5УДК 524.834

Эффекты распространения света на большие расстояния

В. И. Неудахин

Представлена простая модель Вселенной, которая является частью четырехмерного, изотропного, безграничного, пространства. Это пространство имеет евклидову метрику, но в некоторой, возмущенной, области пространства (собственно нашей Вселенной) формируются условия, переводящие евклидово пространство в пространство Минковского. Из представленной модели становится понятным, почему время является особым, однонаправленным вектором. Из модели следует простое объяснение тому, почему скорость света не может складываться не с какой другой скоростью, а также, почему частицы, двигающиеся со скоростью света, не имеют массу покоя. Из модели становится понятным, какие физические процессы стоят за математическим формализмом, описывающим участие бозона Хигса в обретении частицами массы. В рамках модели, зависимость светимости сверхновых типа Ia от параметра z прекрасно согласуется с наблюдательными данными, является простой и естественной, без введения такого понятия как ускоренное расширение Вселенной. Согласно модели, время существования Вселенной - 14.4 млд лет. Из модели следует, что радиус последнего рассеивания существенно превышает ранее принятую величину и составляет ~ 14000000 лет.

PACS: 90. 04

.

# 1. Введение

Все разделы науки физики пронизаны понятием скорости света. В частности, инвариантность скорости света заложено в основу специальной теории относительности (СТО) и общей теории относительности (ОТО). Фактически, в СТО исследователи, используя математический аппарата, отвечают на вопрос: что будет, если скорость передачи сигнала будет конечной, фиксированной и одинаковой во всех системах отсчета. В то же время, до сих пор нет ответа на вопрос, какие объективно существующие свойства окружающего мира ответственны за это.

Согласно имеющимся научным представлениям, свойства света играют основную роль и в установлении геометрии реального физического пространства1. Однако, такое высказывание является справедливым, если геометрия пространства-времени, в свою очередь, не влияет на параметры распространения света, или если имеется возможность учитывать это влияние.

Знание особенностей распространения света, в том числе и на большие астрономические расстояния, является весьма насущным для астрономии, так как эта наука в значительной степени построена на результатах анализа поступающих из космоса электромагнитных колебаний. И если имеющиеся данные о характере распространения этих колебаний являются приемлемыми для исследования объектов, расположенных на близких астрономических расстояниях, то справедливость их применения к объектам, расположенным на больших расстояниях, в настоящее время, вызывает сомнения.

В настоящее время имеются разные модели пространства-времени, которые, тем ни менее не дают ответа на ряд вопросов:

- почему скорость света является инвариантом;

- почему частицы, перемещающиеся со скоростью света, не имеют массу покоя;

- какие физические причины лежат в основе нелинейности пространства-времени в

нашей Вселенной.

Наиболее проработанными и признаваемыми в настоящий момент, являются модели, в которых наша Вселенная, пространство и время возникли в момент Большого взрыва2. Уже в своем первоначальном виде, эти модели имели несоответствие с наблюдательными данными по времени жизни Вселенной, а потом добавилось несоответствие с наблюдательными данными по светимости сверхновых типа Ia. Эти несоответствия были устранены введением подгоночного параметра, в рамках λCDM- модели. Следствием такого подход появилась необходимость признать, что расширение Вселенной на последнем этапе своего развития является ускоренным. А это, в свою очередь, потребовало введение нового понятия “темная энергия”. Однако, как будет показано ниже, несоответствие наблюдательных данных и модели, о которой было сказано выше, скорее всего, вызваны неадекватностью модели Вселенной и реальности.

Обычно предполагается, что сигнатура пространства-времени является его неотъемлемым физическим свойством. Однако, в ряде работ 3,4 высказываются гипотезы о существовании состояний физического континуума, включающих области с различной сигнатурой метрики. В частности, Я.Б. Зельдович4 высказал гипотезу о множественном образовании замкнутых Вселенных из первичного пустого мира Минковского.

В предлагаемой здесь работе также рассматривается модель замкнутой Вселенной, обладающей неевклидовой метрикой, но размещенной в евклидовом пространстве.

# 2. МОДЕЛЬ

Представленная здесь модель основывается на предположение, что пространство четырехмерно. Оно безгранично, изотропно, имеет евклидову метрику. Этому пространству присущи некоторые физические свойства, в том числе и структурность. Структурные элементы пространства обладают ограниченной подвижностью, подобно атомам в кристалле и инерцией. Вследствие этого в пространстве могут возникать и распространяться волны плотности. Волны плотности самого пространства, а не вещества, помещенного в пространство. Такое пространство можно описывать скалярным полем плотности, векторным полем скоростей и, следовательно, характеризовать его как физическую среду. То есть, в данной модели речь идет не о физической среде, вложенной в пространство, а о том, что само пространство обладает свойствами физической среды. Как следствие, пространство может быть подвержено деформации: сжатию, растяжению.

Предположение о структурности пространства имеет самый общий характер и не накладывает ограничений на характер структуры. Это может быть 4-решетка, 4-идеальная жидкость5 и т.д.

В данной модели также высказывается предположение, что наша Вселенная является выделенной областью этого 4-х мерного пространства. И в этой выделенной области реализуется пространство Минковского.

Такое возможно, если в пространстве, которое обладает свойствами физической среды, из области затравочной неоднородности концентрически распространяются волны возбуждения пространства.

Для такого предположения есть основание. Известно решение задачи с начальными затравочными значениями для трехмерного волнового уравнения6. Это решение толкуется следующим образом: по истечении некоторого времени область с начальным, затравочным возбуждением трансформируется в некий трехмерный шаровой слой, в котором сосредоточены все волновые процессы. Решение имеет четкий внешний и внутренний волновые фронты. За пределами шарового слоя, как снаружи его, так и внутри, существуют области покоя.

В данной работе предполагается, что распространение возбуждения в 4-х мерном пространстве приведёт к результатам подобным тем, что и для трёхмерного пространства: будут существовать внешний и внутренний волновые фронты, с тем отличием, что «поверхностный» слой, заключённый между этими фронтами, будет четырёхмерный. А за пределами этого слоя будут области покоя.

Этот тонкий шаровой четырехмерный слой и есть наша Вселенная. Все волновые процессы сосредоточены именно в этом узком слое. Передний фронт и задний фронт слоя ограничивают нашу Вселенную от остального 4-х мерного пространства. Учитывая, что пространство, по определению, является эвклидовым и однородным, передний и задний фронты являются гиперсферами, а центр расширения шарового слоя (нашей Вселенной) должен лежать вне шарового слоя, то есть за пределами нашей Вселенной.

Назовем для краткости этот шаровой четырехмерный слой Н–слоем. Сам Н–слой и есть наша Вселенная.

Важным является то, что расширение Вселенной происходит не за счет растягивания самого пространства-времени7, а является следствием расширения области, которую занимает наша Вселенная в бесконечном пространстве. Подобно звуковым волнам в твердом теле или жидкости, здесь нет переноса материала пространства, осуществляется только движение возмущенной области.

