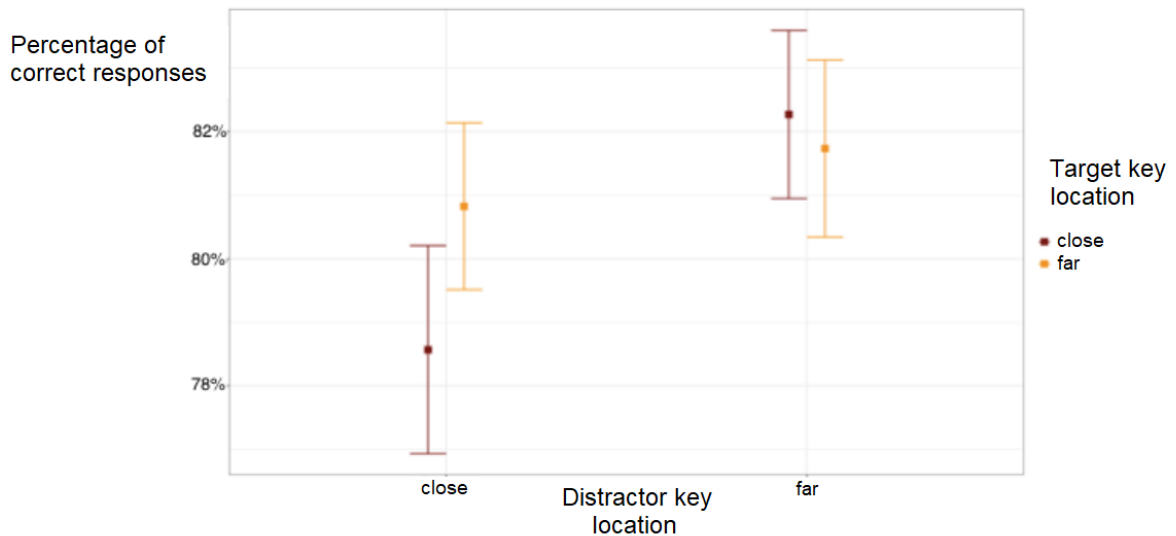


Figure 21. Mean percentage of correct responses as a function of the distractor and target keys’ proximity to the finger the subjects pressed the keys with.

Response times

A significant interaction was found between the factors “target key proximity” and “distractor key proximity” ($F(1, 83) = 24.8, p < .001$). Mean response times for each condition are shown in Figure 22. In contrast to the results for neutral and congruent stimuli, no significant influence of the “target key proximity” factor was found ($F(1, 19) = 3, p = .098$); the influence of the “distractor key proximity” factor was also found to be statistically insignificant ($p = .61$).

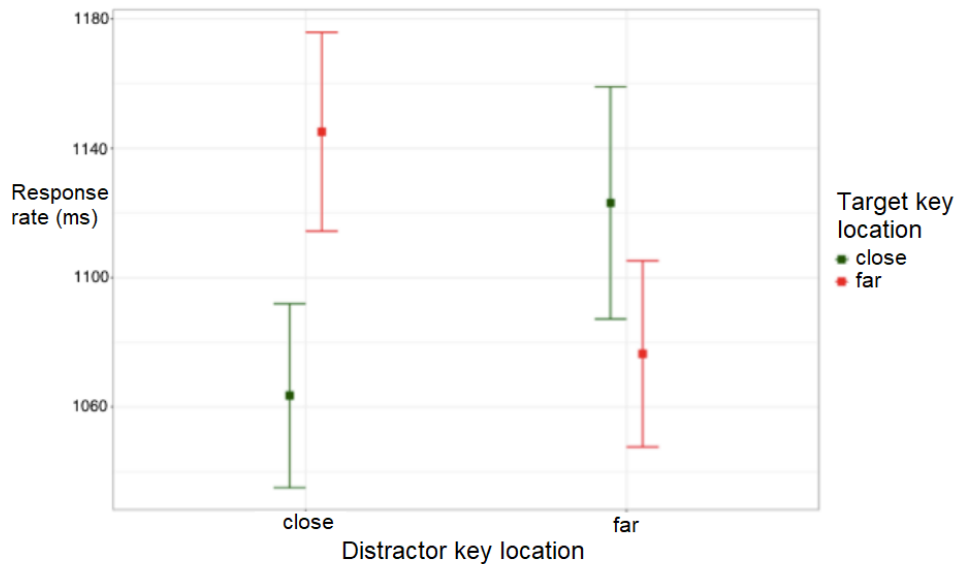


Figure 22. Mean response times as a function of the distractor and target keys' proximity to the finger that the subjects pressed the keys with.

A post hoc analysis confirmed that in the “target key close” condition, response times were longer when the distractor was far compared to the condition when the distractor was close ($t(1, 19) = 3.38, p = .0029 \times 2 = .0058, 95\% \text{ CI } [23 \text{ ms}, 96 \text{ ms}]$). In the “target key far” condition, response times were found to be longer when the distractor key was located close to the position of the finger compared to the “distractor key far” condition ($t(1, 19) = 5.1, p < .001, 95\% \text{ CI } [41 \text{ ms}, 97 \text{ ms}]$).

Discussion

In two experiments, we showed that the interference effect decreases with an increase in similarity between the distractor and the target. In Experiment 1, we increased semantic similarity of distractors and targets; in Experiment 2, the similarity between responses corresponding to the distractor and the target was increased. In both experiments, distractor-target similarity reduced the interference effect. Our results are consistent with other phenomena in which the level of similarity between distractors and targets was altered using other methods (see 2.4., page 74).

In the “paradoxical naming” experiment, it was shown that congruence of color and meaning led to a reduction in interference even if the meaning of the word did not

match the correct response. This result casts doubt on whether automatic word reading leads to interference. On the contrary, in the early stages of information processing, the meaning of the word and its color are analyzed to see if they match each other. An alternative hypothesis is possible, that the conflict in the Stroop test occurs at the level of image comparison, but the results of Experiment 2 cast doubt on this interpretation.

The effect of distractor-target similarity is difficult to explain based on the ideas of parallel processing of the target and the distractor with inhibition of the latter. If the distractor and the target are processed in parallel, their relationship with each other should not affect the magnitude of interference. Additionally, our results do not agree with the concepts that propose a direct activation of the distractor. Indeed, in this case, “semantically congruent” stimuli would produce an interference effect in experiments.

3.7. General discussion of the results of the experiments

In a series of experiments we tested the implications of our explanation of interference. In the first block (3.1.) we investigated the effect of the context of stimulus presentation on the magnitude of interference. We hypothesized that interference would increase when the context “prompted” subjects that there is a possibility of making an interference error. As predicted, a significant interference effect was found only when conflicting and non-conflicting stimuli were presented in separate blocks (condition 2), but not when both types of stimuli were presented in the same block in random order (condition 1). However, even when conflicting and non-conflicting stimuli were presented mixed in random order, a difference between response times appeared when conditions were created for rapid detection of stimulus conflict (possible responses to stimuli were presented before the presentation of the stimuli themselves – condition 2). Moreover, we showed a decrease in the magnitude of interference when a block of conflicting stimuli was presented after a block of non-conflicting stimuli, and a block of non-conflicting stimuli was presented after a block of conflicting stimuli (condition 4). The results of the first series of experiments are difficult to explain within models of interference in which cognitive control facilitates overcoming interference. If this was

the case, we would have observed the opposite result: interference would decrease when a conflicting stimulus was expected.

In the second, third and fourth blocks of experiments (3.2., 3.3., 3.4.) we investigated how the magnitude of interference was affected by distractor processing complexity. It was found that pseudowords and words unfamiliar to subjects interfere more strongly than high-frequency words. Moreover, low-frequency and high-frequency words with a spelling error interfere more strongly than the same words without an error. However, this pattern was not found in medium-frequency words. Nevertheless, we attribute this result to there being too much “noise” when medium frequency words are used. Thus, increasing distractor complexity leads to an increase in the magnitude of interference. This result is consistent with models of interference that propose sequential processing of the distractor and the target.

However, in the second block of experiments, we showed that more complex distractors lead to less interference if their processing is inherently sufficiently complex. We explain these findings as follows: if the processing of a distractor is inherently complex, then its further complication will lead to the nonconscious control strategy not being activated, and, therefore, when such distractors are presented, response time will decrease. However, we also discovered a fact that cannot be explained within our model: even when low-frequency inverted words were presented as distractors, the magnitude of interference was still greater compared to the condition when XXXXX symbols were presented as distractors. Moreover, interference from overly complex distractors steadily increases response times for all trials, in contrast to the “classical” interference effect, which is especially pronounced in some trials.

