

ISSN 2312-4997

АВТОМАТИКА и ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

2014 № 4(10)

Главный редактор д.т.н., доцент В.А. Жмудь, заведующий кафедрой автоматике
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ), зам.
директора ОАО «Новосибирский институт программных систем» (НИПС), **Россия**
Ответственный секретарь д.т.н., доцент Г.А. Французова, НГТУ, **Россия**

Редакционная коллегия:

| | |
|---|--|
| Александр Валерьевич Ляпидевский | Директор ОАО «Новосибирский институт программных систем» (ОАО «НИПС»), к.э.н., Россия |
| Анатолий Сергеевич Востриков | Профессор кафедры Автоматики НГТУ, д.т.н., Заслуженный преподаватель РФ, академик МАН ВШ, Россия |
| Владимир Иванович Гужов | Профессор кафедры Вычислительной техники Новосибирский государственный технический университет, Россия |
| Shiva S. Mahapatra | Professor in the Department of Mechanical Engineering, NIT Rourkela, India |
| Hubert Roth | Head of the Department of Automatic Control Engineering of University of Siegen, Professor, Germany |
| You Bo | Director of Institute of Robotics and Automation Technology, Dean of School of Automation, Professor, Harbin University of Science and Technology, China |
| Любомир Ванков Димитров | Декан машиностроительного факультета Технического университета Софии, доктор, профессор, Болгария |
| Ярослав Носек | Профессор факультета мехатроники, информатики и междисциплинарного образования Технического университета г. Люберец, доктор, Чехия |
| Петр Тума | Профессор факультета мехатроники, информатики и междисциплинарного образования Технического университета г. Люберец, доктор, Чехия |
| Неъматжон Рахимович Рахимов | Руководитель лаборатории Оптоэлектронного метода неразрушающего контроля» СГГА, профессор, д.т.н., Россия, Узбекистан |
| Геннадий Павлович Цапко | Заведующий кафедрой автоматике и компьютерных систем Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИТПУ), директор Научно-образовательного центра CALS-технологий, профессор, д.т.н., академик Международной академии информатизации, Россия |

| | |
|--|---|
| Александр Максимович Малышенко | Профессор кафедры интегрированных компьютерных систем управления НИТПУ, д.т.н., академик МАН ВШ и Академии электротехнических наук РФ, Россия |
| Василий Васильевич Губарев | Заведующий кафедрой Вычислительной техники НГТУ, профессор, д.т.н., Заслуженный деятель науки, Заслуженный работник высшей школы РФ, академик РАЕН, академик МАИ, Россия |
| Александр Александрович Воевода | Профессор кафедры Автоматики НГТУ, д.т.н., академик МАН ВШ, Россия |
| Вадим Яковлевич Копп | Заведующий кафедрой автоматизированных приборных систем Севастопольского национального технического университета, Заслуженный деятель науки и техники Украины, д.т.н., профессор, Севастополь, Россия |
| Евгений Владимирович Рабинович | Профессор кафедры Вычислительной техники НГТУ, д.т.н., профессор, Россия |
| Михаил Геннадьевич Гриф | Заведующий кафедрой Автоматизированных систем управления НГТУ, д.т.н., профессор, Россия |
| Vimal J. Savsani | Associate Professor at B. N. Gardi college of engineering and technology, Surat, India |
| Борис Дмитриевич Борисов | Заведующий лабораторией Института Лазерной физики СО РАН (ИЛФ СО РАН), д.т.н., Россия |
| Сергей Леонидович Миньков | Заведующий кафедрой информационного обеспечения инновационной деятельности Национального исследовательского университета «Томский государственный университет», к.ф.-м.н., ст. н. сотр., чл.-корр. МАИ, Россия |
| Борис Викторович Поллер | Заведующий лабораторией Института Лазерной физики СО РАН (ИЛФ СО РАН), д.т.н., Россия |
| Татьяна Владимировна Авдеенко | Заведующий кафедрой Экономической информатики НГТУ, профессор, д.т.н., Россия |
| Баярын Бат-Эрдэнэ | Заместитель директора по научным исследованиям и инновациям Энергетического Института Монгольского государственного университета науки и технологии, к.т.н. асс. профессор. Монголия |
| Анатолий Михайлович Корилов | Зав. кафедрой автоматизированных систем управления и радиоэлектроники ТУСУРа, профессор, д.т.н., акад. МАН ВШ, специалист в области системного анализа и ТАУ. Россия |
| Виталий Сергеевич Щербаков | Декан факультета «Нефтегазовая и строительная техника», д.т.н., профессор СибАДИ, Омск, Россия |