Модель не оговаривает, какого рода была затравочная неоднородность. В данной статье рассматриваются только характер расширения Вселенной и особенности распространения света, поэтому этапы развития Вселенной до времени последней рассеяния не принимаются во внимание.

Учитывая, что свободное 4-х мерное пространство, по определению, является однородным и эвклидовым, двумерным сечением нашей Вселенной (двухмерным сечением 4-х мерного шарового слоя, ограниченного двумя гиперсферами) плоскостью, проходящей через геометрический центр расширения, является кольцо. На (рис. 1а) это кольцо показано для двух моментов времени t1 и t2.

Ширина кольца ограничена двумя движущимися фронтами: передним фронтом *FF* и задним фронтом *FB*. На рис. 1а, на момент времени t1, передний фронт и задний фронты нашей Вселенной обозначены как *F****F(t1),*** *F****B(t1)*** соответственно***,*** а на момент времени t2, как *F****F(t2)*** и *F****B(t2)*** соответственно.

Так как расширение Вселенной идет радиально от центра и равномерно во времени, то расстояние между событием, обозначенным точкой *A(t1)* и событием, обозначенным точкой *A(t2)* характеризует длительность времени между этими событиями, а направление вектора **T1** соответствуетнаправлению вектора времени в точке *A*.

Точно также, расстояние между событием, обозначенным точкой *B(t1)* и событием, обозначенным точкой *B(t2)* характеризует длительность времени между этими событиями, а направление вектора **T2** соответствуетнаправлению вектора времени в точке *B*.

Отсюда следует, что вектора времени в двух различных точках нашей Вселенной всегда неколлинеарны. На небольших расстояниях, учитывая большие размеры Вселенной, влияние этого эффекта на характер распространения света может быть незаметно, но на больших астрономических расстояниях этот эффект, как это будет показано ниже, становится весьма существенным.

Так как вектор времени в любой не возмущенной точке Вселенной направлен по лучу от геометрического центра расширения Вселенной и по нормали к линии фронта, то пространственная координата, которая должна быть перпендикулярной временной координате, должна совпадать с касательной к движущемуся фронту. А с учетом малой кривизны Вселенной можно говорить, что пространственная координата совпадает с линией движущегося фронта.

Распространение сигнала будет рассмотрено в предположении, что пространство обладает свойствами подобными тем, которые имеет кристаллическая решетка, а затем будет показано, что полученные результаты, с очень небольшими изменениями, можно распространить на пространство, обладающее свойствами жидкости.

Обычно, когда возникает предположение, что пространство-время является некоторым аналогом твердого тела, следует возражение, что в твердых телах поперечные волны не распространяются, в то время как электромагнитные колебания имеют поперечный характер.

Оговаривая принципиальную возможность передачи электромагнитной энергии поперечными волнами, можно указать, например, что волны типа Лява [8] имеют поперечный характер распространения. Эти волны распространяются на границе раздела двух твердых тел или в тонких слоях твердых тел. У этих волн упругая деформация представляет собой чистый сдвиг.

Кроме того, структура пространства-времени пока не известна, но можно допустить (отталкиваясь от того факта, что электромагнитные волны имеют поперечный характер), что структура его такова, что допускает, или даже требует именно поперечный характер волн. Например, решетка пространства может быть образована объектами, длина которых много больше её толщины (струны). Эти объекты соединены в узлах, образуя решетку, что обеспечивает связность пространства.

В силу тех особенностей, о которых говорилось выше, характеры распространения сигнала в свободном пространстве и внутри Н-слоя должны сильно различаться.

## 2.1. Распространение сигнала в свободном пространстве

Так как свободное 4-х мерное пространство обладает свойствами физической среды, однородно и изотропно, распространение сигнала в таком свободном (за пределами H-слоя) 4-х мерном пространстве подобно распространению звуковых волн в идеальном кристалле или идеальной жидкости. Важно отметить, что скорость распространения сигнала, независимо от того продольная это волна или поперечная не может превышать своего фиксированного значения, определяемого физическими параметрами 4-х мерного пространства. По аналогии со скоростью распространения звука в твердом теле, скорость распространения сигнала должна быть функцией упругости пространства. Эта скорость равна скорости света. Под скоростью света здесь и в дальнейшем понимается скорость света в вакууме.

Отсюда следует, что скорость движения расширяющихся фронтов равна скорости света, а величина, которая в научной литературе известна, как временной масштаб, на самом деле является возрастом нашей Вселенной. При величине постоянной Хаббла *H* = 73 км/с на мегапарсек время существования нашей Вселенной (*T0*) составляет 14,4 млрд. лет. Такой результат хорошо согласуется с известными наблюдательными данными.

## 2.2. Свойства Н-слоя

На рис. 1в представлен участок двумерного сечения Н-слоя. Н-слой отделен от свободного пространства передним фронтом *FF* и задним фронтом *FB*.

Так как расширение 4-х мерного шарового слоя является распространением волн упругой деформации по решетке пространства, то, как и у всякой волны, здесь должны присутствовать две области: область сжатия и область растяжения. На рис.1в эти области обозначены эпюрами разнонаправленных напряжений. Области разделены некоторой условной границей О-О. Вблизи условной границы О-О напряжения решетки пространства минимальны и, следовательно, элементы пространства здесь квазисвободны.

В переходной области, примыкающей к переднему фронту *FF,* напряжения в решетке пространства нарастают от своего минимального значения вблизи границы О-О до максимального значения вблизи *FF .* А подвижность элементов решетки в этой области, соответственно, уменьшается при приближении к *FF* .

Точно также, в переходной области, примыкающей к заднему фронту *FB,* напряжения в решетке пространства нарастают от своего минимального значения вблизи границы О-О до максимального значения вблизи *FB.* А подвижность элементов решетки в этой области, соответственно уменьшается при приближении к *FB* .

На самих фронтах *FF*  и *FB*, в областях максимального сжатия и максимального растяжения, элементы решетки находятся в своих крайних положениях и лишены подвижности. Следовательно, они не могут передавать колебания дальше, и являются физическими ограничителями для распространения всякого рода волн (сигнала) за пределы Н-слоя.

В переходных областях, на участках вблизи О-О области, подвижность элементов пространства достаточная для частичного проникновения объектов микромира в эти области.

Таким образом, изотропность пространства внутри H-слоя нарушается. Фактически, в этом случае можно говорить об искривлении пространства. При этом подвижность элементов пространства приближается к нулю вблизи фронтов и максимальна в середине H-слоя. Подобное свойство пространства характерно для геометрии пространства Минковского.

2.3. Перемещение объектов микромира внутри Н-слоя

Как будет показано ниже, объекты микромира, по характеру перемещения в Н–слое, должны быть разделены на две группы. К первой группе относятся частицы, которые имеют радиальную составляющую скорости перемещения (вдоль вектора времени) меньше скорости движения фронта расширяющейся Вселенной. Напомним, что скорость движения фронта равна скорости света.

Ко второй группе относятся частицы, у которых радиальная составляющая скорости перемещения равна скорости света.

*2.3.1. Перемещение объектов микромира, у которых радиальная составляющая скорости меньше скорости света.*

В этом случае задний фронт Н-слоя должен «догнать» частицу и с ней взаимодействовать.