In the fifth block of experiments, we investigated how target processing complexity affects the magnitude of interference. Although similar data have been gathered before, they allowed for various alternative interpretations. In the first experiment, images that the subjects were not introduced to prior to the experiment were used as “more complex” targets. Result: unfamiliar targets interfere less than familiar targets. In the second experiment, 60% of the outline was removed in part of the images. We found that interference decreases significantly when such images are

presented. Thus, the magnitude of interference decreases as the complexity of the target task increases. These results contradict models which declare interference to be a consequence of insufficient resources for target processing.

The sixth block of experiments examined how similarity between the distractor and the target affects the magnitude of interference. In the first experiment, we studied the effect of semantic connection between the distractor and the target. In the second experiment, the presented stimuli differed in how far responses were located relative to the distractor and the target. In both cases, it was shown that response rate decreased with increasing proximity of the distractor and the target. These results are difficult to explain by models that propose semantic or motor competition between the distractor and the target as the main cause of interference.

In general, most of our results are consistent with our proposed model of the origin of the interference effect.

FINDINGS

The following conclusions are drawn on the basis of the experiments conducted:

1. The magnitude of Stroop interference increases when at least one of the following requirements is met:
 - a) conditions have been created for rapid detection of conflict in the stimulus,
 - b) the subject has formed a readiness for conflicting stimulus processing.
2. If distractors can be quickly recognized, then making them slightly more complex increases Stroop interference:
 - a) low-frequency words interfere more strongly than high-frequency words,
 - b) high-frequency and low-frequency misspelled words interfere more strongly than correctly spelled words,
 - c) pseudowords interfere more strongly than real words.
3. If the distractor cannot be recognized quickly, then complicating it reduces the interference effect: mirrored high-frequency words interfere more strongly than mirrored low-frequency words.
4. The interference effect decreases when the experimental task becomes more complex:
 - a) when the targets used are unfamiliar to the subjects;
 - b) when part of the targets' the contour is removed.
5. The interference effect decreases when distractor processing facilitates the correct response or the processing of a task-relevant stimulus:
 - a) when the color and the meaning are congruent, there is no interference, even if the distractor does not match the correct response to the task;
 - b) if the responses to the distractor and the target are similar, interference decreases.

Thus, most of the hypotheses that we put forward were confirmed.

CONCLUSION

The Stroop effect holds a special place in cognitive psychology. Explanation of this effect is considered to be a testing ground for theories of attention, learning and cognitive control. The Stroop test is used to diagnose the level of attention, the sensitivity of groups of people to specific stimuli; a low value of interference is considered one of the markers of volitional behavior or flexible control style. In everyday practice, the Stroop test is used in personnel selection (dispatchers, operators of complex systems, etc.), in clinical diagnostics; the Stroop effect is also used in advertising and presentations.

Even though there is a wide variety of Stroop interference models, they are usually based on similar concepts. The subject in the Stroop test has no intention to read a word, but its presence interferes with the ability to quickly name its color. So, the word reading process is outside of the influence of the person's will. On the other hand, in most trials, the person manages to give the correct response to the task, albeit with a time lag. According to most models of interference, this indicates the presence of a control system which is inherently connected with the human consciousness and is able to correct the results of automatic processing of stimuli.

However, numerous experiments have shown that reading a word does not automatically induce its utterance: this process depends on the subjects' attention, strategies, and attitudes. A problem arises: why use a strategy that often leads to difficulties and errors? Researchers have tried to formally determine the parameters of distractors that determine their effect. The result has been a multitude of models that only cover some interference phenomena and say little about the rest. All too often, researchers only develop their own models of particular effects, paying no attention to other models or to the general logic of interference phenomena. The overall logic of interference explanations remains the same: there are two systems, one of which is in charge of reading the distractor word and the other is in charge of its inhibition.

Our goal is to construct a logic of interference explanation based on which all interference phenomena can be studied. We have based our work on V. M. Allakhverdov's model of interference. This approach aims to answer the question “what is the logic behind the processing of the word when the subjects’ task is to ignore it”. Within Allakhverdov’s approach, all cognitive phenomena are defined through the control of the consciousness over cognitive processes. In particular, after the subject has solved a task, it is verified whether the correct task was performed. In the context of the Stroop test, this control consists in checking whether the person has read the word instead of naming its color. It is this control that causes the person to pay attention to the word and read it (analogous to the unrealizable instruction “don't think about a monkey”). This explanation enables us to draw conclusions as to the influence on the level of interference of such parameters as the target task complexity, the difficulty of the ignoring task, and the degree of similarity between the distractor and the correct response. These consequences were confirmed in most of the experiments discussed in the current paper.

In this paper, we were able to resolve a number of contradictions between the known empirical phenomena and the main predictions of our model. In particular, in a number of experiments, interference increased as distractors became more complex, while in other experiments it decreased instead. We hypothesized that this was due to different basic levels of distractor complexity: when distractor processing is relatively easy, the more complex the distractor, the greater the magnitude of interference; when all distractors are highly complex, their further complication reduces the interference effect. This pattern can be explained by the concept of stimulus conflict – when the stimulus complexity is high, it is more likely that the conflict will not be detected at all. Further, many researchers believe that similarity between the distractor and the target reduces the interference effect, which is not consistent with our model. In the current paper, however, it was shown that this result may be explained not by the similarity between the distractor and the target, but by the similarity between the distractor and the potential response to the target. When controlling for this factor, we see that similar distractors and targets produce weaker interference than dissimilar ones. Finally, one of

the predictions of our model is that increasing the target task complexity leads to a reduction in interference. However, in the experiments that we know of, target complexity usually changed at the same time as distractor processing complexity. We have shown that, with an increase in target complexity, interference decreases even when the distractor complexity factor is controlled.

As a development of Allakhverdov's model of interference, we hypothesized that control of performance of the ignoring task is based on a nonconscious strategy. Interference should increase when there is an increased risk of performing the wrong task and, as a consequence, the performance of the ignoring task is controlled more frequently, which has been shown in a number of experiments discussed in this paper. This control strategy depends on previous experience (whether conflicting stimuli have been presented before) and on whether conflict in the information has been detected. We have suggested that it is necessary to introduce a mechanism of conflict detection into V. M. Allakhverdov's model. It is the operation of this mechanism that causes the subsequent control of the ignoring task. In our further work, we have used a model suggesting that control only occurs in some trials of the task.

In our opinion, the approach we have used allows us to describe a large group of phenomena in a logical and uniform way and to predict new phenomena. It also allows us to see a connection between interference errors and other types of cognitive errors. In the future, we plan to investigate how different types of control affect the performance of other cognitive tasks, and how these types are related to each other.

REFERENCES

1. *Agafonov A. Yu., Fedotova A.* Izuchenie Strup-fenomena pri uslozhnenii zadachi ignorirovaniya / A.Yu. Agafonov, A. Fedotova // Psihologicheskie issledovaniya. Sbornik nauchnykh trudov. – Samara: Univers-grupp – 2005. – P. 28-35 [in Russian]
2. *Allahverdov V. M.* Za granitsej osoznavaemogo. Radikalnyiy kognitivizm o nekotorykh predelah nashey sposobnosti obrabotki informatsii / V. M. Allahverdov // Vestnik Yaroslavskego gosudarstvennogo universiteta im. PG Demidova. Seriya Gumanitarnyye nauki. – 2014. – №. 2. – P. 72-80. [in Russian]
3. *Allahverdov V. M.* Opyit teoreticheskoy psihologii (v zhanre nauchnoy revolyutsii) / V.M. Allahverdov. – SPb.: Izd-vo «Pechatnyiy dvor», 1993. – 325 p. [in Russian]
4. *Allahverdov V. M.* Printsip idealizatsii / V. M. Allahverdov Karmin A. S., Shilkov Yu. M. // Metodologiya i istoriya psihologii. – 2007. – T. 2. – №. 2. – P. 147-162. [in Russian]
5. *Allahverdov V. M.* Printsip proveryaemosti (chast II) / V. M. Allahverdov, A. S. Karmin, Yu. M. Shilkov // Metodologiya i istoriya psihologii. – 2008. – T. 2008. – №. 1. – P. 195-209. [in Russian]
6. *Allahverdov V. M.* Printsip proveryaemosti Chast III. Strategii nezavisimoy proverki / V. M. Allahverdov, A. S. Karmin, Yu. M. Shilkov // Metodologiya i istoriya psihologii. – 2008. – T. 3. – №. 2. – P. 175-185. [in Russian]
7. *Allahverdov V. M.* Printsip prostoty / V. M. Allahverdov, A. S. Karmin, Yu. M. Shilkov // Metodologiya i istoriya psihologii. – 2007. – T. 2. – №. 1. – P. 230-246. [in Russian]
8. *Allahverdov V. M.* Psihologicheskaya nauka skvoz prizmu printsipa prostoty / V. M. Allahverdov // Istoriya i filosofiya nauki v epohu peremen. – 2018. – P. 54-56. [in Russian]

