

## Нуль-транспортировка. История и актуальные проблемы

### Предпосылки

Согласно теории относительности, скорость распространения любых сигналов в четырехмерном пространстве-времени ограничена скоростью света. Теории гиперпространств более высокой размерности и возможности преодоления в них этого ограничения обсуждались со второй половины XX века. Классический пример, иллюстрирующий такую возможность, известен всем: возьмите лист бумаги и проведите на нем прямую линию между двумя точками. Это кратчайший путь между этими точками, пока мы остаемся в двумерном пространстве. Однако изогните этот лист – и в трехмерном пространстве путь между этими точками можно сделать сколь угодно малым.

Большинство теорий предполагало, что возможность входа в пространство более высокой размерности возникает вблизи гравитационных сингулярностей. Однако использование нульмерных сингулярностей – т.е. черных дыр – не представлялось возможным: даже если и получится таким образом войти в гиперпространство, то совершенно непонятно, как после этого оттуда выйти.

Практическая возможность проверить теории гиперпространств появилась во второй половине XXI века, когда было экспериментально подтверждено существование одномерных гравитационных сингулярностей – космических струн.

### Деритринитация и Д-звездолеты

Как выяснилось, космические струны имеют относительно небольшую линейную плотность  $\rho_0 \approx 1.37 \cdot 10^{-2} \text{ г/см}$ . При этом толщина их пренебрежимо мала (точное значение дает квантовая теория гиперпространств, но в контексте данной статьи оно несущественно). Оказалось, что замкнутая петля космической струны, искривляя пространство вокруг себя, способна перемещаться быстрее скорости света, увлекая с собой некоторый объем обычного пространства, находящийся внутри петли. Этот эффект был назван деритринитацией.

Напрашивалась идея Д-звездолета, создающего вокруг себя петлю космической струны и перемещающегося вместе с ней. Управляемая генерация космических струн требовала достижения т.н. легенных ускорений  $a_0 > 10^8 \text{ g}$  вблизи светового барьера, поэтому ранние Д-звездолеты тратили несколько лет на выход в режим деритринитации. Даже в наше время это требует как минимум нескольких часов. Однако с начала XXII века и до сих пор Д-звездолеты остаются основным средством перемещения в космосе.

## Нуль-Т

Несложно заметить, что Д-звездолет не уходит в гиперпространство – он как бы постоянно остается на его границе. Примерно с середины XXII века начались работы по исследованию возможности истинной нуль-транспортировки: перемещения объекта в гиперпространстве вдоль незамкнутой космической струны достаточно большой длины. При этом струна работает той самой линией на листе бумаги, которая изгибается в гиперпространстве, что приводит к уменьшению расстояния между начальной и конечной точкой.

Первые эксперименты, однако, оказались неудачными: космические струны недостаточно большой длины являются неустойчивыми и без постоянной подпитки энергией (как это реализовано в Д-звездолетах) практически мгновенно распадаются. Критическая длина космической струны – минимальная длина, при которой струна может оставаться устойчивой, задается космологической постоянной  $\Lambda \approx 3 \cdot 10^{-21} \text{ см}^{-2}$ , откуда характерный линейный масштаб  $r_\Lambda \approx 1.8 \cdot 10^5 \text{ км}$ , примерно в 30 раз больше радиуса Земли.

Генерация космических струн такой длины потребовала существенного увеличения расходов энергии (несложно посчитать, что масса такой струны  $m_0 = \rho_0 r_\Lambda \approx 2.5 \cdot 10^5 \text{ кг}$ , а энергия на ее создание согласно формуле Эйнштейна порядка  $E_0 = m_0 c^2 \approx 2.2 \cdot 10^{22} \text{ Дж}$  или  $E_0 \approx 250 \text{ Бд}$ , где 1 Бадер – энергия покоя одной тонны вещества). Использование таких объемов энергии требовало инфраструктуры в размерах целой планеты, поэтому эксперименты по дальнейшему исследованию нуль-Т были перенесены на Радугу.