Характер взаимодействия можно проиллюстрировать методом, который в свое время использовал А. Эйнштейн для пояснения искривления пространства-времени под действием массивного тела. Тогда на натянутую резиновую мембрану помещались металлические шарики, которые под действием гравитации продавливали мембрану, изменяя ее кривизну.

В нашем случае место мембраны занимает задний фронт *FB* вместе со своей переходнойобластью. Вместо гравитации действует давление, оказываемое на частицу движущимся задним фронтом *FB*.

Так как в части переходной области, примыкающей к заднему фронту, элементы пространства обладают некоторой подвижностью, частица будет «вдавлена» в переходную область в направлении противоположном направлению расширения Вселенной. На рис. 2 показано положение заднего фронта *FB* для двух моментов времени: t1 и t2. Этофронты *FB*(t1)и *FB*(t2), соответственно. А также показано положение частицы Q, движущейся вдоль линии фронта (вдоль оси **X**), для этих двух моментов времени: Q(t1) и Q(t2). Частица внедрена в переходную область заднего фронта. Переходная область фронта в месте нахождения частицы Q локально искривлена и, следовательно, частица находится в энергетической яме. Чем больше глубина проникновения частицы в переходную область, тем больше должно быть затрачено энергии для начала движения частицы вдоль пространственной координаты. Понятно, что искривление пространства между двумя частицами, как и в случае с резиновой моделью, приведет к взаимному встречному движению частиц. Таким образом, погружение частицы в переходную область (энергетическую яму) наделяет частицу свойствами, которые обозначаются как масса частицы, а деформация фронта, (деформация пространства, окружающего частицу) порождает явление, называемое гравитацией.

Постоянное расширение Вселенной и, следовательно, постоянный процесс увеличения линии фронта должен сопровождаться уменьшением удельной энергии в любой точке фронта. Это, в свою очередь, должно приводить к уменьшению жесткости фронта. Таким образом, механизм массообразования, который следует из предложенной модели, дает основание предполагать, что массовые и гравитационные характеристики должны изменяться в процессе развития Вселенной.

В целом, как это следует из вышесказанного, движение частицы вдоль пространственных координат фактически является движением по поверхности (трехмерной поверхности) заднего фронта расширяющейся Вселенной.

Становится наглядным известное положение СТО о том, что только безмассовые частицы (не взаимодействующие с движущимся задним фронтом) могут двигаться со скоростью света. Хотя более правильным (с позиции причина – следствие) является другое утверждение: только та частица, которая движется со скоростью света, не имеет массу покоя.

Из представленной выше модели становится понятным, что за математическим формализмом, описывающим участие бозона Хигса в обретении частицами массы, стоит процесс взаимодействия (деформации) переходной области заднего фронта и частицы за счет давления фронта на частицу и частичного внедрения частицы в эту область.

Подробное рассмотрение передвижения частиц, обладающих массой покоя, выходит за рамки данной статьи. Здесь можно только отметить, что такая модель согласуется с положениями СТО. В этом, в частности, можно убедиться, рассмотрев, перемещение некоторой частицы внутри H – слоя. Например, перемещение частицы Q из положения Q(t1) в положение Q(t2) (рис. 2). Вектор **S** перемещения частицы является суммойвекторов **St** и **Sx**, которые соответственно являются временной и пространственной составляющими вектора **S**.

Расстояние Sx, на которое переместится частица, двигающаяся вдоль пространственной оси **X** со скоростью **v**, в течение отрезка времени **t**, будет равноSx **= v \*t**. Вместе с тем, частица, увлекаемая фронтом, движущимся со скоростью **c**, переместится вдоль вектора времени **T**. В этом случае речь идет о равномерном перемещении фронта (вместе с частицей) в изотропном пространстве. Следовательно, расстояние St = с\*T, где T – отрезок времени, за которое фронт переместиться из положения, соответствующему времени **t1**,в положение**,** соответствующему времени  **t2**.

Учитывая тот факт, что предельное значение скорости распространения сигнала равно скорости света, модуль вектора S должен быть равен S = c \* **t**.

Модули векторов **S**, **St** и **Sx** связаны между собой правилом прямоугольного треугольника: (S)2 = (St)2 + (Sx)2. Выразив параметры, входящие в это соотношение через время и скорости, получим хорошо известное выражение:

(с \* **t)2** = (с \* T) **2** + (**v \* t) 2**

Отсюда не трудно найти значение для времени перемещения **t =** T**/**

Используемый здесь вывод формулы для времени перемещения похож на тот, который применяется в широко известном мысленном эксперименте со световыми часами. Однако, эксперимент со световыми часами пригоден только для того случая, когда движение фотона в световых часах осуществляется перпендикулярно направлению движения часов. Из предлагаемой модели становится понятным, что полученный результат пригоден для любой ориентации направления движения объекта. И, следовательно, эта модель в полной мере соответствует положениям СТО.

*2.3.2. Перемещение объектов*, у которых радиальная составляющая скорости перемещения равна скорости света.

Для описания распространения света обычно используется понятие светового конуса в пространстве Минковского. В данной статье, для большей наглядности будет рассматриваться распространение света в двумерном пространстве Минковского.

На плоскости Минковского гиперболический конус вырождается в две пересекающиеся прямые линии, одной из которых соответствует уравнение: x2 – t2 = 0.

Применительно предлагаемой модели x – линия распространяющегося фронта; t – время, вектор которого перпендикулярен линии фронта в данной точке.

То, что распространение света в пространстве Минковского описывается прямой линией, в представленной модели означает, что фотон должен перемещаться в середине H–слоя, где находится некоторый, узкий участок с не искривленной решеткой пространства и с квазисвободными элементами пространства. Пространство на этом участке должно быть изотропно, так как |x| = |t|. В рассматриваемой модели это условие выполняется, так как подвижность элементов решетки в середине H–слоя, на узком его участке, высокая. Фактически, во все время своего движения фотон, перемещаясь синхронно с движением фронтов, не выходит за пределы тонкого слоя вблизи О-О области. А в этой области сохраняются условия свободного 4-х мерного пространства, обладающего евклидовой метрикой (решетка пространства не искажена, а элементы пространства имеют высокую подвижность). Чтобы синхронность движения фотона и фронта выполнялась, угол между вектором вылета фотона и вектором времени в точке вылета должен составлять 45 градусов. Это находится в соответствии с положениями СТО: угол светового конуса равен 45 градусов, так как |x| = |t|, а полная энергия частицы с ненулевой массой покоя в собственной системе отсчета равна, а не  как должно быть, если вся энергия частицы переходит в кинетическую энергию разлетающихся фотонов.

# 3. Распространение света на большие расстояния

Исходя из изложенного в разделе 2, возможны два альтернативных варианта движения фотона.

1. Вылетев под углом 45О к вектору времени, фотон и дальше, двигаясь в свободном 4-х мерном пространстве, на протяжении всего своего пути, сохраняет прямолинейное движение. В этом случае, угол между вектором вылета фотона и вектором времени в точке вылета должен сохраняться на протяжении всей траектории движения фотона, а угол между вектором движения фотона и вектором времени в точке нахождения фотона, будет уменьшаться по мере движения фотона.