9. *Allahverdov V. M.* Soznanie kak paradoks. / V. M. Allahverdov. – SPb.: «Izdatelstvo DNK», 2000. – 528 p. [in Russian]
10. *Allahverdov V. M.* Soznanie, nauchenie i kontrol: vpered k teorii (doklad) / V. M. Allahverdov // Vestnik Sankt- Peterburgskogo universiteta. Seriya 16. Psihologiya. Pedagogika. 2014. №4. P.41–50. [in Russian]
11. *Allahverdov V. M., Allahverdov M. V.* O chem prosche ne dumat? (O prirode strup-interferentsii) / V. M. Allahverdov, M. V. Allahverdov // Shagi/Steps. – 2015. – T. 1. – №. 1. [in Russian]
12. *Allahverdov V. M., Allahverdov M. V.* Fenomen Strupa: interferentsiya kak logicheskiy paradoks / V. M. Allahverdov, M. V. Allahverdov // Vestnik Sankt- Peterburgskogo universiteta. Seriya 16. Psihologiya. Pedagogika. – 2014. – №. 4. [in Russian]
13. *Allahverdov V. M., Karmin A. S., Shilkov Yu. M.* Printsip proveryaemosti (chast I) / V. M. Allahverdov, A. S. Karmin, Yu. M. Shilkov // Metodologiya i istoriya psihologii. – 2007. – P. 2. – №. 3. – S. 152-163. [in Russian]
14. *Allahverdov M. V.* Interpretatsiya interferentsionnyih fenomenov i teoriya "ironicheskogo" myishleniya Deniela Vegnera / M. V. Allahverdov // Peterburgskiy psihologicheskiy zhurnal. – 2015. – №. 12. – P. 16-37. [in Russian]
15. *Allahverdov M.V., Starodubtsev A.S.* Vliyanie polozheniya distraktora na effekt Strupa / M. V. Allahverdov, A. S. Starodubtsev // Peterburgskiy psihologicheskiy zhurnal. 2016. № 17. P. 125-150. [in Russian]
16. *Allakhverdov, V. M., Naumenko, O. V., Filippova, M. G., Shcherbakova, O. V., Avanesyan, M. O., Voskresenskaya, E. Yu., Starodubtsev, A. S.* (2015) How Consciousness Gets Rid Of Contradictions. Shagi / Steps, 1 (1), 165–181 [in Russian]
17. *Zotov M. V.* Metodika ekspress-diagnostiki suitsidalnogo riska «Signal» / M. V. Zotov, V. M. Petrukovich., V. N. Syisoev // SPb.: GP «Imaton» – 2003. [in Russian]
18. *Kireeva N. N.* Effektyi interferentsii v protsessah obrabotki informatsii chelovekom: dis. ... kand. psihol. nauk: 19.00.03. – L., 1986. 319 p. [in Russian]

19. *Lyashevskaya O. N., Sharov S. A.* Chastotnyiy slovar sovremennogo russkogo yazyika (na materialah Natsionalnogo korpusa russkogo yazyika) / O. N. Lyashevskaya, S. A. Sharov // M.: Izdatelskiy tsentr «Azbukovnik». – 2009. [in Russian]
20. *Osipov L. E.* Pererabotka protivorechivoy informatsii v operatorskoy deyatel'nosti: dis. ... kand. psihol. nauk: 19.00.03. – SPb., 1992. [in Russian]
21. *Pechenkova E. V., Falikman M. V.* Reshenie pertseptivnoy zadachi kak vzaimodeystvie mezhdru voshodyaschimi i nishodyaschimi protsessami pererabotki zritel'noy informatsii / E. V. Pechenkova, M. V. Falikman // Teoreticheskaya i eksperimental'naya psihologiya. – 2010. – T. 3. – № 3. P. 52-65. [in Russian]
22. *Piazhe Zh., Fress P.* Eksperimental'naya psihologiya / Zh. Piazhe, P. Fress // M: Progress. – 1973. – P. 89. [in Russian]
23. *Revonsuo A.* Psihologiya soznaniya. / A. Revonsuo – Sankt-Peterburg: Izdatelskiy dom "Piter", 2012. – 336 p. [in Russian]
24. *Sopov M. S.* Baza standartizirovannykh izobrazheniy BOSS: adaptatsiya dlya ispolzovaniya na russkoyazyichnoy vyiborke / M. S. Sopov, A. S. Starodubtsev, K. G. Miroshnik, R. Yu. Shindrikov // Psihologiya. Zhurnal Vyisshey shkolyi ekonomiki. 2019. T.16. № 4. P. 690-704. [in Russian]
25. *Sopov M. S., Starodubtsev A. S., Miroshnik K. G.* The Effect Of The Target's Subjective Complexity On The Picture-Word Interference. Vestnik of Saint Petersburg University. Psychology, 2019, vol. 9, issue 1, pp. 92–106. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu16.2019.107> [in Russian]
26. *Starodubtsev A. S.* Effekt leksikalizatsii distraktorov v teste «risunok — slovo» / A. S. Starodubtsev, K. G. Miroshnik, M. S. Sopov // Shagi / Steps. 2019. T. 5. № 1. P. 8–24. DOI: 10.22394/2412-9410-2019-5-1-8-24. [in Russian]
27. *Starodubtsev A. S.* Vliyanie kognitivnogo kontrolya na effekt Strupa / A. S. Starodubtsev // Peterburgskiy psihologicheskiy zhurnal. 2018. № 24. P. 40-62. [in Russian]
28. *Starodubtsev A. S., Allahverdov V. M.* Zapominanie protivorechivoy informatsii v svete gipotezyi o neosoznavaemom poiske razresheniya protivorechiy / A.

S. Starodubtsev, V. M. Allahverdov // Eksperimentalnaya psihologiya. 2020. Tom 13. № 1. S. 20–34. doi:10.17759/exppsy.2020130102 [in Russian]

29. *Starodubtsev A. S., Allahverdov M. V.* Vliyanie ustanovki o nalichii konfliktnykh stimulov v teste Strupa na velichinu interferentsii / A. S. Starodubtsev, M. V. Allahverdov // Vestnik SPbGU. Psihologiya i pedagogika. 2017. T. 7. № 2. P. 137-153 [in Russian]

30. *Starodubtsev A. S., Allahverdov M.V.* / Stroop Effect: Conflict Detection and Control Strategy Factors [text] // Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics: Proceedings of the 9th International Conference on Cognitive Sciences, Intercognsci-2020, October 10-16, 2020, Moscow, Russia. – Springer Nature, 2021. – T. 1358

31. *Starodubtsev A. S., Miroshnik K. G.* Vliyanie skorosti obrabotki distraktora na velichinu efekta Strupa / A. S. Starodubtsev, K. G. Miroshnik // Peterburgskiy psihologicheskii zhurnal. 2019. № 28. P. 42-64. [in Russian]

32. *Starodubtsev A. S., Miroshnik K. G.* Mistakes In High-Frequency And Low-Frequency Words Increase Stroop interference. Theoretical and Experimental Psychology. St. Petersburg State University. 2019. Vol.12. № 3. pp. 63-71. [in Russian]

33. *Utochkin I. S., Bolshakova K. G.* Usilenie i oslablenie efekta Strupa pri veroyatnostnom nauchenii / I. S. Utochkin, K. G. Bolshakova // Psihologiya. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki. – 2010. – T. 7. – №. 3. [in Russian]

34. *Falikman M. V.* Paradoksyi zritel'nogo vnimaniya. Effektyi pertseptivnykh zadach / M. V. Falikman. M. : Izdatelskiy dom YaSK, 2018. 264 p. [in Russian]

35. *Hromov A. I.* Dinamika pamyati i vnimaniya u detey i podrostkov s endogennyimi psihicheskimi zabolevaniyami v protsesse farmakoterapii / A. I. Hromov // Psihologicheskie issledovaniya: elektronnyy nauchnyy zhurnal. – 2011. – №. 4. – P. 6-6. [in Russian]

36. *Abdel Rahman R., Melinger A.* Enhanced phonological facilitation and traces of concurrent word form activation in speech production: An object-naming study

with multiple distractors / R. Abdel Rahman, A. Melinger // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2008. – Vol. 61. – №. 9. – P. 1410-1440.

37. *Algom D., Chajut E.* Reclaiming the Stroop effect back from control to input-driven attention and perception / D. Algom, E. Chajut // *Frontiers in psychology*. – 2019. – Vol. 10.

