

## К вопросу о достоверности формул специальной теории относительности

*А.П. Плясовских*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова», Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** В работе рассмотрены три формулы для расчета наблюдаемого интервала времени по показаниям движущихся к наблюдателю часов. Первая формула следует из преобразований Лоренца специальной теории относительности (СТО), вторая – из соотношения СТО для эффекта Доплера, третья формула приведена в статье, опубликованной в научном журнале «Успехи физических наук». Показано, что при одинаковых условиях, при скорости движения к наблюдателю равной 0,99 скорости света, формулы дают разные результаты, отличающиеся друг от друга в 100 и в 709 раз. Ставится вопрос о выборе истинной формулы. Актуальность работы связана с тем, что СТО используется в прикладных науках, в частности при разработке глобальных спутниковых навигационных систем, ракетной и космической техники. Показано, что использование формул СТО может приводить к ошибкам в оценке определении наблюдаемого интервала времени часов спутниковых навигационных систем порядка  $1 \cdot 10^{-05}$ . Такая ошибка определения времени может привести к ошибке определения расстояния до навигационного спутника равной 3000 м. Погрешность определения местоположения навигационных приемников ГЛОНАСС в горизонтальной плоскости не должна превышать 12 м, поэтому ошибки расчета интервалов времени, к которым приводят формулы СТО, безусловно, неприемлемы. Использование ошибочных формул может привести не только к ошибочной работе авиационной и космической техники, в которой используются эти формулы, но и к катастрофическим последствиям.

**Ключевые слова:** специальная теория относительности, СТО, наблюдатель, часы, наблюдаемые показания часов, эффект Доплера.

### Введение

В настоящей дискуссионной статье ставится вопрос о том, какая из формул специальной теории относительности (СТО) является истинной. Важность этого вопроса обусловлена тем, что формулы СТО используются при разработке космической и ракетной техники, а также глобальных спутниковых навигационных систем GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BeiDou [1-7]. Следует отметить, что некоторые ученые, к которым относится и автор настоящей статьи, не считают корректным использование СТО в алгоритмах определения местоположения и времени глобальных спутниковых навигационных систем, см., например, [8].

Использование ошибочных формул в навигационных системах и системах наблюдения может привести к ошибкам в работе этих систем и в результате к катастрофическим последствиям.

### 1. Требование непротиворечивости формул в точных науках

В точных науках изучают количественно точные закономерности, которые выражаются в виде формул, связывающих изучаемые в науках величины. Во всех точных науках обязательно должен выполняться принцип непротиворечивости вычислений, благодаря которому науки и являются точными.

*Принцип непротиворечивости вычислений* можно сформулировать следующим образом. Разные формулы вычислений некоторой изучаемой в

науке величины при одинаковых (одних и тех же) исходных данных должны приводить к одному и тому же результату – значению величины.

В точных науках величины обычно обозначаются латинскими или греческими буквами, которые входят в формулы, используемые для их вычислений.

В каждой науке изучаются свои специфические величины. В алгебре – это алгебраические величины, в геометрии – геометрические величины (длина, площадь, объем, угол и т.д.), в физике – физические величины (длина тела, скорость движения, расстояние между телами и т.д.), в астрономии – астрономические величины, в химии – химические величины (количество вещества, концентрация вещества), в воздушной навигации – навигационные величины (скорость, курс, координаты, местоположение в горизонтальной и вертикальной плоскости), в аэродинамике – аэродинамические величины или характеристики (подъемная сила, лобовое сопротивление и т.д.).

Наука, в которой не обеспечивается выполнение принципа непротиворечивости вычислений, не может считаться точной. И действительно, если одна из формул науки (например, формула расчета объема пирамиды в геометрии, или формула расчета высоты полета самолета над препятствиями на земле в воздушной навигации) приводит к одному значению, а другая формула – к совершенно другому значению, может ли такая наука считаться точной?

## 2. Предварительные сведения о радиовещательном автоматическом зависимом наблюдении ADS-B

Радиовещательное автоматическое зависимое наблюдение (ADS-B) представляет собой радиовещательную передачу с борта воздушного судна (ВС) данных о его местоположении (широте и долготе), высоте, скорости, а также об опознавательном ин-

дексе и другой информации, полученной от бортовых систем. Сообщение ADS-B может включать информацию о моменте времени передачи сообщения в эфир (Рис. 1).

Данные о местоположении, скорости воздушного судна обычно получают от бортовой системы ГНСС (глобальной навигационной спутниковой системы). Данные об абсолютной высоте обычно получают от кодирующего устройства барометрического высотомера.