| | |
|--------------------------------------|---|
| Алексей Александрович Руппель | И.о. зак. каф. АППиЭ, к.т.н., доцент СибАДИ, Омск, Россия |
| Сэнгэ Самбуевич Ямпиров | Профессор каф. «Биомедицинская техника» ПАПП, д.т.н., Улан-Удэ, Россия |
| Владимир Иванович Гололобов | Руководитель лаборатории ОАО «НИПС», к.т.н., Россия |
| Михаил Витальевич Калинин | Руководитель отдела ОАО «НИПС», Россия |
| Константин Витальевич Змеу | Доцент, к.т.н., Заведующий кафедрой Технологий промышленного производства, Инженерной школы Федерального дальневосточного университета, Владивосток, Россия |
| Thierry Chateau | Head of Department, Professor, Institutute Pascal, Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, France . |
| Wolfram Hardt | Prodekan für Internationales, Direktor Universitätsrechenzentrum, Professor für Technische Informatik, Technische Universität Chemnitz, Germany |
| Виктор Петрович Мельчинов | К.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой радитехники и информационных технологий Северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия |
| Вячеслав Николаевич Федоров | К.т.н., доцент кафедры радитехники и информационных технологий Северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия |
| Ульяна Анатольевна Михалёва | К.т.н., заведующий кафедрой «Многоканальные телекоммуникационные системы» Технологического института ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный Федеральный Университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия |

УДК 681.2; 681.3; 681.5; 681.7

Автоматика и программная инженерия (Automatics & Software Enginery) № 3(9), 2014,
ISSN 2312-4997. Основан в июне 2012 г.

Учредитель журнала:

Открытое акционерное общество «Новосибирский институт программных систем»
Сайт организации: www.nips.ru

Свид. о регистрации ПИ № ФС77-55079

Адрес редакции:

630090, Россия, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 6/1,
ОАО «НИПС», заместителю директора по науке

e-mail: oao_nips@bk.ru
web: <http://www.jurnal.nips.ru/>

Подписано в печать 29 декабря 2014 г.

Оглавление

| | |
|---|-----------|
| I. Автоматика. Автоматизированные системы..... | 7 |
| Использование дифференцирующего фильтра второго порядка для фильтрации сигналов акселерометра и определения производной | 9 |
| Управление объектом с одним выходом с использованием двух входных каналов воздействия | 15 |
| Повышение точности управления объектом совмещением достоинств нескольких датчиков | 29 |
| II. Робототехника. Программные средства и системы. Свободное и открытое программное обеспечение. | 36 |
| Модификация адаптивной системы для подавления влияния шумов | 38 |
| III. Инновационные технологии. Перспективные технологии. Моделирование систем. Численная оптимизация..... | 44 |
| Энергетические распределения рассеянных на графене атомов углерода в зависимости от угла их скользящего падения | 46 |
| Оптоэлектронная система для дистанционного контроля взрывоопасных концентраций углеводородов в атмосфере..... | 52 |
| Об усеченной модели объекта управления..... | 55 |
| IV. Измерительные средства и системы..... | 64 |
| Использование платформы STM32VLDISCOVERY для построения простой системы сбора и обработки данных | 66 |
| V. Популярные статьи. Введение в специальность. | 74 |
| Отличие фундаментальной метрологии от классической | 76 |
| Связь уравнений Томаса-Ферми и Риккати | 81 |
| VI. Дискуссии. Форум. К сведению авторов..... | 85 |
| О природе релятивистской концепции поправки к данным от глобальных систем GPS и ГЛОНАСС: взгляд с позиции теории замкнутых систем (автоматики)..... | 87 |
| Требования к публикациям в научном электронном журнале «Автоматика и программная инженерия» | 142 |
| Content | 144 |

