

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. К.А. Бронникова о диссертационной работе Красникова Сергея Владиленовича «**Пространства-времени с нестандартными причинными свойствами**», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Диссертационная работа С.В. Красникова посвящена исследованию одной из самых сложных и интересных проблем современной теоретической физики, проблеме возможных нарушений причинности в физическом пространстве-времени. Проблема возникла с появлением общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна, так как довольно быстро стало ясно, что искривление пространства-времени, отождествляемое с гравитационным полем, может быть весьма сильным и, в частности, иметь вид «ручек» или «мостов», соединяющих отдаленные области Вселенной, и позднее получивших название кротовых нор – а через них могут проходить замкнутые причинные траектории. Обсуждение этой проблематики активизировалось с появлением работ Торна с соавторами в 1988-89 годах, и до настоящего времени поток соответствующих публикаций не уменьшается. В последние годы появились работы, анализирующие потенциально наблюдаемые астрофизические проявления кротовых нор; с другой стороны, не спадает интерес к причинным свойствам пространства-времени. Всё это, а также принципиальный характер данной темы, говорит о ее несомненной **актуальности**.

Диссертация объемом в 256 страниц состоит из введения, 9 глав, заключения, приложения и списка литературы. Во Введении дается характеристика современного состояния рассматриваемых проблем, формулируются цели и задачи работы, перечислены основные положения, выносимые на за-

щиту. Главы 1 и 2 носят в основном подготовительный характер и содержат сведения из дифференциальной геометрии и релятивистской физики, необходимые для понимания последующего материала. Вводится ряд понятий, используемых в дальнейшем, такие, например, как понятия совершенной простоты множеств, внутренней глобальной гиперболичности, локальности тех или иных свойств пространства-времени и его подмножеств и т.д.. В главе 2 содержатся и некоторые новые результаты, связанные с проблемой скорости передачи информации посредством геометрии (гравитации) и полученные с помощью строго введенного автором полезного понятия альтернативы. Основной вывод заключается в том, что в теориях, которые по понятным критериям можно считать приемлемыми, никакой сигнал, включая гравитационный, не может передаваться со скоростью выше световой.

В главах 3-5 доказан ряд теорем и сформулированы важные выводы в рамках классической теории гравитации. В главе 3 введено, обсуждается и используется понятие лаза, обобщающее разные варианты нарушения обычным образом понимаемой причинности в классическом пространстве-времени – кротовой норы, «двигателя» Алькубьерре и трубы Красникова, т.е. предложенной самим автором особой геометрической конструкции. В главе 4 вводится понятие машины времени как пространства-времени, содержащего замкнутые мировые линии массивных частиц или фотонов, после чего излагаются результаты, относящиеся к её специальным разновидностям, включая, в частности, кротовые норы и полученные автором модификации известного пространства Мизнера. Здесь же получен один из важных и интересных результатов – приведена конструкция машины времени, лишенная таких недостатков как наличие сингулярности, потребность в экзотическом веществе и т. наз. «опасные» геодезические (траектории, при движении по которым частица набирала бы неограниченную энергию). В главе 5 формулируется и доказывается одно из центральных утверждений диссертации – теорема, физический смысл которой есть утверждение о невозможности построить машину времени в рамках классической ОТО и её модификаций, связанных с введе-

нием дополнительных локальных условий. Впрочем, теорема запрещает не существование машин времени, а только их создание.

Главы 6-9 посвящены квантовым эффектам в физике лазов и машин времени в полуклассической постановке задачи (гравитационное поле остается классическим). В этой части работы весьма важен критический анализ методов расчетов и оценок, описываемых в литературе. Так, доказана некорректность «метода изображений», применяемого рядом авторов для расчета квантовых средних тензора энергии-импульса. Показано, что т. наз. «квантовое неравенство» - условие, приводящее к сильно завышенным оценкам отрицательных энергий, необходимых для построения различных лазов, достаточно легко обходится при вполне естественных предположениях. В главе 8 построен пример пустой сферически симметричной кротовой норы. В предположении слабости соответствующих квантовых поправок исследуется испарение такой норы, и оказывается, что в некотором диапазоне параметров кротовая нора становится проходимой на макроскопическое (хотя и малое) время. Фактически показывается, что «вечная» шварцшильдовская черная дыра, которая могла возникнуть вместе с остальной Вселенной, в некоторый период своего существования за счет квантовых эффектов может вести себя как проходимая кротовая нора. В главе 9 на конкретном примере показано существование в пространстве-времени, содержащем машину времени, таких квантовых вакуумов, которые не приводят к расходимости плотности энергии на горизонте Коши, следовательно, неверен вывод некоторых авторов о неизбежной квантовой неустойчивости машины времени.

В Заключение сформулированы основные выводы диссертации.

Один из наиболее существенных выводов автора – возможность существования машины времени, лишённой известных патологий, часто присущих таким пространствам-временам: «опасных» геодезических, сингулярностей и необходимости в нарушении слабого энергетического условия.

Диссертация свидетельствует о высокой научной квалификации автора. С.В. Красников рассматривает весьма сложные и принципиальные проблемы

и добивается существенного прогресса в их понимании. Сделанные в диссертации выводы являются **новыми, хорошо обоснованными и достоверными**, о чём свидетельствует не только надежность применяемых математических методов и отличное владение ими со стороны автора, но и широкая апробация полученных результатов в виде докладов на многочисленных научных семинарах и конференциях и публикации в ряде престижных международных журналов.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что полученные в ней результаты существенно улучшают наше понимание вопросов о возможности существования в природе таких явлений как нарушения причинности и сверхсветовые перемещения, а также о перспективах их практического использования, пусть и в отдаленном будущем. Многие из полученных результатов наверняка попадут в университетские учебные курсы по теоретической физике.

Вместе с тем работа С.В. Красникова заслуживает некоторых критических замечаний. Так, например, в диссертации отсутствует упоминание об интересных пространственно-временных конструкциях Ж. Клемана из космических струн, имеющих прямое отношение к проблематике диссертации. Текст местами труден для понимания из-за ссылок на положения из других глав без необходимых пояснений. Помимо опечаток, которые, очевидно, неизбежны в столь объемном труде, к сожалению, есть немало ошибок в пунктуации (например, игнорирование причастных оборотов), что порой затрудняет понимание смысла сказанного.

Впрочем, все такие замечания носят частный характер и совершенно не снижают ценности полученных результатов.

Публикации по теме диссертации включают 20 статей в журналах, входящих в перечень ВАК, и 9 статей в других изданиях. Автореферат диссертации верно и достаточно полно отражает ее содержание. Необходимо отметить тот редкий факт, что все работы написаны без соавторов, так что стопроцентный **личный вклад** диссертанта не может вызывать сомнений.

Все сказанное позволяет заключить, что диссертация «**Пространства-времени с нестандартными причинными свойствами**» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеющую весьма существенное значение для теоретической физики, и соответствует требованиям действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ. Более того, считаю, что научный уровень этой работы заметно превышает даже достаточно высокий средний уровень защищаемых в России докторских диссертаций по теоретической физике. Автор диссертации Красников Сергей Владиленович безусловно заслуживает присуждения ему искомой ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник ВНИИМС
Бронников Кирилл Александрович
E-mail: kb20@yandex.ru

ФГУП «ВНИИМС» - Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы, 119361, Москва, Озёрная ул., 46, тел. (495) 437 55 77

Подпись К.А. Бронникова удостоверяю:



Лавров ОК Матвеев О.К

09.12.2014