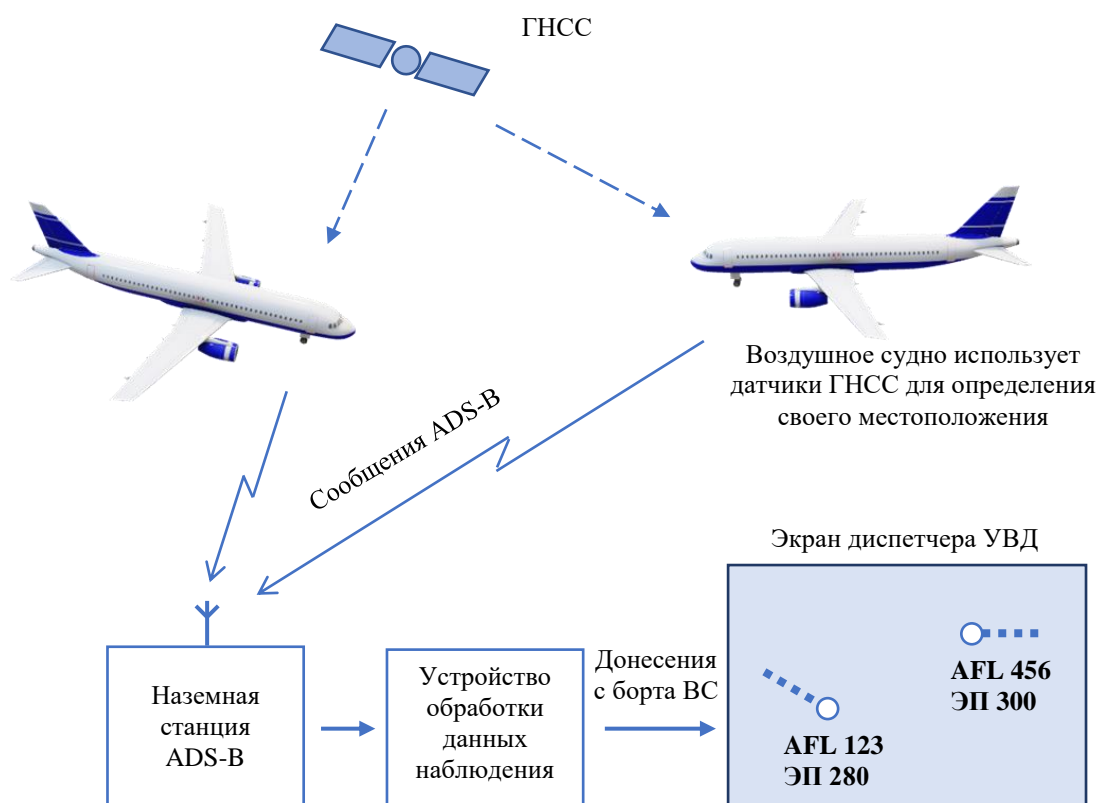


Рис. 1. Радиовещательное автоматическое зависимое наблюдение ADS-B

## 3. Материалы и методы

СТО изложена в многочисленных публикациях, в том числе в работах самого А. Эйнштейна, которые следует изучать в первую очередь [9-13].

Рассмотрим платформу, движущуюся к расположенному в начале координат инерциальной системы расчета (ИСО) неподвижному наблюдателю.

На платформе 1 расположены (Рис. 2):

1. Часы 2 со стрелочным либо цифровым циферблатом, которые дискретно, в моменты начала очередной секунды меняют свои показания.

2. Лампа 3, вспыхивающая с частотой  $f_0^l$ , равной 1 Гц. Вспышки лампы происходят синхронно с изменением показаний секундной стрелки часов (либо показаний секунд на цифровом дисплее часов), то есть в моменты начала очередной секунды.

3. Радиопередатчик 4 сигналов точного времени, который транслирует в эфир сигналы точного

времени синхронно с изменением показаний часов и вспышками лампы, в моменты начала очередной секунды. Частота передачи в эфир сообщений точного времени  $f_0^t$  равна 1 Гц.

4. Передатчик 5 радиовещательного автоматического зависимого наблюдения ADS-B, который передает в эфир сообщения с информацией о моментах времени передачи сообщений. Сообщения ADS-B передаются в эфир синхронно с изменением показаний секундной стрелки часов (секунд на цифровом дисплее часов) в моменты начала очередной секунды. Частота передачи в эфир сообщений ADS-B  $f_0^{ADS}$  равна 1 Гц.

5. Передатчик 6 э/м (электромагнитной) волны частотой  $f_0^v$ , равной 1 Гц. В эфир передается один период волны в секунду, причем начало каждого очередного периода волны происходит в моменты изменения показаний секунд часов (в моменты начала очередной секунды).

Рядом с наблюдателем в начале координат расположена измерительная установка 7, обеспечивающая возможность наблюдения (регистрации) сигналов, посылаемых от расположенных на движущейся

платформе устройств, и измерения их физических величин.