**I. Автоматика.
Автоматизированные системы.**

Содержание раздела:

- Д.С.Федоров, А.Ю. Ивойлов, В.А. Жмудь, В.Г. Трубин. Использование дифференцирующего фильтра второго порядка для фильтрации сигналов акселерометра и определения производной. ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия). Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 9–14.
- В.А. Жмудь, О.Д. Ядрышников, В.М. Семибаламут. Управление объектом с одним выходом с использованием двух входных каналов воздействия. ФГБОУ ВПО НГТУ и ФГБУН Геофизическая служба СО РАН (Новосибирск, Россия). Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 15–28.
- В.А. Жмудь, О.Д. Ядрышников, В.М. Семибаламут. Повышение точности управления объектом совмещением достоинств нескольких датчиков. ФГБОУ ВПО НГТУ и ФГБУН Геофизическая служба СО РАН (Новосибирск, Россия). Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 29–35.

Использование дифференцирующего фильтра второго порядка для фильтрации сигналов акселерометра и определения производной

Д.С.Федоров, А.Ю. Ивойлов, В.А. Жмудь, В.Г. Трубин
ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск, Россия

Аннотация: Рассматривается вопрос фильтрации и определения первой производной сигналов с акселерометра ADXL335.

Ключевые слова: Акселерометр, ADXL335, фильтрация, дифференцирующий фильтр второго порядка, микроконтроллер.

ВВЕДЕНИЕ

Акселерометры широко распространены и применяются, в основном, для измерения проекций абсолютного линейного ускорения (необходимо для определения скорости и координаты движущегося устройства) и получения проекций гравитационного ускорения (что позволяет рассчитать величину отклонения от вертикали). Акселерометр формирует на выходе высокочастотный сигнал. При этом даже в состоянии покоя сигналы на его выходах имеют высокочастотную составляющую, что может быть проблемой в конкретной системе, использующей данное устройство, особенно если необходимо вычислять производную от этих сигналов. В статье рассмотрены особенности использования дифференцирующего фильтра второго порядка, реализованного на микроконтроллере, для фильтрации сигналов акселерометра и определения их первой производной. Эти особенности могут применяться для любых других датчиков, выход которых зашумлен.

ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИЙ ФИЛЬТР

Дифференцирующий фильтр – это устройство, позволяющее получить оценку фильтруемой величины, а так же её производные. Рассмотрим его работу на примере дифференцирующего фильтра второго порядка. Структурная схема фильтра приведена на рис. 1. Данной структурной схеме соответствует дифференциальное уравнение:

$$y = T^2 \ddot{y}_0 + 2d T \dot{y}_0 + y_0$$

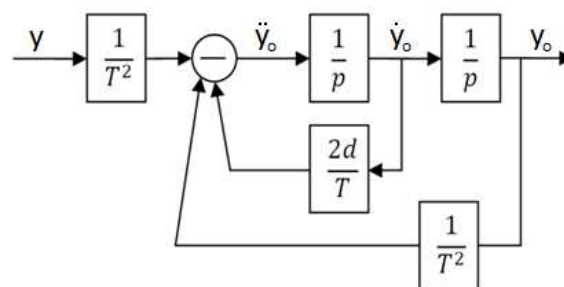


Рис. 1 Структурная схема фильтра, y - фильтруемый

сигнал, y_0 - его оценка $\dot{y}_0 = \frac{dy_0}{dt}$, $\ddot{y}_0 = \frac{d\dot{y}_0}{dt}$

На вход фильтра подается выходной сигнал объекта, на выходе можно получить оценку выходного сигнала объекта и ее первую производную. Теоретически, данный фильтр так же позволяет получить оценку второй производной (для этого необходимо взять сигнал с входа первого интегратора), но в силу зашумленности выходного сигнала объекта, качество получаемой оценки второй производной, как правило, неудовлетворительно. Для корректного определения n -й производной требуется дифференцирующий фильтр порядка $n + 1$ [1].