Здесь важно отметить, что двигаясь прямолинейно в 4-х мерном пространстве, фотон все время остается в 2-х мерной плоскости (пространство-время). Следовательно, траектория фотона должна лежать в плоскости сечения, как это представлено на рис. 3. Траектория распространения фотона в этом случае является прямой линией, в 4-х мерном евклидовом пространстве.

2. Угол между вектором движения фотона и любым вектором времени, который этот фотон пересекает, всегда остается равным 45 градусов.

Ниже рассмотрены оба эти варианты распространения света.

3.1. Прямолинейное распространение светав 4-х мерном пространстве



Наиболее удобным для описания распространения света на большие расстояния является использование базиса, помещенного в 4-х мерное пространство, в точку, являющуюся геометрическим центром расширяющейся Вселенной. В данном случае помещение базиса в точку, не принадлежащую нашей Вселенной (Н–слою), является обоснованным, так как сам Н–слой принадлежит 4х мерному пространству.

На рис. 3 показана часть (сектор) двумерного сечения нашей расширяющейся Вселенной. Отрезки дуг соответствуют разным моментам времени, отстоящим друг от друга на условную величину 0.1. За единицу принимается время с начала формирования Вселенной по настоящий момент.

Рассмотрим, из каких точек пространства-времени должен вылететь фотон, распространяющийся прямолинейно, чтобы сигнал попал наблюдателю, находящемуся в современный момент (*t* = 1.0), в точке *B*, на векторе времени **T3**. Этому условию соответствует, например, точка *A*, так как направление вылета фотона из точки *A* под углом 45° к вектору времени **T1**, на котором находится эта точка,совпадает с направлением, необходимым, чтобы попасть в точку *B*. Таким же условиям соответствует точка *C*, находящаяся на векторе времени **T2**. Этим условиям соответствуют и бесконечное множество других точек, которые образуют некую гиперповерхность вращения, двухмерное сечение которой обозначено на рисунке двумя последовательностями точек слева и справа от вектора времени **T3**.

Понятно, что с увеличением угла θ между вектором **T3** и любым другим вектором, для того чтобы фотон попал в точку *B*, точка вылета сдвигается все глубже и глубже по времени. Так вектору **T2** (θ = 15°)соответствует точка *C* и время *t* = 0.7. Вектору **T1** (θ = 24°)соответствует точка *A* и время *t* = 0.5. Вектора **TL** и **TR**,отстоящие от вектора **T3** на угол θ = 45°, являются векторами времени, вылетев из которых фотон не может достичь вектор **T3**. Действительно, так как вектор движения фотона, вылетевшего под углом 45°из любой точки вектора **TL** будет параллелен вектору **T3** то, следовательно, такой фотон никогда не достигнет вектора **T3**. То же можно сказать и про вектор **TR**.

Понятно, что при еще больших значениях центрального угла θ между вектором **T3** и вектором времени, откуда происходит вылет фотона, последний также никогда не достигнет вектора **T3**, так как вектор вылета такого фотона и вектор **T3** будут расходящимися векторами.

Таким образом, для наблюдателя, находящегося на векторе времени **T3** вся та часть Вселенной, которая находится за пределами векторов **TL** и **TR**, недоступна для наблюдения во всем интервале времени от *t* = 0.0 до *t* = 1.0.

Из данных, представленных на рис. 3, следует также, что длительность принимаемого сигнала всегда больше длительности отправленного сигнала. При этом увеличение длительности усиливается неколлинеарностью векторов времени, на которых находятся точка отправления сигнала и точка приема. Действительно, если отрезок *AM* это - длительность сигнала, отправленного из источника, расположенного на векторе времени **T1**,то отрезок *BF*, расположенный на векторе **T3**, соответствует длительности принимаемого сигнала. Коэффициент увеличения длительности сигнала может быть определен, как отношение отрезков *BF* к отрезку *AM*. Используя построения, приведенные на рисунке, можно убедиться, что

 (1)

θ - угол между вектором времени, откуда вылетает фотон и вектором времени, где осуществляется его прием. То есть, коэффициент увеличения длительности принимаемого сигнала зависит от угла между векторами времени и, следовательно, от глубины нахождения, по времени, точки вылета.

Увеличение длительности принимаемого сигнала в точке приема, по сравнению с длительностью этого же сигнала в точке отправления, должно проявляться также в виде увеличения длины волны *λ* кванта света.

В табл. 1 приведены результаты расчета величины и относительного изменения длины волны *z* = Δ*λ/λ* для разных значений угла *θ* и, соответственно, для разных значений времени *t* нахождения точек вылета. Количество знаков для каждого рассчитанного параметра определяется достижением значимой величины.

Данные, представленные в табл. 1, прекрасно согласуются с результатами астрономических наблюдений. Так, например, известно9, что вспышка сверхновой в галактике с *z* = 0,5 наблюдается три недели, а в галактике с *z* = 1 - один месяц. В представленной таблице 1 значениям *z* = 0,5 и *z* = 1 соответствуют = 1.5 и *=* 2. Отношения этих коэффициентов соответствует пропорциям длительностей, полученным из астрономических наблюдений.

Имеются и другие важные следствия увеличения длительности сигнала в точке приема, которые следует учитывать при астрономических наблюдениях. В частности, это снижение интенсивности светового потока при увеличении расстояния. В данном случае, в месте приема происходит снижение интенсивности светового потока за счет увеличения времени поступления энергии в точку приема. Происходит рассеяние энергии во времени. Коэффициент *Ksl*  уменьшения светового потока за счет увеличения длительности сигнала является величиной обратной коэффициенту .Данные, приведенные в табл. 1, находятся в прекрасном соответствии с результатами астрономических наблюдений10 за сверхновыми Ia, у которых *z* = 1. Эти результаты указывают на то, что причиной так называемого «аномального» снижения светимости сверхновых типа Ia, расположенных на больших расстояниях, является не ускоренное расширение Вселенной, а особенность распространения света в условиях расширяющейся Вселенной. Отсюда следует, что использовать сверхновые типа Ia для оценки больших расстояний можно только с учетом коэффициента уменьшения светимости *Ksl*.

Из экстраполяции длины волны реликтового излучения (температура ~ 2,725К; длина волны в максимуме спектра равна ~ 1,9 мм ) в эпоху рекомбинации (*T* ~ 3000К, длина волны в максимуме спектра ~ 1,8 мкм), следует, что для этих условий z ~ 1000. Это соответствует последним известным данным WMAP. Однако, радиус поверхности последнего рассеяния, рассчитанный исходя из предложенной здесь модели, существенно превышает известную величину (на ~380 тыс. лет) и составляет ~ 0,001 от времени существования Вселенной или ~ 14400000 лет, если принять время существования Вселенной равным 14,4 млд. лет. Такое большое отличие радиуса последнего рассеяния от известных данных не должно вызывать удивления, так как ранее2, при расчетах, доля барионного вещества в общем объеме материи принималась равной примерно 2,4 процента. Занижение доли барионного вещества в этих расчетах было вынужденной мерой, в том числе для того, чтобы получить согласование с наблюдаемым временем жизни Вселенной и объяснить “аномальную” светимость сверхновых Ia. Как было показано выше, в рамках предлагаемой здесь модели занижать долю барионного вещества нет необходимости. Более того, из материалов, представленных в данной статье, следует, что принципиально не наблюдаемая часть барионного вещества Вселенной значительно превосходит её видимую часть и, следовательно, реальная плотность вещества во Вселенной должна быть во много раз больше, используемой в расчетах, что и должно приводить к увеличению радиуса последнего рассеяния.