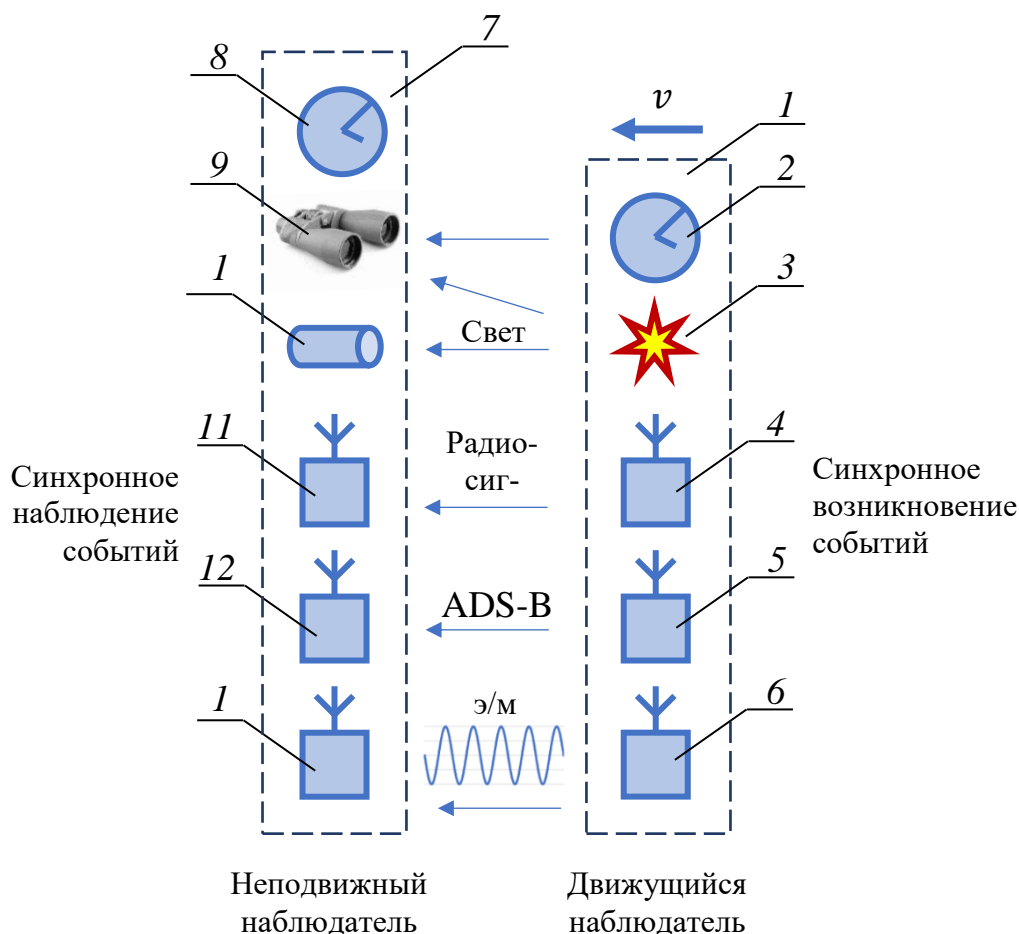


Рис. 2. Наблюдение за ходом движущихся часов: 1 – движущаяся платформа; 2 – наблюдаемые часы; 3 – лампа; 4 – радиопередатчик сигналов точного времени; 5 – передатчик ADS-B; 6 – передатчик э/м волн; 7 – измерительная установка; 8 – неподвижные часы; 9 – видео регистратор; 10 – фотодетектор; 11 – Радиоприемник сигналов точного времени; 12 – приемник ADS-B; 13 – приемник э/м волн

Измерительная установка 7 включает:

1. Видео регистратор 9, обеспечивающий наблюдение показаний движущихся на платформе часов в оптическом диапазоне, например, с использованием телескопа, а также видеозапись наблюдаемых показаний часов 8 с целью последующего просмотра и анализа их хода. Видео регистратор обеспечивает запись времени неподвижных часов наблюдателя, расположенных в непосредственной близости от него (кадр в кадре). Таким образом, запись видеорегистратора дает возможность с высокой точностью сравнить показания неподвижных часов наблюдателя с наблюдаемыми показаниями движущихся на платформе часов.

Видеорегистратор обеспечивает также регистрацию и запись наблюдаемых вспышек расположенной на платформе лампы. Запись видеорегистратора

дает возможность измерить частоту наблюдаемых вспышек лампы  $f^l$ .

2. Фотодетектор 10 вспышек лампы, также позволяющей измерить частоту наблюдаемых вспышек лампы  $f^l$ .

3. Радиоприемник 11 сигналов точного времени, обеспечивающих возможность измерения частоты моментов приема этих сигналов  $f^t$ .

4. Приемник 12 радиовещательного автоматического зависимого наблюдения ADS-B, обеспечивающий возможность записи на систему объективного контроля информации о времени передачи сообщений ADS-B, а также о времени приема этих сообщений. Приемник ADS-B обеспечивает возможность измерения наблюдаемой частоты моментов приема сообщений  $f^{ADS}$ , а также сравнивать наблюдаемые показания движущихся на платформе часов

с показаниями неподвижных часов (неподвижного) наблюдателя, расположенных в начале координат.

5. Приемник 13 э/м волн, обеспечивающий возможность измерения частоты  $f^v$  принятой э/м волны, а также возможность регистрации моментов времени (по часам неподвижного наблюдателя) начала периода принятой э/м волны.

Все устройства, расположенные на движущейся к неподвижному наблюдателю платформе, синхронизированы. С точки зрения наблюдателя, который находится неподвижно на платформе, следующие события происходят одновременно (синхронно):

1. Изменения показаний расположенных на платформе часов, которые отсчитывают время по секундам;
2. Вспышки лампы;
3. Передача в эфир радиосигналов точного времени;
4. Передача в эфир сообщений ADS-B;
5. Начало очередного периода передаваемой в эфир э/м волны.

Частота вспышек лампы  $f_0^l$ , частота передачи радиосигналов точного времени  $f_0^t$ , частота передачи сообщений ADS-B  $f_0^{ADS}$  и частота передаваемой э/м волны  $f_0^v$ , а также частота изменения показаний секунд на циферблате часов на платформе  $f_0^{cl}$ , равны 1 Гц,

$$f_0^l = f_0^t = f_0^{ADS} = f_0^v = f_0^{cl} = 1 \text{ Гц.} \quad (1)$$

Информация о всех перечисленных событиях движется к неподвижному наблюдателю в эфире по всем каналам наблюдения с одинаковой скоростью – скоростью света  $c$ . Свет от циферблата, расположенных на платформе часов, идет к видео регистратору в начале координат со скоростью  $c$ , с этой же скоростью движутся: свет вспышек лампы, радиосигналы точного времени, сообщения ADS-B, а также передаваемая э/м волна.

Отсюда, во-первых, следует, что следующие события в начале координат будут одновременными (синхронными):

1. Наблюдение изменений показания расположенных на движущейся платформе часов, которые отсчитывают время по секундам;
2. Наблюдение вспышек лампы;
3. Прием радиосигналов точного времени;
4. Прием сообщений ADS-B;
5. Прием начала периода э/м волны.

Кроме того, из факта синхронной передачи информации о перечисленных событиях на платформе и движения информации об этих событиях к неподвижному наблюдателю (измерительной установке) в начале координат с одинаковой скоростью света, неизбежно следует, что наблюдаемая (в начале координат) частота вспышек лампы  $f^l$ , частота приема радиосигналов точного времени  $f^t$ , частота приема сообщений ADS-B  $f^{ADS}$ , частота принимаемой э/м волны  $f^v$ , а также наблюдаемая частота изменения показаний секунд на циферблате часов на платформе  $f^{cl}$ , равны.

Другими словами,

$$f^l = f^t = f^{ADS} = f^v = f^{cl}. \quad (2)$$

В соответствии с (2), при наблюдении из начала координат устройств на движущейся платформе, секунды по наблюдаемым показаниям часов идут синхронно с наблюдаемыми вспышками лампы, полученными сигналами точного времени, принятыми сообщениями ADS-B, а также с периодами принятой э/м волны.