38. *Altmann E. M., Davidson D. J.* An integrative approach to Stroop: Combining a language model and a unified cognitive theory / E. M. Altmann, D. J. Davidson // *Proceedings of the 23rd annual conference of the Cognitive Science Society*. – 2001. – P. 21-26.

39. *Arieh Y., Algom D.* Processing picture-word stimuli: The contingent nature of picture and of word superiority / Y. Arieh, D. Algom // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2002. – Vol. 28. – №. 1. – P. 221.

40. *Arsalidou M.* “I can read these colors.” Orthographic manipulations and the development of the color-word Stroop / M. Arsalidou et al. // *Frontiers in psychology*. – 2013. – Vol. 3. – P. 594.

41. *Moors A.* Automaticity: A Theoretical and Conceptual Analysis. Automaticity: Componential, causal, and mechanistic explanations / A. Moors // *Annual Review of Psychology*. – 2017. – Vol. 67. – P. 263-287.

42. *Bentall R. P., Thompson M.* Emotional Stroop performance and the manic defence / R. P. Bentall, M. Thompson // *British Journal of Clinical Psychology*. – 1990. – Vol. 29. – №. 2. – P. 235-237.

43. *Besner D.* The Stroop effect and the myth of automaticity / D. Besner, J.A. Stolz, C. Boutilier // *Psychonomic bulletin & review*, 1997. Vol. 4(2), Pp. 221-225

44. *Besner D., Stolz J. A.* Unconsciously controlled processing: The Stroop effect reconsidered / D. Besner, J. A. Stolz // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 1999. – Vol. 6. – №. 3. – P. 449-455.

45. *Blais C. A.* stimulus-response account of Stroop and reverse Stroop effects. / C. A. Blais Waterloo, Ontario, Canada, 2006 – 112 p.

46. *Blais C., Besner D.* Reverse stroop effects with untranslated responses / C. Blais, D. Besner // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 2006. – Vol. 32. – №. 6. – P. 1345.
47. *Boersma P., Weenink D.* Praat: doing phonetics by computer [Computer program] / P. Boersma, D. Weenink // Online: <http://www.praat.org>, accessed on. – 2013. – Vol. 2.
48. *Botvinick M. M.* Conflict monitoring and cognitive control / M. M. Botvinick et al. // *Psychological review.* – 2001. – Vol. 108. – №. 3. – P. 624.
49. *Braem S.* Measuring adaptive control in conflict tasks / S. Braem et al. // *Trends in cognitive sciences.* – 2019. – Vol. 23. – №. 9. – P. 769-783.
50. *Braem S.* What determines the specificity of conflict adaptation? A review, critical analysis, and proposed synthesis / S. Braem et al. // *Frontiers in psychology.* – 2014. – Vol. 5. – P. 1134.
51. *Brodeur M. B.* Bank of standardized stimuli (BOSS) phase II: 930 new normative photos / M. B. Brodeur, K. Guérard, M. Bouras // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9. – №. 9.
52. *Brown T. L.* Automaticity and word perception: Evidence from Stroop and Stroop dilution effects / T. L. Brown, L. Roos-Gilbert, T. H. Carr // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition.* – 1995. – Vol. 21. – №. 6. – P. 1395.
53. *Bugg J. M.* Multiple levels of control in the Stroop task / J. M. Bugg, L. L. Jacoby., J. P. Toth // *Memory & cognition.* – 2008. – Vol. 36. – №. 8. – P. 1484-1494.
54. *Bugg J.M., Crump M.J.* In support of a distinction between voluntary and stimulus-driven control: A review of the literature on proportion congruent effects / J. M. Bugg, M. J. Crump // *Frontiers in psychology*, 2012. Vol. 3. P. 367
55. *Burt J. S.* Why do non-color words interfere with color naming? / J. S. Burt // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* Vol. 28. No 5. 2002. P. 1019–1038.

56. *Bustamante L.* Learning to overexert cognitive control in a Stroop task / L. Bustamante et al. // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. – 2021. – P. 1-19.
57. *Cattell J. M.* The time it takes to see and name objects / J. M. Cattell // *Mind*. 1886. Vol. 11. P. 63–65.
58. *Chajut E.* Are spatial and dimensional attention separate? Evidence from Posner, Stroop, and Eriksen tasks / E. Chajut, A. Schupak, D. Algom // *Memory & Cognition*. – 2009. – Vol. 37. – №. 6. – P. 924-934.
59. *Chen Z.* Attentional focus, processing load, and Stroop interference / Z. Chen // *Perception & Psychophysics*. – 2003. – Vol. 65. – №. 6. – P. 888-900.
60. *Cho Y. S.* Stroop dilution depends on the nature of the color carrier but not on its location / Y. S. Cho, M. C. Lien, R.W. Proctor // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2006. Vol. 32(4). P. 826.
61. *Collina S.* Word production and the picture-word interference paradigm: the role of learning / S. Collina, P. Tabossi, F. De Simone // *Journal of psycholinguistic research*. – 2013. – Vol. 42. – №. 5. – P. 461-473.
62. *Cox W. M.* The addiction-stroop test: Theoretical considerations and procedural recommendations / W. M. Cox, J. S. Fadardi, E. M. Pothos // *Psychological bulletin*. – 2006. – Vol. 132. – №. 3. – P. 443.
63. *Crump M. J. C.* Context-specific learning and control: The roles of awareness, task relevance, and relative salience / M. J. C. Crump, J. M. M. Vaquero, B. Milliken // *Consciousness and cognition*. – 2008. – Vol. 17. – №. 1. – P. 22-36.
64. *Dalrymple-Alford E. C.* Associative facilitation and interference in the Stroop color-word task / E. C. Dalrymple-Alford // *Perception & Psychophysics*. – 1972. – Vol. 11. – №. 4. – P. 274-276.
65. *Damian M. F., Bowers J. S.* Locus of semantic interference in picture-word interference tasks / M. F. Damian, J. S. Bowers // *Psychonomic bulletin & review*. – 2003. – Vol. 10. – №. 1. – P. 111-117.

66. *Davidow J. Y.* Development of prefrontal cortical connectivity and the enduring effect of learned value on cognitive control / Davidow J. Y. et al. // *Journal of cognitive neuroscience*. – 2019. – Vol. 31. – №. 1. – P. 64-77.
67. *De Simone F., Collina S.* The Picture–Word Interference Paradigm: Grammatical Class Effects in Lexical Production / F. De Simone, S. Collina // *Journal of psycholinguistic research*. – 2016. – Vol. 45. – №. 5. – P. 1003-1019.
68. *De Soto J. L., De Soto C. B.* Reading achievement and automatic recognition of words and pseudowords / J. L. De Soto, C. B. De Soto // *Journal of Reading Behavior*. – 1985. – Vol. 17. – №. 2. – P. 115-127.
69. *Dhooge E.* A late locus of the distractor frequency effect in picture–word interference: Evidence from event-related potentials / E. Dhooge, W. De Baene, R. J. Hartsuiker // *Brain and language*. – 2013. – Vol. 124. – №. 3. – P. 232-237.
70. *Dhooge E., Hartsuiker R. J.* How do speakers resist distraction? Evidence from a taboo picture-word interference task / E. Dhooge, R. J. Hartsuiker // *Psychological Science*. – 2011. – Vol. 22. – №. 7. – P. 855-859.
71. *Dhooge E., Hartsuiker R. J.* Lexical selection and verbal selfmonitoring: Effects of lexicality, context, and time pressure in picture-word interference / E. Dhooge, R. J. Hartsuiker // *Journal of Memory and Language*. Vol. 66. No. 1. 2012. P. 163–176.
72. *Dignath D.* Conflict monitoring and the affective-signaling hypothesis—An integrative review / D. Dignath et al. // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2020. – P. 1-24.
73. *Dishon-Berkovits M., Algom D.* The Stroop effect: It is not the robust phenomenon that you have thought it to be / M. Dishon-Berkovits, D. Algom // *Memory & Cognition*. – 2000. – Vol. 28. – №. 8. – P. 1437-1449.
74. *Donohue S. E.* Is conflict monitoring supramodal? Spatiotemporal dynamics of cognitive control processes in an auditory Stroop task / S. E. Donohue, M. Liotti, R. Perez, M. G. Woldorff // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2012. Vol. 12(1). Pp. 1-15.