«Покраснение» сигнала от далеких источников и даже эффект полного отсутствия сигнала от объекта могут быть связаны не только с большим расстоянием от источника сигнала до приемника (увеличением центрального угла θ). К подобным эффектам может привести также локальное искривление линии фронта в месте вылета фотона.

На рис*.* 2 вектором **v** обозначено направление движения фотона, вылетевшего из области искаженного фронта. Угол между вектором **v** и линией фронта в точке вылета, как показано на рис*.* 2, составляет 45°. В то же время угол между вектором **v** и вектором времени **T** меньше 45° и должен уменьшаться с увеличением кривизны фронта в точке вылета фотона. Если локальное искривление линии фронта будет значительным, то хотя, угол между вектором **v** вылета фотона и локальной линией фронта в точке вылета будет по-прежнему равным 45° (рис*.* 4), вектор **v** может стать параллельным вектору времени **T3** или даже расходящимся. Следовательно, такой фотон никогда не попадет к наблюдателю находящемуся на этом векторе**.**

Характер кривизны фронта вблизи массивных тел настоящее время не известен (в рамках предложенной модели), однако понятно, что вблизи очень больших масс параллельность вектора **v** вылета фотона и вектора времени **T3** может наступить даже при сравнительно небольших расстояниях от объекта до наблюдателя. Таким образом, на «покраснение сигнала и на видимость объекта могут влиять два фактора: расстояние до объекта и локальное искривление фронта вблизи массивного тела.

Возможно, именно совместное действие локального изгиба фронта и большого расстояния является той суммой причин, которые делают невидимыми звезды с массой более 130 масс Солнца там, где эти звезды должны наблюдаться12.

Кроме того, возможно, что компактные объекты, имеющие большие *z,* ошибочно считаются отдаленными объектами и, следовательно, реальная светимость таких объектов может быть значительно меньше, чем считается в настоящее время.

Использование предлагаемой модели позволяет предсказать новые эффекты, которые могут быть обнаружены наблюдательными методами. В частности, из модели прямолинейного распространения света в 4-х мерном пространстве следует, что с увеличением расстояния, пройденного светом, скорость света должна уменьшаться. Точнее говоря, должно произойти перераспределение составляющих вектора движения фотона в пользу временной составляющей. А так как угол между вектором движения фотона и вектором времени в точке приема всегда меньше 45° и уменьшается с увеличением расстояния до объектов, источников света, то скорость движения фотона должна в процессе движения уменьшаться. Такое уменьшение скорости фотона должно быть обратно пропорционально *Ktl.*

Этот эффект практически незаметен на малых астрономических расстояниях, так как линия фронта расширяющейся Вселенной из-за его малой кривизны мало отличается от прямой линии. Уменьшение угла между вектором движения фотона и вектором времени в точке приема предполагает уменьшение проекции вектора скорости фотона на пространственную ось (т.е. на линию перпендикулярную вектору времени в точке измерения) вблизи точки приема.

На первый взгляд может показаться, что модель, которая допускает уменьшение скорости света, не согласуется с законами СТО, которые многократно подтверждены экспериментально. Однако, как это будет показано в 4-ом разделе настоящей статьи, предложенная модель в полной мере соответствует экспериментальным и наблюдательным данным и не противоречит положениям СТО.

*3.2. Распространение света, при условии сохранения угла между вектором движения* *фотона и любым вектором времени, который этот фотон пересекает*

На рис. 5 показано двухмерное сечение нашей Вселенной, подобное тому, что и на рис. 3. Кривыми *L* и *R* на рисунке обозначена совокупность точек в плоскости сечения, вылетев из которых, фотоны в состоянии достичь точки *B*, расположенной на векторе времени **T3**, в современный момент (*t* = 1.0). При этом, по определению? должно выполняться условие, что угол α между направлением движения фотона и любым вектором времени, который фотон пересекает в процессе движения, должен оставаться неизменным и равным 45°. Указанное условие означает, что кривые *L* и *R* являются логарифмическими спиралями.

Как известно, уравнение логарифмической спирали в полярных координатах имеет вид, где µ = ctg α.

В данном случае α = 45° и, следовательно, ctg α =1. Принимая коэффициент равным единице, получаем, что перемещение фотона должна осуществляться в 2-х мерной плоскости сечения 4-х мерного пространства по спирали ρ = exp(θ). Как и в предыдущих случаях, угол θ, это - угол между вектором времени, на котором находится точка приема, и вектором времени, на котором расположена точка вылета фотона. В свою очередь, это означает, что коэффициент *Kts*увеличения длительности сигнала в точке приема, относительно его длительности в точке отправления, также должен подчиняться экспоненциальному закону: *Kts =* exp(θ). Так же как и в первом варианте, увеличение длительности сигнала в точке приема должно приводить к снижению наблюдаемой светимости объектов.

Данные, характеризующие распространение света на большие расстояния, для второго варианта представлены в табл. 2. Коэффициент увеличения длительности сигнала и коэффициент уменьшения светимости в табл. 2 обозначены *Kts иKss*соответственно, чтобы избежать путаницы с подобными коэффициентами, характеризующими линейное распространение света. Остальные обозначения те же, что и в табл. 1.

Увеличение длительности сигнала в точке приема относительно точки отправления и, соответственно, снижение светимости сверхновых при *z* = 0. 5 и *z* = 1.0 представленные в табл. 2, практически не отличаются от результатов для линейного распространения света (табл. 1) и находится в полном соответствии с наблюдательными данными.

Из экстраполяции длины волны реликтового излучения в эпоху рекомбинации следует, что как и в случае линейного распространения света, радиусу поверхности последнего рассеяния, составляет ~ 0,001 от времени существования Вселенной или ~14000000 лет.

В этом варианте распространения света имеются существенные отличия по сравнению с вариантом прямолинейного распространения. Так как центр (*t* = 0.0) (рис. 5) является асимптотой кривых *L* и *R*, это означает, что любая из этих кривых может пересекать один и тот же временной вектор несколько раз. Это, в свою очередь, означает, что существует принципиальная возможность одновременного наблюдения одного и того же объекта в разные моменты его существования и даже с противоположных направлений. Конечно, эти наблюдения будут соответствовать разным временам существования Вселенной и, следовательно разным значениям *z* для одного и того же объекта.