Это очень важный вывод.

Из (2) вытекает следующее. Так как частота принимаемой э/м волны равна наблюдаемой частоте хода показаний секунд движущихся часов, то есть  $f^v = f^{cl}$ , то интервал времени  $\Delta t_{obs}$ , отсчитанный по наблюдаемым показаниям движущихся часов за соответствующий интервал времени неподвижных часов  $\Delta t$ , численно равен среднему числу периодов принятой э/м волны  $n^v(\Delta t)$  (а также среднему числу наблюдаемых вспышек лампы, среднему числу принятых сигналов точного времени, среднему числу принятых сообщений ADS-B) за этот интервал времени неподвижных часов  $\Delta t$ .

Иначе говоря

$$\Delta t_{obs} = n^l(\Delta t) = n^t(\Delta t) = n^{ADS}(\Delta t) = n^v(\Delta t) = n^{cl}(\Delta t), \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} n^l(\Delta t) &= f^l \Delta t, \\ n^t(\Delta t) &= f^t \Delta t, \\ n^{ADS}(\Delta t) &= f^{ADS} \Delta t, \\ n^v(\Delta t) &= f^v \Delta t, \\ n^{cl}(\Delta t) &= f^{cl} \Delta t, \end{aligned}$$

$n^l(\Delta t), n^t(\Delta t), n^{ADS}(\Delta t), n^v(\Delta t), n^{cl}(\Delta t)$  – соответственно среднее число наблюдаемых вспышек лампы, среднее число принятых сигналов точного времени, среднее число принятых сообщений ADS-B, среднее число периодов принятой э/м волны, а также среднее число секунд по наблюдаемым показаниям расположенных на движущейся платформе часов, зафиксированное за интервал времени  $\Delta t$  по неподвижным часам (неподвижного) наблюдателя.

Из формул (3) следует, что

$$\Delta t_{obs} = f^l \Delta t = f^t \Delta t = f^{ADS} \Delta t = f^v \Delta t = f^{cl} \Delta t. \quad (4a)$$

Мы видим, что наблюдаемый интервал времени по показаниям движущихся часов  $\Delta t_{obs}$  можно определить разными способами, используя телескоп и видеорегистратор для наблюдения за движущимися часами в оптическом диапазоне, фотодетектор для регистрации вспышек лампы, передатчик и приемник радиосигналов точного времени, передатчик и приемник сообщений ADS-B, передатчик и приемник э/м волн.

Равенства (3) и (5) говорят о том, что какой бы способ наблюдения за движущимися часами не был выбран, во всех случаях наблюдения наблюдаемый темп хода движущихся часов будет один и тот же.

Другими словами, независимо от способа наблюдения показаний движущихся часов (с использованием телескопа в оптическом диапазоне, фотодетектора вспышек лампы, радиосигналов точного времени, ADS-B или э/м волн), неподвижный наблюдатель зафиксирует одни и те же показания движущихся часов, один и тот же наблюдаемый темп хода показаний движущихся часов.

Так, например, если на движущейся к неподвижному наблюдателю платформе имеются только часы и передатчик э/м волны частотой 1 Гц (одна волна в секунду), то величину наблюдаемого по показаниям движущихся часов интервала времени  $\Delta t_{obs}$  согласно (4a) можно определить по формуле

$$\Delta t_{obs} = f^v \Delta t, \quad (4b)$$

где  $f^v$  – частота принятой в начале координат э/м волны, которую можно измерить;  
 $\Delta t$  – интервал времени, прошедший по неподвижным часам (неподвижного) наблюдателя.

#### 4. Величина наблюдаемого по показаниям движущихся часов интервала времени

Выше было доказано, что независимо от способа наблюдения за показаниями движущихся часов (в том числе с использованием э/м волн), во всех случаях результат наблюдения будет одинаковым.

Рассмотрим теперь, что говорит о наблюдаемом интервале времени по показаниям движущихся часов СТО.

Первая формула расчета наблюдаемого по показаниям движущихся часов интервала времени вытекает из следующего положения СТО: «Если наблюдать часы из системы, по отношению к которой они равномерно движутся со скоростью  $v$ , то окажется, что они идут в  $1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$  раз медленнее, чем те же часы, неподвижные по отношению к этой системе» [12, с. 156].

В работе [14 с. 78] приведена следующая формула, подтверждающая это положение:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{obs}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}.$$

Отсюда следует что

$$\Delta t_{obs} = \Delta t \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}, \quad (5)$$

где  $\Delta t$  – интервал времени, прошедший по неподвижным часам (неподвижного) наблюдателя;

$\Delta t_{obs}$  – интервал времени, прошедший по наблюдаемым показаниям движущихся часов.

Вторая формула вытекает из эффекта Доплера. В СТО этот эффект определяется известными соотношениями:

при приближении передатчика к приемнику:

$$f^v = f_0^v \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{1 - \frac{v}{c}},$$

при удалении передатчика от приемника:

$$f^v = f_0^v \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{1 + \frac{v}{c}},$$

где  $f_0^v$  – частота передатчика;

$f^v$  – частота принимаемой э/м волны.

Учитывая, что в нашем примере передаваемая э/м волна имеет частоту 1 Гц, то есть  $f_0^v = 1$ , то при приближении платформы с часами к неподвижному наблюдателю

$$f^v = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{1 - \frac{v}{c}}. \quad (6)$$

Поскольку величина наблюдаемого по показаниям движущихся часов интервала времени  $\Delta t_{obs}$  согласно (4b) прямо пропорциональна частоте  $f^v$  принимаемой э/м волны, учитывая (6), можно получить:

$$\Delta t_{obs} = \Delta t \cdot f^v = \Delta t \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{1 - \frac{v}{c}}. \quad (7)$$

Эта формула дает второй ответ на вопрос о величине наблюдаемого интервала времени по показаниям приближающихся к неподвижному наблюдателю часов  $\Delta t_{obs}$ , если по неподвижным часам прошел интервал времени  $\Delta t$ .