75. *Dunbar K. N., MacLeod C. M.* A horse race of a different color: Stroop interference patterns with transformed words / K. N. Dunbar, C. M. MacLeod // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1984. Vol. 10. P. 622–639
76. *Durgin F.* The reverse Stroop effect / F. Durgin // *Psychon Bull Rev*. 2000. Vol. 7 (1). P. 121–125.
77. *Duthoo W.* The heterogeneous world of congruency sequence effects: An update / W. Duthoo et al. // *Frontiers in Psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1001.
78. *Dyer F. N.* A comparison of chromatic and achromatic versions of the Stroop color-word test / F. N. Dyer // *Psychonomic Science*. 1971. Vol. 22, No. 4. P. 235–237.
79. *Dyer F. N.* Same and different judgments for word-color pairs with "irrelevant" words or colors: Evidence for word-code comparisons / F. N. Dyer // *Journal of Experimental Psychology*. – 1973. – Vol. 98. – №. 1. – P. 102.
80. *Eder A. B., Dignath D.* Expected value of control and the motivational control of habitual action / A. B. Eder, D. Dignath // *Frontiers in psychology*. – 2019. – Vol. 10. – P. 1812.
81. *Egner T.* Congruency sequence effects and cognitive control / T. Egner // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. – 2007. – Vol. 7. – №. 4. – P. 380-390.
82. *Eidels A.* Depth of processing in the Stroop task: Evidence from a novel forced-reading condition / A. Eidels et al. // *Experimental psychology*. – 2014. – Vol. 61. – №. 5. – P. 385.
83. *Eidels A.* Independent race of colour and word can predict the Stroop effect / A. Eidels // *Australian Journal of Psychology*. – 2012. – Vol. 64. – №. 4. – P. 189-198.
84. *Entel O., Tzelgov J.* Focusing on task conflict in the Stroop effect / O. Entel, J. Tzelgov // *Psychological research*. – 2018. – Vol. 82. – №. 2. – P. 284-295.
85. *Entel O.* Proportion congruency effects: Instructions may be enough / O. Entel, J. Tzelgov, Y. Bereby-Meyer // *Frontiers in psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1108.

86. *Eriksen B. A., Eriksen C. W.* Effects of noise letters upon identification of a target letter in a non-search task. / B. A. Eriksen, C. W. Eriksen // *Perception and Psychophysics*. – 1974, Vol. 16, P. 143-149.
87. *Eskes G. A.* Comprehension of concrete and abstract words in autistic children / G. A. Eskes, S. E. Bryson, T. A. McCormick // *Journal of autism and developmental disorders*. – 1990. – Vol. 20. – №. 1. – P. 61-73.
88. *Flaudias V., Llorca P. M.* A brief review of three manipulations of the Stroop task focusing on the automaticity of semantic access / V. Flaudias, P. M. Llorca // *Psychologica Belgica*. – 2014. – Vol. 54. – №. 2.
89. *Fox E.* Negative priming from ignored distractors in visual selection: A review / E. Fox // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 1995. – Vol. 2. – №. 2. – P. 145-173.
90. *Gao Q., Chen, Z., Russell, P.* Working memory load and the Stroop interference effect. / Q. Gao, Z. Chen, P. Russell // *New Zealand Journal of Psychology* – 2007. Vol. 36. №. 3. Pp. 146-153.
91. *Gauvin H. S.* No lexical competition without priming: Evidence from the picture–word interference paradigm / H. S. Gauvin et al. // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2018. – Vol. 71. – №. 12. – P. 2562-2570.
92. *Geng J., Kirchgessner M., Schnur T.* The mechanism underlying lexical selection: Evidence from the picture–picture interference paradigm / J. Geng, M. Kirchgessner, T. Schnur // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2013. – Vol. 66. – №. 2. – P. 261-276.
93. *Geng J., Schnur T. T., Janssen N.* Relative speed of processing affects interference in Stroop and picture–word interference paradigms: evidence from the distractor frequency effect / J. Geng, T. T. Schnur, N. Janssen // *Language, Cognition and Neuroscience*. – 2014. – Vol. 29. – №. 9. – P. 1100-1114.
94. *Geukes S.* Stroop effects from newly learned color words: effects of memory consolidation and episodic context / S. Geukes, M. G. Gaskell, P. Zwitserlood // *Frontiers in psychology*. – 2015. – Vol. 6. – P. 278.

95. *Glaser W. R., Glaser M. O.* Context effects in stroop-like word and picture processing / W. R. Glaser, M. O. Glaser // *Journal of Experimental Psychology: General.* – 1989. – Vol. 118. – №. 1. – P. 13.
96. *Glaser M. O., Glaser W. R.* Time course analysis of the Stroop phenomenon / M. O. Glaser, W. R. Glaser // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 1982. – Vol. 8. – №. 6. – P. 875. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.8.6.875>
97. *Golden C. J.* Effect of differing number of colors on the Stroop Color and Word Test / C. J. Golden // *Perceptual and Motor skills.* – 1974.
98. *Goldfarb L., Henik A.* Evidence for task conflict in the Stroop effect / L. Goldfarb, A. Henik // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 2007. – Vol. 33. – №. 5. – P. 1170. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.5.1170>
99. *Green E. J., Barber P. J.* An auditory Stroop effect with judgments of speaker gender / E. J. Green, P. J. Barber // *Perception & Psychophysics.* – 1981. – Vol. 30. – №. 5. – P. 459-466.
100. *Guttentag R. E., Haith M. M.* Automatic processing as a function of age and reading ability / R. E. Guttentag, M. M. Haith // *Child Development.* Vol. 49. No. 3. 1978. P. 707–716.
101. *Hartley L. R., Adams R. G.* Effect of noise on the Stroop test / L. R. Hartley, R. G. Adams // *Journal of experimental psychology.* – 1974. – Vol. 102. – №. 1. – P. 62.
102. *Hasshim N., Parris B. A.* Trial type mixing substantially reduces the response set effect in the Stroop task / N. Hasshim, B. A. Parris // *Acta psychologica.* – 2018. – Vol. 189. – P. 43-53.
103. *Hecht D., Reiner M.* Stroop interference and facilitation effects in kinesthetic and haptic tasks / D. Hecht, M. Reiner // *Advances in Human-Computer Interaction.* – 2010. – T. 2010.

104. *Hilbert S.* The spatial Stroop effect: A comparison of color-word and position-word interference / S. Hilbert et al. // *Psychonomic bulletin & review.* – 2014. – Vol. 21. – №. 6. – P. 1509-1515.
105. *Hodgson T .L.* The saccadic Stroop effect: Evidence for involuntary programming of eye movements by linguistic cues / T. L. Hodgson et al. // *Vision research.* 2009. Vol. 49. № 5. Pp. 569-574.
106. *Hommel B.* The theory of event coding (TEC): A framework for perception and action planning / B. Hommel et al. // *Behavioral and brain sciences.* – 2001. – Vol. 24. – №. 5. – P. 849.
107. *Houston B. K.* Noise, task difficulty, and Stroop color-word performance / B. K. Houston // *Journal of Experimental Psychology.* – 1969. – Vol. 82. – №. 2. – P. 403.
108. *Hutson J., Damian M. F.* Semantic gradients in picture-word interference tasks: is the size of interference effects affected by the degree of semantic overlap? / J. Hutson, M. F. Damian // *Frontiers in psychology.* – 2014. – Vol. 5. – P. 872.
109. *Iannaccone R.* Conflict monitoring and error processing: new insights from simultaneous EEG–fMRI / R. Iannaccone et al. // *Neuroimage.* – 2015. – Vol. 105. – P. 395-407.
110. *Jacoby L. L.* Item-specific control of automatic processes: Stroop process dissociations / L. L. Jacoby, D. S. Lindsay, S. Hessels // *Psychonomic Bulletin & Review.* – 2003. – Vol. 10. – №. 3. – P. 638-644.
111. *Janssen N.* Semantic interference in a delayed naming task: evidence for the response exclusion hypothesis / N. Janssen et al. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition.* – 2008. – Vol. 34. – №. 1. – P. 249.
112. *Jescheniak J. D.* Semantic interference from distractor pictures in single-picture naming: Evidence for competitive lexical selection / J. D. Jescheniak et al. // *Psychonomic bulletin & review.* – 2014. – Vol. 21. – №. 5. – P. 1294-1300.
113. *Jiang J.* EEG neural oscillatory dynamics reveal semantic and response conflict at difference levels of conflict awareness / J. Jiang, Q. Zhang, S. Van Gaal // *Scientific reports.* – 2015. – Vol. 5. – P. 12008.