Кроме того, должны существовать несколько особых точек. Так, например, для наблюдателя, расположенного, в точке *B*, должны существовать две особые точки, которые находятся на пересечениях кривых *L* и *R.* Излучение от объекта, расположенного в особой точке *A (угол* θ = π; *z* ~22) (рис. 5), может распространяться до точки *B* в плоскости сечения, как по траектории кривой *L*, так и по траектории кривой *R*. Понятно, что существует также множество других траекторий, не лежащих в плоскости сечения, по которым излучение из точки *A* может попасть в точку *B*. И, следовательно, объект, расположенный в точке A (рис. 5), должен одновременно наблюдаться со всех направлений и иметь вид протяженного объекта, занимающего весь горизонт. Такое явление может иметь место только в том случае, если объект расположен строго в точке *A*, а гиперсфера пространства-времени геометрически идеальна. Кроме того, особая точка должна перемещаться по вектору, направленному в противоположную от вектора **T3** сторону из-за расширения Вселенной.

Не менее существенным является и то, что все объекты, у которых *z* > 22, являются повторным изображением объектов, у которых *z* < 22. Это означает, что при оценке массы Вселенной должны учитываться только объекты с *z* < 22.

Существует еще только одна особая точка (θ = 2π; *z* ~ 532). Наблюдение объектов расположенных в других подобных особых точек (θ = 3π и т.д.) невозможно, так как эти точки находятся за пределом поверхности последнего рассеяния (*z* ~ 1000).

Если, в действительности, имеет место второй вариант распространения света, то Вселенная вся доступна наблюдению.

# 4. Обсуждение

Наиболее важным из представленного выше является то, что эффект увеличения длительности сигнала в точке приема относительно длительности сигнала в точке отправления, а также зависимость светимости сверхновых типа Ia от параметра z прекрасно согласуются с наблюдательными данными в любом из рассмотренных вариантов.

Таким образом, в рамках настоящей работы находит объяснение “аномальная светимость” сверхновых типа Ia без предположения ускоренного расширения Вселенной.

И хотя очень хорошие совпадения результатов, представленных в данной статье и тех, которые следуют из астрономических наблюдений, вряд ли могут быть случайными, эти результаты не отвечают на вопрос: каким их двух рассмотренных альтернативных вариантов распространяется свет.

На первый взгляд может показаться, что вариант с прямолинейным распространением света должен быть отброшен, так как в этом случае скорость света не является константой, и, следовательно, нарушается Лоренц – инвариантность – основа СТО и ОТО. И все же материалы, представленные в настоящей статье, не противоречат СТО и в то же время допускают возможность уменьшения скорости света от далеких объектов.

Дело заключается в том, что эффект уменьшения скорости света за счет неколлиниарности векторов времени в точках вылета и приема так мал, что зафиксировать его прямым измерением скорости света вряд ли возможно в обозримом будущем. Это связано с трудностями измерения скорости света в одну сторону11-13, а также и в силу малости коэффициента *Ktl* на расстояниях, на которых реально проведение измерений. Так, например, расстоянию равному одной световой секунде соответствует угол θ менее 2\*10-18 радиан. Коэффициент увеличения длительности сигнала *Ktl* с учетом малости угла θ, может быть записан *Ktl* = 1 + θ. То есть, современные методы измерения не смогут его выявить и, следовательно, можно говорить о неизменности скорости света в пределах погрешности измерения, на расстояниях сравнимых с размерами солнечной системы. То есть в тех условиях, в которых до настоящего времени проводились все эксперименты со светом. На больших астрономических расстояниях эксперименты не проводились и, следовательно, вопрос должен оставаться открытым до эксперимента подтверждающего или опровергающего положения данной статьи.

Здесь стоит обратиться к истории вопроса и вспомнить, что математические выражения, названные в последствие как преобразования Лоренца, возникли как ответ на выявленную экспериментально независимость скорости света от движения среды, в которой свет распространяется. Этот факт, а также то, что положения СТО были многократно подтверждены экспериментами, делают положение СТО незыблемым. Но известно также, что любая группа формул, связанных между собой, используемых в физике, отражают реальность лишь приближенно. Для любой формулы есть область ее применения. И если существует теоретическая предпосылка, пусть даже самая маленькая, к тому, что имеются границы применения какой-либо модели (формулы), важно экспериментально проверить справедливость такой предпосылки или опровергнуть ее, не отождествляя математическую модель с реальным миром.

Для подтверждения или опровержения варианта прямолинейного распространения света может быть использовано измерение скорости света, исходящего от далеких объектов, у которых z > 0. Меньшее значение скорости света от таких источников по сравнению с известным значением скорости света подтвердило бы справедливость первого варианта с высокой достоверностью. Измерение скорости света от далеких астрономических объектов может быть осуществлено путем наблюдения экранировки этих объектов. При «надвигании» экрана на светящийся объект, последний некоторое время будет наблюдаться на фоне экрана. Время наблюдения объекта на фоне экрана будет зависеть от разницы в скоростях света от далекого источника и отраженного от экрана, а также от расстояния до экрана. Это время, назовем его временем запаздывания tz, записывается в виде:

где S – расстояние от наблюдателя до экрана; *Ktl*– коэффициент уменьшения скорости света, указанный в таблице 1; c – известная величина скорости света.

Для удобства выбора методики измерения, в табл. 1 значения tz приведены для расстояния в одну световую секунду, при разных значениях z источников света.

В качестве экрана может быть использована одна из планет, или какой-либо другой объект солнечной системы.

Эффект запаздывания должен проявляться не только при «надвигании» экрана на светящийся объект, но также и при «сдвигании» экрана со светящегося объекта. Светящийся объект при этом должен появляться не на границе экрана, а сразу на некотором расстоянии от экрана.

Способом доказательства справедливости второго варианта распространения света, могло бы быть наблюдение объектов, который имеют *z* ~ 22 и которые, следовательно. располагаются вблизи особой точки *A* (рис. 4). Каждый из этих объектов, должен наблюдаться с двух противоположных направлений и при этом оба изображения должны обладать близкими световыми характеристиками. Понятно, что чем ближе такой объект будет к точке *A*, тем меньше будут различаться характеристики изображений, наблюдаемых с одного и другого направления. Особый интерес должны представлять несколько таких объектов, расположенных близко друг к другу. Тогда для отождествления этих объектов, наблюдаемых с двух противоположных направлений, могут быть использованы не только их световые характеристики, но также и взаимное расположение объектов. При наблюдении с двух противоположном направлении такие объекты должны иметь зеркальное положение друг относительно друга. Наблюдение таких объектов существенно увеличит достоверность наблюдений. К сожалению, в настоящее время, вследствие несовершенства имеющегося измерительного оборудования у наиболее далекого наблюдаемого объекта, красное смещение составляет 11,914.

Эффекты распространения света, которые следуют из представленной выше модели, основаны на предположении, что пространство обладает некоторой структурой, подобной кристаллической решетке. Если предположить, что пространство является идеальной жидкостью, в этом случае, вместо заднего фронта, в ранее рассмотренной модели будет расширяющийся фронт сжатия жидкости. А прямолинейное распространение света будет осуществляться не внутри Н слоя, а на внешней границе слоя сжатия, синхронно движению этого слоя. При этом все остальные рассуждения и выводы остаются неизменными.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлена простая модель Вселенной, в которой пространство обладает свойствами физической средой. Это пространство четырехмерно, изотропно, безгранично, имеет евклидову метрику, но в некоторой, возмущенной, области пространства (собственно нашей Вселенной) формируются условия, переводящие евклидово пространство в пространство Минковского.