Третью формулу можно получить из работы, которая опубликована в авторитетном журнале «Успехи физических наук», рекомендуемом ВАК и входящем в базы данных Scopus и WoS [15].

В этой работе приведена формула

$$\Delta t = \Delta t_{obs} \left(1 - \frac{v}{c}\right),$$

где  $\Delta t_{obs}$  – длительность события, происходящего на движущемся к неподвижному наблюдателю теле;

$\Delta t$  – длительность этого же события, измеренная неподвижным наблюдателем.

В соответствии с этим величина наблюдаемого интервала времени равна

$$\Delta t_{obs} = \Delta t \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}. \quad (8)$$

Формула (8) получена автором в работах [16-20]. В [16] приведены результаты экспериментального подтверждения достоверности формулы (8).

## 5. Результаты и обсуждение

Важным полученным результатом является следующее положение: среднее число наблюдаемых по показаниям движущихся часов секунд  $n^{cl}(\Delta t)$  за интервал времени  $\Delta t$  по неподвижным часам равно среднему числу периодов принятой э/м волны  $n^v(\Delta t)$  за этот же интервал времени  $\Delta t$  при частоте передатчика э/м волн равной 1 Гц:

$$n^{cl}(\Delta t) = n^v(\Delta t) = f^v \Delta t.$$

Так как величина наблюдаемого по показаниям движущихся часов интервала времени  $\Delta t_{obs}$  представляет собой число наблюдаемых по показаниям движущихся часов секунд  $n^{cl}(\Delta t)$ , прошедших за интервал времени  $\Delta t$ , то

$$\Delta t_{obs} = f^v \Delta t. \quad (9)$$

**Основной вывод:** величина наблюдаемого по показаниям движущихся часов интервала времени  $\Delta t_{obs}$  за интервал времени  $\Delta t$  по неподвижным часам, численно равна частоте принимаемых электромагнитных волн (при частоте передатчика, равной  $1 \text{ Гц}$ ), умноженной на величину этого интервала времени  $\Delta t$ .

Основной вывод (9) является следствием синхронного наблюдения хода секунд на движущихся

часах, всплеск лампы, получения радиосигналов точного времени и сообщений ADS-B, а также периодов принимаемой э/м волны.

Получены три разные формулы расчета одной и той же физической величины: интервала времени, прошедшего по наблюдаемым показаниям движущихся к неподвижному наблюдателю часов  $\Delta t_{obs}$  (5), (7) и (8). Эти формулы сведены в *таблицу 1*.

Таблица 1.

Три формулы расчета интервала времени, прошедшего по наблюдаемым показаниям движущихся к неподвижному наблюдателю часов  $\Delta t_{obs}$

Источник формулы	Преобразования Лоренца	Эффект Доплера	Публикации [15-20]
Формула	$\Delta t_{obs} = \Delta t \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$	$\Delta t_{obs} = \Delta t \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{1 - \frac{v}{c}}$	$\Delta t_{obs} = \Delta t \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$

Итак, отвечая на вопрос: сколько времени пройдет по наблюдаемым показаниям движущихся со скоростью  $v$  к неподвижному наблюдателю часов, если по часам этого наблюдателя пройдет интервал времени  $\Delta t$ , мы получили три разных ответа.

В *таблице 2* приведены численные значения наблюдаемого интервала времени, выраженного в секундах, прошедшего за одну секунду по неподвижным часам (неподвижного) наблюдателя при

скорости движения равной  $0,99$  скорости света. Значения, рассчитанные по разным формулам, существенно отличаются друг от друга. Значения в *таблице 2*, помеченные верхними индексами <sup>(1)</sup> и <sup>(2)</sup>, отличаются друг от друга в  $100$  раз, а значения, помеченные индексами <sup>(1)</sup> и <sup>(3)</sup>, отличаются друг от друга в  $708,9$  раз!

Таблица 2.

Результаты расчетов наблюдаемого интервала времени по формулам (5), (7) и (8), сек

Скорость движения, $v$	Преобразования Лоренца, (5)	Эффект Доплера, (7)	Публикации [15-20], (8)
$0,99 c$	$0,1410^{(1)}$	$14,1067^{(2)}$	$100^{(3)}$
$3500 \text{ м/с}$	$0,999\ 999\ 999\ 931\ 94$	$1,000\ 011\ 666\ 734\ 72$	$1,000\ 011\ 666\ 802\ 78$

При скорости движения, сопоставимой с линейной скоростью движения спутников глобальных навигационных систем (ГНСС), равной  $3500 \text{ м/с}$ , формула (5) по сравнению с формулой (8) дает относительную погрешность значения наблюдаемого интервала времени  $1,167 \cdot 10^{-05}$ , формула (7) по сравнению с формулой (8) приводит к относительной погрешности  $6,805 \cdot 10^{-11}$ . Поскольку точность часов на спутниках ГНСС имеет порядок  $5 \cdot 10^{-11}$ , то погрешности, к которым приводят формулы СТО, являются недопустимо высокими с точки зрения современных требований к точности определения времени в ГНСС.

Заметим, что использование формулы (5) по сравнению с формулой (8) влечет за собой погреш-

ность вычислений наблюдаемого интервала времени, равную  $1,167 \cdot 10^{-05}$ . За это время электромагнитные волны распространяются на расстояние примерно  $3,5 \text{ км}$ . Поскольку погрешность определения местоположения в ГЛОНАСС (глобальной навигационной спутниковой системе) согласно современным требованиям не должна превышать  $12 \text{ м}$  в горизонтальной плоскости [22], то отсюда вытекает вывод, что использование ошибочных формул СТО в спутниковых навигационных системах может привести к неприемлемым ошибкам в определении местоположения.