114. *Jiménez L., Méndez A.* It is not what you expect: dissociating conflict adaptation from expectancies in a Stroop task / L. Jiménez, A. Méndez // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 2013. – Vol. 39. – №. 1. – P. 271.
115. *Kahneman D., Chajczyk D.* Tests of the automaticity of reading: Dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli / D. Kahneman, D. Chajczyk // *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance.* – 1983. – Vol. 9. – №. 4. – P. 497.
116. *Kalanthroff E.* Stop interfering: Stroop task conflict independence from informational conflict and interference / E. Kalanthroff et al. // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology.* – 2013. – Vol. 66. – №. 7. – P. 1356-1367.
117. *Kalanthroff E.* Task conflict and proactive control: A computational theory of the Stroop task / E. Kalanthroff et al. // *Psychological review.* – 2018. – Vol. 125. – №. 1. – P. 59.
118. *Kan I. P.* To adapt or not to adapt: The question of domain-general cognitive control / I. P. Kan, S. Teubner-Rhodes, A. B. Drumme, L. Nutile, L. Krupa, J. M. Novick // *Cognition*.dr – 2013. – Vol. 129. – №. 3. – P. 637-651. doi: 10.1016/j.cognition.2013.09.001
119. *Kim C.* Multiple cognitive control mechanisms associated with the nature of conflict / C. Kim, C. Chung, J. Kim // *Neuroscience letters.* – 2010. – Vol. 476. – №. 3. – P. 156-160.
120. *Kim S.Y.* Concurrent working memory load can reduce distraction / S. Y. Kim, M. S. Kim, M. M. Chun // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005. Vol. 102(45). Pp. 16524-16529
121. *Kindt M.* Stroop versus Stroop: Comparison of a card format and a single-trial format of the standard color-word Stroop task and the emotional Stroop task / M. Kindt, D. Bierman, J. F. Brosschot // *Personality and individual Differences.* – 1996. – Vol. 21. – №. 5. – P. 653-661.

122. *Kinoshita S.* Evidence accumulation in the integrated and primed Stroop tasks / S. Kinoshita et al. // *Memory & cognition*. – 2017. – Vol. 45. – №. 5. – P. 824-836.
123. *Kinoshita S.* The magic of words reconsidered: Investigating the automaticity of reading color-neutral words in the Stroop task / Kinoshita S., De Wit B., Norris D. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2017. – Vol. 43. – №. 3. – P. 369.
124. *Klapp S. T.* Nonconscious control mimics a purposeful strategy: Strength of Stroop-like interference is automatically modulated by proportion of compatible trials / S. T. Klapp // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2007. – Vol. 33. – №. 6. – P. 1366.
125. *Klein G. S.* Semantic power measured through the interference of words with color-naming / G. S. Klein // *The American Journal of Psychology*. Vol. 77. No 4. 1964. P. 576–588.
126. *Klopper D. S.* Stroop interference and color-word similarity / D. S. Klopper // *Psychological Science*. – 1996. – Vol. 7. – №. 3. – P. 150-157.
127. *Koch C.* Self-monitoring, need for cognition, and the Stroop effect: A preliminary study / C. Koch // *Perceptual and motor skills*. – 2003. – Vol. 96. – №. 1. – P. 212-214.
128. *Krebs R. M. et al.* Picture novelty attenuates semantic interference and modulates concomitant neural activity in the anterior cingulate cortex and the locus coeruleus // R. M. Krebs / *NeuroImage*. – 2013. – Vol. 74. – P. 179-187.
129. *La Heij W.* Picture naming in picture context: Semantic interference or semantic facilitation? / W. La Heij et al. // *Psychology Science*. – 2003. – Vol. 45. – №. 1. – P. 49-62.
130. *La Heij W., van den Hof E.* Picture-word interference increases with target-set size / W. La Heij, E. van den Hof // *Psychological research*. – 1995. – Vol. 58. – №. 2. – P. 119-133.

131. *Lachter J.* Is attention needed for word identification? Evidence from the Stroop paradigm / J. Lachter et al. // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2008. – Vol. 15. – №. 5. – P. 950-955.
132. *Levin Y., Tzelgov J.* What Klein's "Semantic Gradient" Does and Does Not Really Show: Decomposing Stroop Interference into Task and Informational Conflict Components / Y. Levin, J. Tzelgov // *Front Psychol*. 2016. Vol. 7. P. 249.
133. *Liefooghe B. et al.* Stroop-like effects of derived stimulus–stimulus relations / B Liefooghe et al. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2020. – Vol. 46. – №. 2. – P. 327.
134. *Logan G. D.* Executive control of thought and action: In search of the wild homunculus / G. D. Logan // *Current Directions in Psychological Science*. – 2003. – Vol. 12. – №. 2. – P. 45-48.
135. *Logan G. D., Zbrodoff N. J.* When it helps to be misled: Facilitative effects of increasing the frequency of conflicting stimuli in a Stroop-like task / G. D. Logan, N. J. Zbrodoff // *Memory & cognition*. – 1979. – Vol. 7. – №. 3. – P. 166-174.
136. *Lorentz E.* Disentangling genuine semantic Stroop effects in reading from contingency effects: On the need for two neutral baselines / E. Lorentz et al. // *Frontiers in psychology*. – 2016. – Vol. 7. – P. 386.
137. *Lovett M. C.* A Strategy based interpretation of Stroop / M. C. Lovett // *Cognitive Science*, 2005. Vol. 29(3). Pp. 493-524
138. *Luo C. R.* Semantic competition as the basis of Stroop interference: Evidence from color-word matching tasks / C. R. Luo // *Psychological Science*. – 1999. – Vol. 10. – №. 1. – P. 35-40. doi: 10.1111/1467-9280.00103
139. *Lupker S. J.* The semantic nature of response competition in the picture-word interference task / S. J. Lupker // *Memory & Cognition*. Vol. 7. No. 6. 1979. P. 485–495.
140. *Lupker S. J.* The role of phonetic and orthographic similarity in picture-word interference / S. J. Lupker // *Canadian Journal of Psychology = Revue Canadienne de Psychologie*. Vol. 36. No. 3. 1982. P. 349–367.

141. *Lupker S. J.* Mixing costs and mixing benefits in naming words, pictures, and sums / S. J. Lupker et al. // *Journal of Memory and Language*. – 2003. – Vol. 49. – №. 4. – P. 556-575.
142. *Lupker S. J., Katz A. N.* Input, decision, and response factors in picture–word interference / S. J. Lupker, A. N. Katz // *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*. 1981. Vol. 7. P. 269–282.
143. *Machado-Pinheiro W.* Role of attention and translation in conflict resolution: implications for Stroop matching task interference / W. Machado-Pinheiro et al. // *Psychology & Neuroscience*. – 2010. – Vol. 3. – №. 2. – P. 141-150.
144. *MacKinnon D. P.* The effects of effort on Stroop interference / D. P. MacKinnon, R. E. Geiselman, J. A. Woodward // *Acta Psychologica*. – 1985. – Vol. 58. – №. 3. – P. 225-235.
145. *MacLeod C. M.* In opposition to inhibition / C. M. MacLeod et al. // *Psychology of learning and motivation*. – 2003. – Vol. 43. – P. 163-215.
146. *MacLeod C. M.* The Stroop task: The "gold standard" of attentional measures / C. M. MacLeod // *Journal of Experimental Psychology: General*. – 1992. – Vol. 121. – №. 1. – P. 12.
147. *MacLeod C. M.* Half a century of research on the Stroop effect An integrative review / C. M. MacLeod // *Psychological Bulletin*. 1991. Vol. 109. P. 163–203
148. *Mahon B. Z.* Lexical selection is not by competition: a reinterpretation of semantic interference and facilitation effects in the picture-word interference paradigm / B. Z. Mahon et al. // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2007. – Vol. 33. – №. 3. – P. 503.
149. *Mano Q. R.* Stroop interference associated with efficient reading fluency and prelexical orthographic processing / Q. R. Mano et al. // *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. – 2016. – Vol. 38. – №. 3. – P. 275-283.
150. *Marí-Beffa P.* Stroop interference and negative priming: Problems with inferences from null results / P. Marí-Beffa, A. F. Estévez, S. Danziger // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2000. – Vol. 7. – №. 3. – P. 499-503.