Следующая проблема, возникшая перед нуль-физиками, была связана с процессами отражения: даже если удастся создать искривленную космическую струну и отправить вдоль нее некую массу – совершенно необязательно вся эта масса окажется в точке назначения. Вместо этого, как выяснилось, часть ее может отразиться и вернуться в исходную точку, но уже не в форме массы, а в виде чистой энергии, порождая Волну. Этот крайне интересный эффект в конечном счете привел к катастрофе на Радуге, затормозившей исследование нуль-Т на несколько десятков лет.

Эксперименты в этой области были возобновлены только в начале XXIII века, после создания достаточно эффективных поглотителей энергии, способных диссипировать и рассеять энергию Волны порядка единиц миллиБадеров. Этого было достаточно для осуществления надежной нуль-транспортировки в масштабах планеты. Точной теории этого процесса до сих пор нет, однако эмпирических табличных данных достаточно для построения сети кабин дальней связи, настроенных на нуль-транспортировку объектов массой 100 или 1000 кг на расстояния, меньше или порядка диаметра Земли.

проф. Озеров

## Техническое приложение

Рассмотрим более подробно технологию нуль-транспортировки.

### 1. Генерация космической струны

Штатные гипергенераторы порождают космическую струну, форму которой можно описать формулой  $F(x) = af(x/r)$  (см. рис.1). Точный вид функции  $f(y)$  пока что неизвестен, ясно лишь, что при больших значениях аргумента эта функция стремится к нулю, а  $f(0) = 1$ . Параметр  $r$  определяет пространственный масштаб искривления струны, а линейный параметр  $a$  - величину искривления. Расстояние, на которое струна такой формы позволяет переместить объект, определяется разностью длины самой струны и длины прямой линии, проведенной между ее крайними точками:

$$L = \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \sqrt{F'^2(x) + 1} - 1 \right] dx = r\varphi(\delta), \text{ где } \delta = a/r, \text{ а } \varphi(\delta) = \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \sqrt{\delta^2 f'^2(y) + 1} - 1 \right] dy.$$

Эта формула справедлива при условии выполнения неравенства  $r \leq L$ .

Энергия, требующаяся на создание такой струны, очевидно, равна  $E_L = \rho_0 Lc^2 = \rho_0 rc^2 \varphi(\delta)$ . Экспериментально полученные значения функции  $\varphi(\delta)$  показаны в табл.1. В штатных кабинах дальней связи, установленных на Земле, используется величина  $\delta = 7$ , при этом с хорошей точностью  $L = 10r$ .

### 2. Процесс нуль-транспортировки

При нуль-транспортировке объект массой  $m$  и скоростью  $V$  входит в гиперпространство в начальной точке, расположенной рядом с гипергенератором. При этом теряется различие между материей и энергией – следует считать, что в гиперпространство попал сгусток энергии величиной  $E_{in} = mc^2 \left(1 - V^2/c^2\right)^{-1/2}$ . Из-за уже упоминавшегося отражения только часть энергии выходит из гиперпространства в конечной точке, удаленной от начальной на расстояние  $L$ . Остальная энергия возвращается в начальную точку. Это порождает сразу две проблемы. Прошедшая энергия  $E_T = TE_{in}$ , где  $T$  - коэффициент прохождения, должна быть больше энергии покоя объекта  $mc^2$ , иначе структура объекта будет разрушена. Что касается отраженной энергии  $E_R = RE_{in}$  ( $R = 1 - T$  - коэффициент отражения), то она должна быть рассеяна во избежание возникновения Волны.

На рис.2 показано, как ведет себя коэффициент отражения при нуль-транспортировке тонны вещества на различные расстояния с различными значениями входной энергии. Легко видеть, что коэффициент отражения растет с увеличением расстояния, однако падает при увеличении входной энергии: чем сильнее разогнать объект, тем легче он проходит через гиперпространство. На рис.3 показано, что величины входной энергии  $E_{in} = 1.001mc^2$  достаточно для того, чтобы при расстояниях, сравнимых с радиусом Земли, величина

выходной энергии заведомо была больше энергии покоя, поэтому обычно именно это значение входной энергии используется в планетарной сети кабин дальней связи. Наконец, на рис.4 показана величина отраженной энергии при нуль-транспортировке тонны вещества с различными значениями входной энергии. Видно, что для расстояний, сравнимых с диаметрами земного шара, она не превышает единиц миллиБадеров, т.е. может быть полностью рассеяна штатными поглотителями энергии. Точные значения величин, изображенных на графиках, можно найти в таблицах.