Итак, в случае использования ошибочных формул СТО могут возникнуть недопустимые по современным требованиям ошибки оценки времени и места в спутниковых навигационных системах.

Другими словами, использовать СТО в современных спутниковых навигационных системах нельзя.

Отвечая на один вопрос, мы получили три разных ответа. Очевидно, что ответ на этот вопрос может быть только один. В противном случае, по меткому выражению одного из ученых – доктора технических наук, «наблюдателя, который, наблюдая за одними часами, одновременно видит три разных значения времени, нужно будет везти в психиатрическую больницу».

Отсюда неизбежно следует вывод: как минимум одна из формул СТО (5) или (7) является ошибочной. Не исключено, что и обе эти формулы являются ошибочными.

Вопрос о наблюдаемых показаниях приближающихся к наблюдателю часов привел к трем кардинально (в 100 и в 709 раз) отличающимся ответам. Физический смысл полученного результата следующий: если неподвижный наблюдатель будет следить за показаниями движущихся к нему часов, то в соответствии со СТО, с использованием разных ее формул, а также с использованием формулы, приведенной в [15-20], он придет к выводу: наблюдаемые часы, по их наблюдаемым показаниям, *одновременно* идут с тремя разными скоростями (с разным темпом хода). Эти скорости хода одних и тех же часов, в один и тот же момент времени, отличаются в сотни раз. Очевидно, что этого быть не может (в противном случае, наблюдателя, обнаружившего это удивительное явление, ждет психиатрическая больница).

## 6. Ключевой вопрос настоящей работы

Таким образом, возникает важный вопрос: какая из трех формул (5), (7) и (8) является истинной?

Формула (5) вытекает из преобразований Лоренца. Формула (7) – из соотношения СТО для эффекта Доплера.

## 7. СТО – это ошибочный раздел физики

Формулы СТО противоречат друг другу. В любой точной науке разные формулы вычисления одной и той же величины, при одних и тех же исходных данных, *в одной системе отсчета* (если речь идет о физике, воздушной навигации и т.п.), должны приводить к одному и тому же (одинаковому) значению.

Представим себе, например, что разные формулы евклидовой геометрии приводят к разным значениям площади треугольника или какой-либо другой фигуры. Если бы нашелся пример, иллюстрирующий такое, то евклидова геометрия сразу была бы признана ошибочным разделом математики.

Или представим, что разные формулы расчета высоты воздушного судна над горой дают совершенно разные значения высоты, которые отличаются друг от друга в 100 или в 709 раз (как в рассмотренном примере с использованием формул СТО). В таком случае одна формула расчета высоты приводила бы к результату высоты над горой 1000

(тысяча) м, а другая формула давала бы высоту в 709 раз меньше, то есть примерно 0,14 м (всего 14 см). Можно бы было пользоваться такими формулами воздушной навигации для обеспечения безопасности воздушного движения? Нет, конечно. Если бы нашелся пример, иллюстрирующий тот факт, что разные формулы воздушной навигации приводят к противоречивым значениям высоты (или любой другой навигационной величины), то такая «воздушная навигация» сразу же была бы признана несостоятельной, а ее формулы – ошибочными.

Как мы увидели в этой работе, есть только одна ветвь точной науки (физики), в которой принцип непротиворечивости вычислений не соблюдается. Это СТО. С одной стороны, СТО как подраздел физики должна быть точной наукой. Но поскольку в СТО не соблюдается принцип непротиворечивости вычислений, то, строго говоря, СТО не может считаться точной наукой.

В этой работе приведен пример расчета одной и той же физической величины, в одной и той же системе отсчета, при одних и тех же исходных данных, иллюстрирующий противоречивость, а значит, строго говоря, и ошибочность формул СТО.

Наука, в которой используются ошибочные формулы, сама по себе является ошибочной наукой. Следовательно, СТО является в корне ошибочной, несостоятельной теорией, которую невозможно использовать таких прикладных науках как спутниковая навигация. СТО – это ошибочная ветвь физики.

## Заключение

В настоящей проблемной статье получены три разные формулы расчета одной и той же физической величины: наблюдаемого интервала времени по показаниям движущихся к неподвижному наблюдателю часов.

При одних и тех же исходных данных эти формулы дают значения, которые при скорости 0,99 скорости света отличаются друг от друга в 100 и в 709 раз.

С использованием разных формул СТО сделан расчет наблюдаемого интервала времени часов спутниковых навигационных систем. Оказалось, при скорости движения навигационных спутников 3500 м/с формулы СТО приводят к ошибке порядка  $1 \cdot 10^{-05}$ . Эта ошибка оценки времени может привести к ошибке определения расстояния, пройденного э/м волнами, порядка 3000 м.

При пределе допускаемой погрешности определения местоположения потребителей ГЛОНАСС в горизонтальной плоскости, равной 12 м, ошибки, к которым приводят формулы СТО, безусловно, недопустимы.

Возникает вопрос: какая из трех формул (5), (7) или (8) является истинной?

Ответ на этот вопрос является важным в силу того, что СТО используется в прикладных науках, в частности при разработке глобальных спутниковых навигационных систем, ракетной и космической техники.

Использование ошибочных формул может привести не только к ошибочной работе авиационной и космической техники, в которой используются эти формулы, но и к катастрофическим последствиям. Именно поэтому определение того, какая из формул СТО является истинной, является важной и актуальной научной задачей.

В точных науках разные формулы расчета одной и той же величины при одинаковых исходных данных должны приводить к одинаковому результату. В СТО этот принцип непротиворечивости вычислений не соблюдается, что свидетельствует о несостоятельности СТО и об ошибочности ее формул.

Следовательно, СТО является ошибочным разделом физики. Ее невозможно использовать в таких прикладных науках как спутниковая навигация.

## Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность д.т.н. Яковлеву Виктору Тимофеевичу за обсуждение рассматриваемых в работе вопросов, поддержку и рекомендации по изложению материала.