151. *Marian V.* Multilingual Stroop performance: Effects of trilingualism and proficiency on inhibitory control / V. Marian et al. // *International journal of multilingualism*. – 2013. – Vol. 10. – №. 1. – P. 82-104.
152. *Marmurek H.H.C.* Coloring only a single letter does not eliminate color-word interference in a vocal-response Stroop task: Automaticity revealed / H. H. C. Marmurek // *The Journal of General Psychology*, 2003. Vol. 130(2). Pp. 207-224.
153. *Mayr U.* Conflict, consciousness, and control / U. Mayr // *Trends in cognitive sciences*. – 2004. – Vol. 8. – №. 4. – P. 145-148.
154. *Megherbi H.* The emergence of automaticity in reading: Effects of orthographic depth and word decoding ability on an adjusted Stroop measure / H. Megherbi et al. // *Journal of experimental child psychology*. – 2018. – Vol. 166. – P. 652-663.
155. *Meiran N.* Reconfiguration of stimulus task sets and response task sets during task switching / N. Meiran // *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. – 2000. – P. 377-400.
156. *Miller H. C.* The stroop and reverse Stroop effects as measured by an interactive tabletop / H. C. Miller et al. // *International Journal of Human–Computer Interaction*. – 2016. – Vol. 32. – №. 5. – P. 363-372.
157. *Mills L.* No negative priming effect in the manual Stroop task / L. Mills, S. Kinoshita, D. Norris // *Frontiers in psychology*. – 2019. – Vol. 10. – P. 1764.
158. *Miozzo M., Caramazza A.* When more is less: A counterintuitive effect of distractor frequency in the picture–word interference paradigm / M. Miozzo, A. Caramazza // *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 132. No. 2. 2003. P. 228–252.
159. *Miyake A.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis / A. Miyake et al. // *Cognitive psychology*. – 2000. – Vol. 41. – №. 1. – P. 49-100. 10.1006/cogp.1999.0734

160. *Monsell S.* Naming the color of a word: Is it responses or task sets that compete? / S. Monsell, T. J. Taylor, K. Murphy // *Memory & Cognition*. Vol. 29. No. 1. 2001. P. 137–151.
161. *Monsell S., Driver J.* Banishing the control homunculus / S. Monsell, J. Driver // *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. – 2000. – P. 3-32.
162. *Moors A.* Automaticity: Componential, causal, and mechanistic explanations / A. Moors // *Annual Review of Psychology*. – 2016. – Vol. 67. – P. 263-287.
163. *Moran R., Algom D.* AN ALTERNATE CHANNEL THEORY OF THE STROOP EFFECT / R. Moran, D. Algom // *Proceedings of Fechner Day*. – 2011. – Vol. 27. – P. 501-506.
164. *Morgan A. L. R., Brandt J. F.* An auditory Stroop effect for pitch, loudness, and time / A. L. R. Morgan, J. F. Brandt // *Brain and Language*. – 1989. – Vol. 36. – №. 4. – P. 592-603.
165. *Morsella E., Miozzo M.* Evidence for a cascade model of lexical access in speech production / E. Morsella, M. Miozzo // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2002. – Vol. 28. – №. 3. – P. 555.
166. *Morton J. B.* Cognitive control: Easy to identify but hard to define / J. B. Morton, F. Ezeziel, H. A. Wilk // *Topics in cognitive science*. – 2011. – Vol. 3. – №. 2. – P. 212-216.
167. *Most S. B.* Auditory Stroop reveals implicit gender associations in adults and children / S. B. Most, A. V. Sorber, J. G. Cunningham // *Journal of Experimental Social Psychology*. – 2007. – Vol. 43. – №. 2. – P. 287-294.
168. *Mulatti C.* What can we learn about visual attention to multiple words from the word–word interference task? / C. Mulatti, L. Ceccherini, M. Coltheart // *Memory & cognition*. – 2015. – Vol. 43. – №. 1. – P. 121-132.
169. *Mulatti C., Coltheart M.* Color naming of colored non-color words and the response-exclusion hypothesis: a comment on Mahon et al. and on Roelofs and Piai / C.

Mulatti, M. Coltheart // *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*. – 2013. – Vol. 52. – P. 120-122.

170. N400 ERPs for actions: building meaning in context / *Amoruso L. et al.* // *Frontiers in human neuroscience*. 2013. Vol. 7. P. 57. doi: 10.3389/fnhum.2013.00057

171. *Navarrete E.* The distractor frequency effect in the colour-naming Stroop task: An overt naming event-related potential study / *E. Navarrete et al.* // *Journal of Cognitive Psychology*. – 2015. – Vol. 27. – №. 3. – P. 277-289.

172. *Neill W. T.* Inhibitory and facilitatory processes in selective attention / *W. T. Neill* // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1977. – Vol. 3. – №. 3. – P. 444.

173. *O'Leary M. J., Barber P. J.* Interference effects in the Stroop and Simon paradigms / *M. J. O'Leary, P. J. Barber* // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1993. – Vol. 19. – №. 4. – P. 830.

174. *Parris B. A.* Task conflict in the Stroop task: When Stroop interference decreases as Stroop facilitation increases in a low task conflict context / *B. A. Parris* // *Frontiers in Psychology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1182.

175. *Peirce J. W.* PsychoPy—psychophysics software in Python / *J. W. Peirce* // *Journal of neuroscience methods*. – 2007. – Vol. 162. – №. 1-2. – P. 8-13.

176. *Perret P., Ducrot S.* Viewing-position effects in the Stroop task: Initial fixation position modulates Stroop effects in fully colored words / *P. Perret, S. Ducrot* // *Psychonomic bulletin & review*. – 2010. – Vol. 17. – №. 4. – P. 550-555.

177. *Posner M. I.* Attention and cognitive control / *M. I. Posner, C. R. Snyder, R. Solso* // *Cognitive psychology: Key readings*. – 2004. – Vol. 205.

178. *Posner M. I., Petersen S. E.* The attention system of the human brain / *M. I. Posner, S. E. Petersen* // *Annual review of neuroscience*. – 1990. – Vol. 13. – №. 1. – P. 25-42. doi:10.1146/annurev.ne.13.030190.000325, PMID

179. *Protopapas A.* Shape and color naming are inherently asymmetrical: Evidence from practice-based interference / *A. Protopapas et al.* // *Cognition*. – 2017. – Vol. 158. – P. 122-133.

180. *Protopapas A., Archonti A., Skaloumbakas C.* Reading ability is negatively related to Stroop interference / A. Protopapas, A. Archonti, C. Skaloumbakas // *Cognitive Psychology*. 2007. Vol. 54. No 3. Pp. 251-282
181. *Ray C.* The manipulation of color response times in a color-word interference task / C. Ray // *Perception & Psychophysics*. – 1974. – Vol. 16. – №. 1. – P. 101-104.
182. *Raz A.* Hypnotic suggestion and the modulation of Stroop interference / A. Raz et al. // *Archives of General Psychiatry*. – 2002. – Vol. 59. – №. 12. – P. 1155-1161.
183. *Redding G. M., Gerjets D. A.* Stroop effect: Interference and facilitation with verbal and manual responses / G. M. Redding, D. A. Gerjets // *Perceptual and Motor Skills*. – 1977. – Vol. 45. – №. 1. – P. 11-17.
184. *Roelofs A.* From Popper to Lakatos: A case for cumulative computational modeling / A. Roelofs // *Twenty-first century psycholinguistics: Four cornerstones*. – 2005. – Vol. 313. – P. 330.
185. *Roelofs A.* Goal-referenced selection of verbal action: modeling attentional control in the Stroop task / A. Roelofs // *Psychological review*. – 2003. – Vol. 110. – №. 1. – P. 88.
186. *Rosselli M.* Stroop effect in Spanish–English bilinguals / M. Rosselli et al. // *Journal of the International Neuropsychological Society*. – 2002. – Vol. 8. – №. 6. – P. 819-827.
187. *Ryan F.* Attentional bias and alcohol dependence: A controlled study using the modified Stroop paradigm / F. Ryan // *Addictive behaviors*. – 2002. – Vol. 27. – №. 4. – P. 471-482.
188. *Schmidt J. R.* Best not to bet on the horserace: A comment on Forrin and MacLeod (2017) and a relevant stimulus-response compatibility view of colour-word contingency learning asymmetries / J. R. Schmidt // *Memory & Cognition*. – 2018. – Vol. 46. – №. 2. – P. 326-335.

189. *Schmidt J. R.* Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review / J. R. Schmidt // *Psychonomic bulletin & review*. – 2019. – Vol. 26. – №. 3. – P. 753-771.
190. *Schmidt J. R., Besner D.* The Stroop effect: why proportion congruent has nothing to do with congruency and everything to do with contingency / J. R. Schmidt, D. Besner // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 2008. – Vol. 34. – №. 3. – P. 514.
191. *Schmidt J. R.* Is conflict adaptation an illusion? / J. R. Schmidt, W. Notebaert, E. V. D. Bussche // *Frontiers in Psychology*. – 2015. – Vol. 6. – P. 172.
192. *Schmidt J. R.* You can't Stroop a lexical decision: Is semantic processing fundamentally facilitative? / J. R. Schmidt, J. Cheesman, D. Besner // *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*. – 2013. – Vol. 67. – №. 2. – P. 130.
193. *Schmidt J. R.* Temporal learning and list-level proportion congruency: conflict adaptation or learning when to respond? / J. R. Schmidt // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8. – №. 11. – P. e82320.
194. *Schmidt J. R.* Is conflict adaptation an illusion? / J. R. Schmidt, W. Notebaert, E. V. D. Bussche // *Frontiers in Psychology*. – 2015. – Vol. 6. – P. 172.
195. *Schulz T.* Colour-Word-Interference: Why we should measure it with coloured keys. – 2017. URL: [https:// www.ruhr-uni-bochum.de/kognition-ako/cwi_neu2_short_APA_5_1.pdf](https://www.ruhr-uni-bochum.de/kognition-ako/cwi_neu2_short_APA_5_1.pdf) (дата обращения: 14.07.2017)].
196. *Sharma D.* Exploring the temporal dynamics of social facilitation in the Stroop task / D. Sharma et al. // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2010. – Vol. 17. – №. 1. – P. 52-58.
197. *Sharma D., McKenna F. P.* Differential components of the manual and vocal Stroop tasks / D. Sharma, F. P. McKenna // *Memory & Cognition*. – 1998. – Vol. 26. – №. 5. – P. 1033-1040.
198. *Shenhav A.* The expected value of control: an integrative theory of anterior cingulate cortex function / A. Shenhav, M. M. Botvinick, J. D. Cohen // *Neuron*. – 2013. – Vol. 79. – №. 2. – P. 217-240.