Однако из графиков также видно, что с ростом расстояния коэффициент отражения растет, и в космических масштабах приведенных данных явно недостаточно: при нуль-транспортировке на большое расстояние величина прошедшей энергии может оказаться меньше энергии покоя, а отраженная энергия – превысить ресурс поглотителей, что создает опасность возникновения Волны.

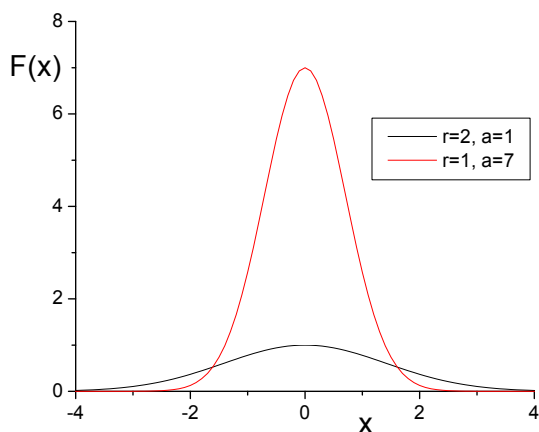


Рис.1. Приблизительный вид функции  $F(x)$  при двух различных наборах параметров  $r$  и  $a$ .

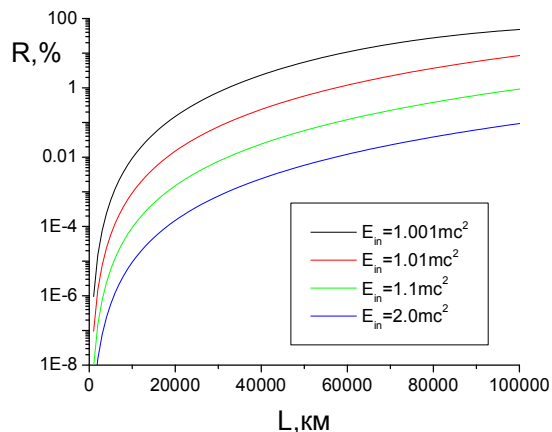


Рис.2. Зависимость коэффициента отражения от расстояния нуль-Т при различных значениях входной энергии объекта массой  $m = 10^3$  кг.

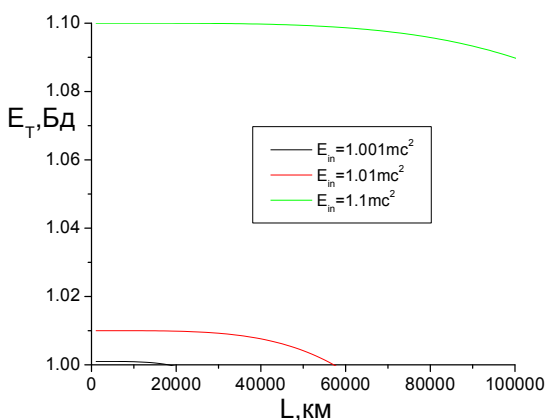


Рис.3. Зависимость энергии объекта массой  $m = 10^3$  кг на выходе из нуль-Т от расстояния при различных значениях входной энергии.

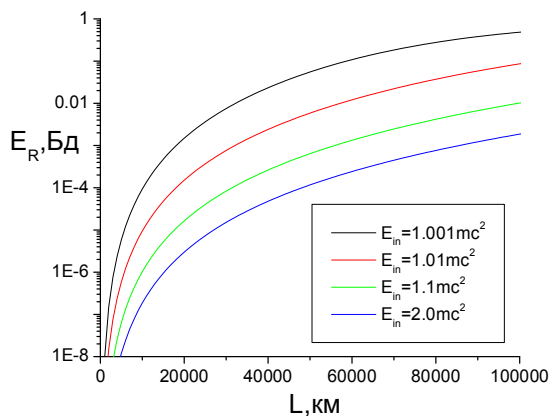


Рис. 4. Зависимость отраженной энергии от расстояния при нуль-транспортировке объекта массой  $m = 10^3$  кг при различных значениях входной энергии.