## Литература

- [1] Тяпкин, В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС: монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 260 с. ISBN 978-5-7638-2639-5.
- [2] Ashby, N. Relativity in GNSS. In: Ashtekar, A., Petkov, V. (eds) Springer Handbook of Spacetime. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. [[https://doi.org/10.1007/978-3-642-41992-8\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41992-8_24)]
- [3] Fidalgo, J. "LIFELINE: Feasibility Study of Space-Based Relativistic Positioning System / Fidalgo, J., Melis, S., Kosti, U., Delva, P., Mendes, L., Prieto-Cerdeira, R. // " Proceedings of the 34th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2021), St. Louis, Missouri, September 2021, pp. 3979-3989. <https://doi.org/10.33012/2021.18140>
- [4] Global Positioning System: Theory and Application / Edited by B.W. Parkinson, J.J. Spilker Jr. – AIAA, Inc., Washington, vol. 1, 1996.
- [5] Kouba, J. Relativity effects of Galileo passive hydrogen maser satellite clocks. GPS Solut 23, 117 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0910-7>
- [6] Mudrak, A. Relativistic Corrections in the European GNSS Galileo / Mudrak, A., De Simone, P. & Lisi, M // Aerotec. MissiliSpaz. 94, 2015. С. 139–144 (2015).
- [7] Understanding GPS: Principles and Applications / Ed. by E D. Kaplan. Aitech House, Inc., Norwood, Massachusetts, 1996. [<https://doi.org/10.1007/BF03404697>]
- [8] Жмудь В. А. О природе релятивистской концепции поправки к данным от глобальных систем GPS и ГЛОНАСС: взгляд с позиции теории замкнутых систем (автоматики). Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 87-141.
- [9] Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 7-35.
- [10] Эйнштейн А. О возможности нового доказательства принципа относительности // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука, 1965. – С. 49-50.
- [11] Эйнштейн А. О принципе относительности и его следствиях // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука. – 1965. – С. 65-114.
- [12] Эйнштейн А. Принцип относительности и его следствия в современной физике // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука. – 1965. – С. 138-164.
- [13] Эйнштейн А. О специальной и общей теории относительности // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука. – 1965. – С. 530-600.
- [14] Угаров В. А. Специальная теория относительности. М.: Наука, 1977.
- [15] Болотовский Б. М., Малыкин Г. Б. Видимая форма движущихся тел // Успехи физических наук. 2019. Т. 189. № 10. С. 1084-1103.
- [16] Плясовских А. П. и другие. Эксперимент по измерению наблюдаемого темпа хода движущихся часов // Автоматика и программная инженерия. 2022, №4(42) URL: <http://www.jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-4-2022-4.pdf>
- [17] Плясовских А. П. О возможности движения тел со сверхсветовой скоростью. – LAPLAMBERT Academic Publishing, 2021. – 152 с.– ISBN 978-620-4-71514-8
- [18] Плясовских А. П. Закон абберации и его приложения в навигации и управлении воздушным движением. – М.: Знание-М, 2022. – 70 с. – ISBN 978-5-00187-223-8
- [19] Плясовских А. П. К вопросу абберации при продольном движении материальной точки относительно наблюдателя // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2022/02/97670> (дата обращения: 10.02.2022).
- [20] Плясовских А. П. О законе абберации // Естественнонаучный журнал «Точная наука». 2022. № 131. С. 30-42. URL: <https://idpluton.ru/wp-content/uploads/tv131.pdf> (дата обращения: 02.05.2022).
- [21] Plyasovskikh A. P. et al. The using of special relativity in navigation and ATC // International Scientific Journal "Science and Innovation". Series A. Volume 2 Issue 2. 07.02.2023. – P. 46-61. URL: <http://scien-tists.uz/view.php?id=3729>
- [22] ГОСТ 32454-2013. Межгосударственный стандарт. Глобальная навигационная спутниковая система. Параметры радионавигационного поля. Технические требования и методы испытаний (введен в действие Приказом Росстандарта от 15.04.2014 N 355-ст).





**Александр Петрович Плясовских**  
orcid.org 0000-0003-2250-8852,  
доктор технических наук  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова»,  
главный конструктор средств ор-

ганизации воздушного движения,  
АО «Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз-Антей» - Обуховский завод», г. Санкт-Петербург  
E-mail: [al.plyasovskikh@yandex.ru](mailto:al.plyasovskikh@yandex.ru)

Статья поступила 07.06.2023

## On the question of the reliability of the formulas of the special theory of relativity

A.P. Plyasovskikh

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov, St. Petersburg, Russia

*Abstract.* The paper considers three formulas for calculating the observed time interval according to the indications of a clock moving towards the observer. The first formula follows from the Lorentz transformations of the special theory of relativity (SRT), the second - from the SRT relation for the Doppler Effect, the third formula is given in an article published in the scientific journal "Uspekhi fizicheskikh nauk". It is shown that under the same conditions, with the speed of movement towards the observer equal to 0.99 of the speed of light, the formulas give different results, differing from each other by 100 and 709 times. The question is raised about the choice of the true formula. The relevance of the work is due to the fact that SRT is used in applied sciences, in particular in the development of global satellite navigation systems, rocket and space technology. It is shown that the use of SRT formulas can lead to errors in determining the observed time interval of clocks of satellite navigation systems of the order of  $1 \cdot 10^{-05}$ . Such an error in determining the time can lead to an error in determining the distance to the navigation satellite equal to 3000 m. The error in determining the location of GLONASS navigation receivers in the horizontal plane should not exceed 12 m, therefore, the errors in calculating the time intervals that SRT formulas lead to, of course, unacceptable. The use of erroneous formulas can lead not only to the erroneous operation of aviation and space technology, in which these formulas are used, but also to catastrophic consequences.