Расширение Вселенной не является следствием расширения самого пространства-времени, а обусловлено лишь увеличением той части пространства-времени, которую занимает наша Вселенная.

В рамках предложенной модели пространство, обладающее физическими свойствами, в том числе и внутренней структурой, не противоречит положениям СТО. Более того, становятся наглядными и понятными ответы на вопросы, которые возникают при рассмотрении положений СТО, и на которые до настоящего времени не было ответа:

- почему скорость света является инвариантом в разных системах отсчета;

- почему частицы, перемещающиеся со скоростью света, не имеют массу покоя (речь идет о физическом понимании, а не как следствие вывода формул СТО);

- какие физические процессы стоят за математическим формализмом, описывающим участие бозона Хигса в обретении частицами массы.

- какие физические причины лежат в основе нелинейности пространства-времени в

нашей Вселенной.

В предлагаемой модели срок жизни Вселенной на 700 миллионов лет больше по сравнению со стандартной космологической моделью. Это, почти на 680 миллионов лет отодвигает назад время начала формирования первых звезд, что лучше согласуется с имеющимися наблюдательными данными.

Признание структурности пространства дает основание и возможность для поиска внутренней структуры объектов микромира.

Модель не имеет внутренних противоречий. В рамках модели, зависимость светимости сверхновых типа Ia от параметра z прекрасно согласуется с наблюдательными данными, является простой и естественной, без введения такого понятия как ускоренное расширение Вселенной. Причиной аномальной светимости сверхновых Ia, согласно модели, является неколлинеарность векторов времени в различных точках Вселенной.

И предлагаемой модели следует, что параметры гравитации должны изменяться в процессе эволюции Вселенной.

Модель предполагает наличие новых эффектов, которые могут быть выявлены путем астрономических наблюдений.

Рассмотрены два альтернативных варианта распространения света. Каждый из двух представленных вариантов распространения света, имеет свои отличительные особенности, которые могут быть проверены наблюдательным путем. Следовательно, каждый из вариантов может быть идентифицирован или отвергнут.

Автор В.И. Неудахин

634012, г. Томск, пер. Нахимова, 12/2, кВ.69

Телефон (Факс): (382-2) 54-14-30

Телефон: 8-913-84-777-83

E-mail: [nevliv43@**mail.ru**](mailto:nevliv43@mail.ru)

.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.А. Фок, Теория пространства, времени и тяготения, Изд. 3-е.М.: Изд-во ЛКИ, 2007, с. 20.
2. Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков, Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва, Изд-во ЛКИ, 2006
3. А.Д. Сахаров, Космологические переходы с изменением сигнатуры метрики, ЖЭТФ 87, 375-383 (1984).
4. Я.Б. Зельдович, Письма в Астрономический ж. 7, 579 (1981).
5. A. Borowiec, W. Godlowski, and M. Szydlowsky, astro-ph/0602526 (2006).
6. И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев, Справочник по математике, М., Изд-во “Наука”, 1981, с. 454-455.
7. Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков, Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва, Изд-во ЛКИ, 2006, с. 14.
8. Поверхностные акустические волны, под ред. А. Олинера, пер. с англ., М.,1981.
9. Ч. Линевивер, Т. Дэвис, В мире науки, № 7, 2005.
10. А.В. Тутуков, А.В. Федорова, Астрономический журнал, 2007, том 84, №4, с.328.
11. L. Karlov. Australian journal of physics. 23. 1970, p. 243-253.
12. C. Moni Bidin et. al. Kinematical and chemical vertical structure of the Galactic thick disk II. A lack of dark matter in the solar neighborhood, The Astrophysical Journal, 2012.
13. C. Giannoni. Phil. Sci. 45, 1978, p. 17-46. 100.
14. Б.Б. Кадомцев, Л.В. Келдыш, И.Ю. Кобзарев, Р.З. Сагдеев. Успехи физических наук. 106, 1972, с. 660-662.

Таблица 1. Параметры линейного распространения света в четырехмерном пространстве-времени

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол θ,  радиан | Время вылета фотона *t,*  отн. ед. | *z* | *Ktl* | *Ksl* | *Cn* | Время запаздывания tz,  с |
| 0.04 | 0.96 | 0.04 | 1.04 | 0.96 | 0.92 | 0.04 |
| 0.08 | 0.92 | 0.09 | 1.09 | 0.91 | 0.85 | 0.09 |
| 0.12 | 0.87 | 0.15 | 1.15 | 0.87 | 0.78 | 0.15 |
| 0.16 | 0.83 | 0.21 | 1.21 | 0.83 | 0.72 | 0.21 |
| 0.20 | 0.78 | 0.28 | 1.28 | 0.78 | 0.66 | 0.28 |
| 0.24 | 0.73 | 0.36 | 1.36 | 0.73 | 0.61 | 0.36 |
| 0.28 | 0.68 | 0.46 | 1.46 | 0.68 | 0.55 | 0.46 |
| **0.295** | **0.67** | **0.50** | **1.50** | **0.67** | **0.53** | **0.50** |
| 0.32 | 0.63 | 0.57 | 1.57 | 0.64 | 0.50 | 0.57 |
| 0.36 | 0.58 | 0.71 | 1.71 | 0.58 | 0.45 | 1.71 |
| 0.40 | 0.53 | 0.88 | 1.88 | 0.53 | 0.41 | 1.88 |
| **0.425** | **0.50** | **1.00** | **2.00** | **0.50** | **0.38** | **1.00** |
| 0.44 | 0.48 | 1.09 | 2.09 | 0.45 | 0.36 | 1.09 |
| 0.48 | 0.43 | 1.35 | 2.35 | 0.42 | 0.31 | 1.35 |
| 0.7 | 0.12 | 7.29 | 8.29 | 0.12 | 0,12 | 7.29 |
| 0.71 | 0.101 | 8.39 | 9.39 | 0.101 | 0,107 | 8.39 |
| 0.72 | 0.09 | 9.82 | 10.82 | 0.09 | 0,092 | 9.82 |
| 0.73 | 0.078 | 11.77 | 12.77 | 0.078 | 0,078 | 11.77 |
| 076 | 0.036 | 26.84 | 27.84 | 0.037 | 0.025 | 38.36 |
| 0.772 | 0.019 | 51.78 | 52.78 | 0.019 | 0.013 | 73.63 |
| 0.779 | 0.009 | 109.5 | 110.5 | 0.009 | 0.006 | 155.29 |
| 0.7826 | 0.004 | 251.7 | 252.7 | 0.004 | 0.0024 | 356.38 |
| 0.784 | 0.002 | 504,7 | 505,7 | 0.002 | 0.001 | 714.28 |
| **0.78469** | **0.001** | **1011.8** | **998.5** | **0.001** | **0.0003** | **1411.10** |