199. *Shiffrin R. M., Schneider W.* Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory / R. M. Shiffrin, W. Schneider // *Psychological review*. – 1977. – Vol. 84. – №. 2. – P. 127.
200. *Shipstead Z., Broadway J. M.* Individual differences in working memory capacity and the Stroop effect: Do high spans block the words? / Z. Shipstead, J. M. Broadway // *Learning and Individual Differences*. – 2013. – Vol. 26. – P. 191-195.
201. *Sobel K. V.* Visual search inverts the classic Stroop asymmetry / K. V. Sobel, A. M. Puri, A. K. York // *Acta psychologica*. – 2020. – Vol. 205. – P. 103054.
202. *Spalek K., Damian M.* Picture-word interference with masked and visible distractors: Different types of semantic relatedness inhibit lexical selection / K. Spalek, M. Damian // *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. – 2013. – Vol. 35. – №. 35.
203. *Spatola N. et al.* Improved cognitive control in presence of anthropomorphized robots / N. Spatola et al. // *International Journal of Social Robotics*. – 2019. – Vol. 11. – №. 3. – P. 463-476.
204. *Spieler D. H.* Levels of selective attention revealed through analyses of response time distributions / D. H. Spieler, D. A. Balota, M. E. Faust // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 2000. – Vol. 26. – №. 2. – P. 506.
205. *Stafford T., Gurney K. N.* Additive factors do not imply discrete processing stages: a worked example using models of the Stroop task / T. Stafford, K. N. Gurney // *Frontiers in Psychology*. – 2011. – Vol. 2. – P. 287.
206. *Starodubtsev A. S., Allakhverdov M.V.* / Stroop Effect: Conflict Detection and Control Strategy Factors [text] // *Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics: Proceedings of the 9th International Conference on Cognitive Sciences, Intercognsci-2020, October 10-16, 2020, Moscow, Russia*. – Springer Nature, 2021. – T. 1358.
207. *Starreveld P. A., La Heij W.* Picture-word interference is a Stroop effect: A theoretical analysis and new empirical findings / P. A. Starreveld, W. La Heij // *Psychonomic bulletin & review*. – 2017. – Vol. 24. – №. 3. – P. 721-733.

208. *Steinhauser M., Hübner R.* Distinguishing response conflict and task conflict in the Stroop task: evidence from ex-Gaussian distribution analysis / M. Steinhauser, R. Hübner // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 2009. – Vol. 35. – №. 5. – P. 1398.
209. *Stirling N.* Stroop interference: An input and an output phenomenon / N. Stirling // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology.* – 1979. – Vol. 31. – №. 1. – P. 121-132.
210. *Stroop J. R.* Studies of interference in serial verbal reactions / J. R. Stroop // *Journal of experimental psychology.* – 1935. – Vol. 18. – №. 6. – P. 643.
211. *Sugg M. J., McDonald J. E.* Time course of inhibition in color-response and word-response versions of the Stroop task / M. J. Sugg, J. E. McDonald // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* – 1994. – Vol. 20. – №. 3. – P. 647.
212. *Székely M., Michael J.* The Sense of Effort: a Cost-Benefit Theory of the Phenomenology of Mental Effort / M. Székely, J. Michael // *Review of Philosophy and Psychology.* – 2020. – P. 1-16.
213. *Valle-Inclán F.* The locus of interference in the Simon effect: An ERP study / F. Valle-Inclán // *Biological Psychology.* – 1996. – Vol. 43. – №. 2. – P. 147-162.
214. *Van De Meerendonk N.* Monitoring in language perception: mild and strong conflicts elicit different ERP patterns / N. Van De Meerendonk et al. // *Journal of cognitive neuroscience.* – 2010. – Vol. 22. – №. 1. – P. 67-82.
215. *van Maanen L.* Stroop and picture—word interference are two sides of the same coin / L. van Maanen, H. van Rijn, J. P. Borst // *Psychonomic bulletin & review.* – 2009. – Vol. 16. – №. 6. – P. 987-999.
216. *Van Veen V., Carter C. S.* Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: a functional MRI study / V. Van Veen, C. S. Carter // *Neuroimage.* – 2005. – Vol. 27. – №. 3. – P. 497-504.

217. *Verguts T., Notebaert W.* Adaptation by binding: A learning account of cognitive control / T. Verguts, W. Notebaert // Trends in cognitive sciences. – 2009. – Vol. 13. – №. 6. – P. 252-257.
218. *Virzi R. A., Egeth H. E.* Toward a translational model of Stroop interference / R. A. Virzi, H. E. Egeth // Memory & cognition. – 1985. – Vol. 13. – №. 4. – P. 304-319.
219. *Wagenmakers E. J., S. Brown* On the linear relation between the mean and the standard deviation of a response time distribution / Wagenmakers E. J., Brown S. // Psychological review. – 2007. – Vol. 114. – №. 3. – P. 830.
220. *Williams E.* The effects of amount of information in the Stroop color word test / E. Williams // Perception & Psychophysics. – 1977. – Vol. 22. – №. 5. – P. 463-470.
221. *Zahedi A.* Eliminating stroop effects with post-hypnotic instructions: Brain mechanisms inferred from EEG / A. Zahedi et al. // Neuropsychologia. – 2017. – Vol. 96. – P. 70-77.
222. *Zhou X.* Chinese kindergartners' automatic processing of numerical magnitude in Stroop-like tasks / X. Zhou et al. // Memory & cognition. – 2007. – Vol. 35. – №. 3. – P. 464-470.

Appendix

List of images⁸⁸ used in 2.5

For the experiments described in paragraph 3.2:

Pictures: orange, watermelon, binoculars, fan, nail, pear, lighter, lock, pencil, key, ring, candy, lemon, hammer, carrot, soap, scissors, sock, cucumber, glasses, pen, pillow, button, belt, backpack, boot, candle, violin, plate, axe, iron, hat, chess, hat, syringe, apple

For the experiments described in paragraph 3.3:

Experiment 1 (pictures): orange, watermelon, binoculars, fan, nail, pear, lighter, lock, pencil, key, ring, candy, lemon, hammer, carrot, soap, scissors, sock, cucumber, glasses, pen, pillow, button, belt, backpack, boot, candle, violin, cymbal, axe, iron, hat, chess, hat, syringe, apple.

Experiment 2 (pictures): watermelon, binoculars, nail, pear, lighter, lock, pencil, ring, candy, lemon, carrot, scissors, sock, cucumber, glasses, pen, pillow, button, belt, backpack, boot, candle, violin, plate, iron, chess, hat, apple.

For the experiments described in paragraph 3.5:

Pictures: pineapple, watermelon, banana, battery, fan, fan, scale, fork, nail, globe, pear, calculator, pencil, kiwi, keyboard, strawberry, key, coconut, envelope, candy, sneaker, watering can, lemon, raspberry, microscope, hammer, soap, mouse trap, scissors, notebook, fire extinguisher, cucumber, glasses, feather, pizza, pillow, printer, button, comb, belt, rice, shirt, backpack, boot, candle, rolling pin, frying pan, paperclip, violin, match, plate, grater, axe, iron, hair dryer, camera, t-shirt, hat, scarf, chess, hat, syringe, corkscrew, apple.

⁸⁸ You can request access to the images themselves at <https://sites.google.com/site/bosstimuli/>. The results of the adaptation of the images was published (Sopov, Starodubtchev, Miroshnik, 2019) can be found on the website of the Journal of the Graduate School of Economics (<https://psy-journal.hse.ru/additionalmaterials>). See list of distractions in the Russian version of this paper.