*Key words:* special relativity, special relativity, observer, clock, observed clock readings, Doppler effect.

### References

- [1] Tyapkin, V. N. Metody opredeleniya navigacion-nyh parametrov podvizhnyh sredstv s ispol'zo-vaniem sputnikovoj radionavigacionnoj sistemy GLONASS: monografiya / V. N. Tyapkin, E. N. Garin. – Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2012. – 260 p. ISBN 978-5-7638-2639-5.
- [2] Ashby, N. Relativity in GNSS. In: Ashtekar, A., Petkov, V. (eds) Springer Handbook of Spacetime. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. [[https://doi.org/10.1007/978-3-642-41992-8\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41992-8_24)]
- [3] Fidalgo, J. "LIFELINE: Feasibility Study of Space-Based Relativistic Positioning System / Fidalgo, J., Melis, S., Kosti, U., Delva, P., Mendes, L., Prieto-Cerdeira, R. // " Proceedings of the 34th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2021), St. Louis, Missouri, September 2021, pp. 3979-3989. <https://doi.org/10.33012/2021.18140>
- [4] Global Positioning System: Theory and Application / Edited by B.W. Parkinson, J.J. Spilker Jr. – AIAA, Inc., Washington, vol. 1, 1996.
- [5] Kouba, J. Relativity effects of Galileo passive hydrogen maser satellite clocks. GPS Solut 23, 117 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0910-7>
- [6] Mudrak, A. Relativistic Corrections in the European GNSS Galileo / Mudrak, A., De Simone, P. & Lisi, M // Aerotec. MissiliSpaz. 94, 2015. P. 139–144 (2015).
- [7] Understanding GPS: Principles and Applications / Ed. by E D. Kaplan. Aitech House, Inc., Norwood, Massachusetts, 1996. [<https://doi.org/10.1007/BF03404697>]
- [8] Zhmud V. A. O prirode relyativistskoj koncepcii popravki k dannym ot global'nyh sistem GPS i GLONASS: vzglyad s pozicii teorii za-mknutyh sistem (avtomatiki). Avtomatika i pro-grammnaya inzheneriya. 2014. № 4 (10). P. 87-141.
- [9] Ejnshtejn A. K elektrodinamike dvizhushchihsya tel // Sobr. nauch. tr. – T. 1. – M.: Nauka, 1965. – S. 7-35.
- [10] Ejnshtejn A. O vozmozhnosti novogo dokazatel'stva principa otноситel'nosti // Sobr. nauch. tr. – V. 1. – M., Nauka, 1965. – P. 49-50.
- [11] Ejnshtejn A. O principe otноситel'nosti i ego sledstviyah // Sobr. nauch. tr. – V. 1. – M., Nauka. – 1965. – P. 65-114.
- [12] Ejnshtejn A. Princip otноситel'nosti i ego sledstviya v sovremennoj fizike // Sobr. nauch. tr. – V. 1. – M., Nauka. – 1965. – P. 138-164.
- [13] Ejnshtejn A. O special'noj i obshej teorii ot-nositel'nosti // Sobr. nauch. tr. – V. 1. – M., Nauka. – 1965. – P. 530-600.
- [14] Ugarov V. A. Special'naya teoriya otноситel'no-sti. M.: Nauka, 1977.
- [15] Bolotovskij B. M., Malykin G. B. Vidimaya forma dvizhushchihsya tel // Uspekhi fizicheskikh nauk. 2019. T. 189. № 10. P. 1084-1103.
- [16] Plyasovskikh A. P. i drugie. Eksperiment po izme-reniyu nablyudaemogo tempa hoda dvizhushchihsya cha-sov // Avtomatika i programmnaya inzheneriya. 2022,

№4(42) URL: <http://www.jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-4-2022-4.pdf>

- [16] Plyasovskih A. P. O vozmozhnosti dvizheniya tel so sverhsvetovoj skorost'yu. – LAPLAMBER-TAcademicPublishing, 2021. – 152 s.– ISBN 978-620-4-71514-8
- [17] Plyasovskih A. P. Zakon aberracii i ego prilozheniya v navigacii i upravlenii vozдушnym dvi-zheniem. –M.: Znanie-M, 2022. – 70 s. – ISBN 978-5-00187-223-8
- [18] Plyasovskih A. P. K voprosu aberracii pri pro-dol'nom dvizhenii material'noj točki otноси-tel'no nablyudatelya // Sovremennye nauchnye is-sledovaniya i innovacii. 2022. № 2. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2022/02/97670>.
- [19] Plyasovskih A. P. O zakone aberracii // Estestvennonauchnyj zhurnal «Tochnaya nauka». 2022. № 131. P. 30-42. URL: <https://idpluton.ru/wp-content/uploads/tv131.pdf> (data obrashcheniya: 02.05.2022).
- [20] Plyasovskikh A. P. et al. The using of special relativity in navigation and ATC // International Scientific Journal "Science and Innovation". Series A. Volume 2 Issue 2. 07.02.2023. – R. 46-61. URL: <http://scien-tists.uz/view.php?id=3729>
- [21] GOST 32454-2013. Mezhgosudarstvennyj stan-dart. Global'naya navigacionnaya sputnikovaya si-stema. Parametry radionavigacionnogo polya. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy (vveden v dejstvie Prikazom Rosstandarta ot 15.04.2014 N 355-st).



**Alexander Petrovich Plyasovskikh**

orcid.org 0000-0003-2250-8852,  
Doctor of Technical Sciences  
St. Petersburg State University of  
Civil Aviation named after Chief  
Marshal of Aviation A.A. Novikov,  
chief designer of air traffic manage-  
ment facilities,  
JSC "North-Western Regional  
Center of Concern VKO "Almaz-  
Antey" - Obukhov Plant"  
Saint Petersburg  
E-mail: [al.plyasovskih@yandex.ru](mailto:al.plyasovskih@yandex.ru)

The paper has been received on 07/06/2023