Таблица 2. Параметры распространения света при его движении по спирали

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол θ,  радиан | Время *t,*  отн.ед. | *z* | *Kts* | *Kss* | Угол θ,  радиан. | Время *t,*  отн.ед. | *z* | *Kts* | *Kss* |
| 0.04 | 0.96 | 0.041 | 1.04 | 0.96 | 1.44 | 0.24 | 3.22 | 4.22 | 0.24 |
| 0.08 | 0.93 | 0.083 | 1.08  1.110 | 0.92 | 1,95 | 0,14 | 6,029 | 7,029 | 0.142 |
| 0.12 | 0.90 | 0.127 | 1.13 | 0.87 | 2,08 | 0,12 | 7,004 | 8,004 | 0.125 |
| 0.16 | 0.87 | 0.17 | 1.17 | 0.85 | 2,2 | 0,11 | 8,025 | 9,025 | 0.111 |
| 0.20 | 0.84 | 0.22 | 1.22 | 0.82 | 2,31 | 0,099 | 9,074 | 10,074 | 0.099 |
| 0.24 | 0.81 | 0.27 | 1.27 | 0.79 | 2,4 | 0,0907 | 10,023 | 11,023 | 0.091 |
| 0.36 | 0.70 | 0.43 | 1.43 | 0.70 | 2,48 | 0,0837 | 10,941 | 11,941 | 0.837 |
| 0.40 | 0.67 | 0.49 | 1.49 | 0.67 | 3.04 | 0.05 | 19.91 | 20.91 | 0.048 |
| **0.405** | **0.667** | **0.50** | **1.50** | **0.667** | 3.08 | 0.046 | 20.76 | 21.76 | 0.046 |
| 0.44 | 0.64 | 0.55 | 1.55 | 0.64 | 3.12 | 0.044 | 21.65 | 22.65 | 0.044 |
| 0.48 | 0.62 | 0.62 | 1.62 | 0.62 | **3.14** | **0.043** | **22.10** | **23.10** | **0.043** |
| 0.60 | 0.55 | 0.82 | 1.82 | 0.55 | 3.16 | 0.042 | 22.57 | 23.57 | 0.042 |
| 0.64 | 0.53 | 0.90 | 1.90 | 0.53 | 6.24 | 0.0019 | 512 | 513 | 0.0019 |
| 0.68 | 0.51 | 0.97 | 1.97 | 0.51 | **6.28** | **0.0019** | **533** | **533** | **0.0019** |
| **0.695** | **0.50** | **1.00** | **2.00** | **0.50** | 6.32 | 0.0018 | 555 | 556 | 0.0018 |
| 0.72 | 0.49 | 1.05 | 2.05 | 0.49 | 6.84 | 0.0011 | 933 | 934 | 0.0011 |
| 0.76 | 0.47 | 1.14 | 2.14 | 0.47 | 6.88 | 0.0010 | 972 | 973 | 0.0010 |
| 1.40 | 0.25 | 3.06 | 4.06 | 0.25 | 6.91 | 0.0010 | 1001 | 1002 | 0.0010 |

T

**2**

T

**1**

*A(*

***t1)***

*A(*

***t2)***

*B(*

***t1)***

*B(*

***t2)***

F

**F(t2)**

F

**F**

F

**F**

F

**B**

F

**B**

Фиг

. 1

Неудахин В.И.

F

**F(t1)**

F

**B(t1)**

F

**B(t2)**

T

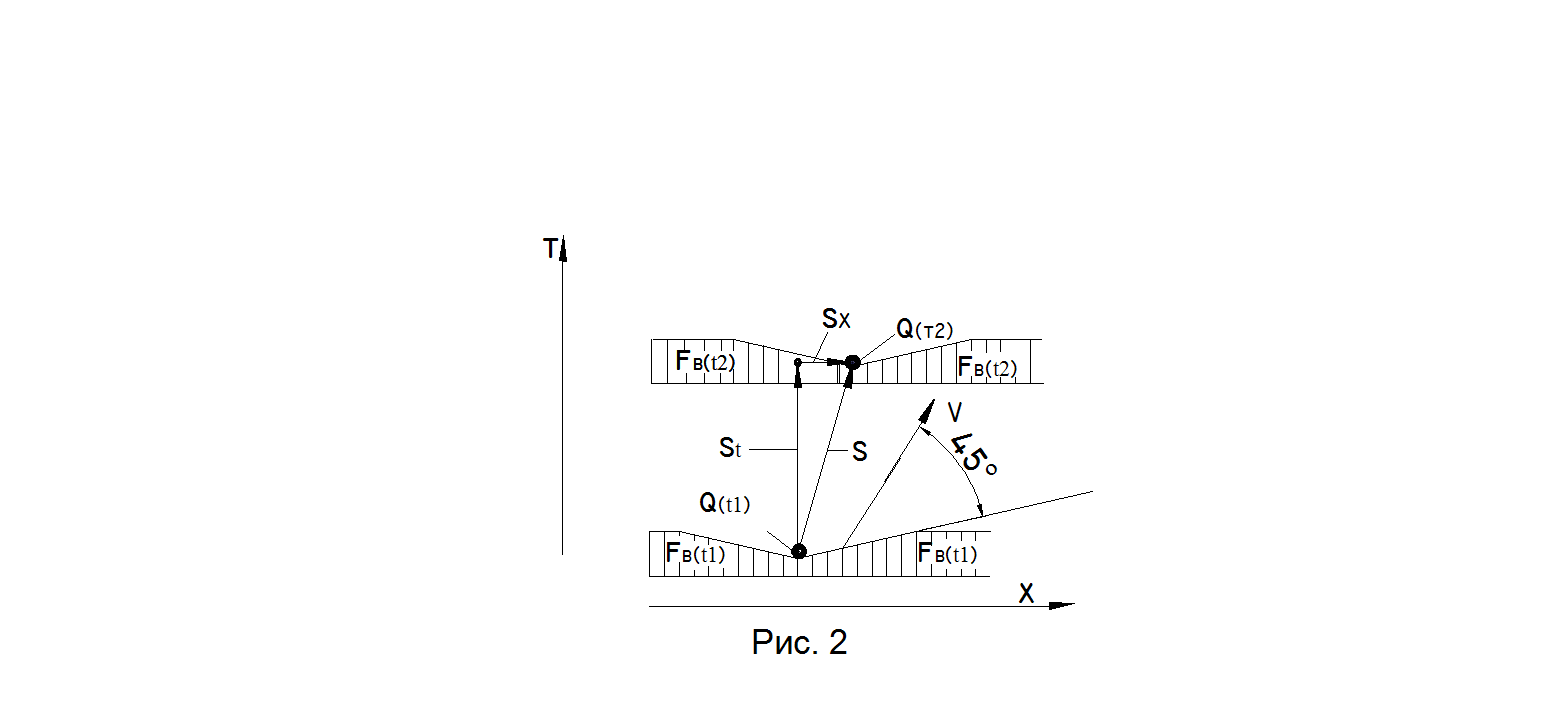
**3**

O

O

**a)**

**B)**



Неудахин В.И.