При построении фильтра необходимо правильно выбрать его параметры. Основными параметрами данного фильтра являются постоянная времени фильтра T и коэффициент демпфирования d . Первый параметр определяет длительность переходных процессов в фильтре, то есть, фактически, его быстродействие. Второй параметр определяет колебательность процессов в фильтре. Рекомендуется выбирать данный параметр в пределах 0.5 – 1. Величина постоянной времени фильтра определяется темпами процессов в объекте. Для корректного оценивания выходного сигнала объекта необходимо, чтобы постоянная времени фильтра была в 3 – 5 раз меньше, чем наименьшая постоянная времени объекта. Однако, следует помнить, что чем меньше значение постоянной

времени фильтра, тем хуже эффект от его применения. Таким образом, значение постоянной времени должно быть достаточно малым, чтобы задержка выходного сигнала фильтра была приемлемой, но в то же время достаточно большим, чтобы помехи выходного сигнала успешно сглаживались.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРА

Ниже приведены результаты моделирования дифференцирующего фильтра второго порядка в среде *MatLab*. На входной сигнал, накладывалась помеха типа “белый шум”. Моделирование показывает, какое влияние на процессы в фильтре оказывает значение постоянной времени. На *рис. 2* и *рис. 4* показаны графики сигнала и его оценки при различных значениях постоянной времени фильтра T и различной форме самого сигнала. На *рис. 3* и *рис. 5* – графики оценок производных сигнала.

Как видно из графиков, с увеличением постоянной времени T улучшается качество выходного сигнала, но в то же время, возрастает задержка между входом и выходом фильтра. В связи с дифференцированием входного сигнала, который зашумлен, происходит усиление высокочастотной составляющей. Эту составляющую эффективно подавляет дифференцирующий фильтр.

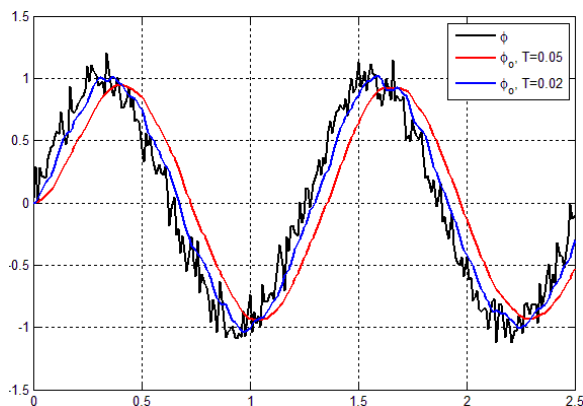


Рис. 2. Сравнение сигнала и его оценки при различных значениях T



Рис. 3. Сравнение оценок производных сигнала при различных значениях T

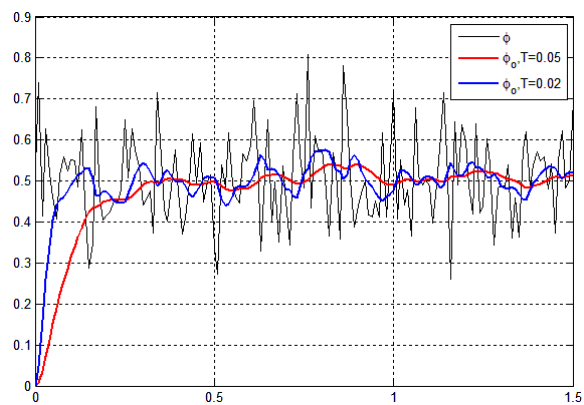


Рис. 4. Сравнение сигнала и его оценки при различных значениях T

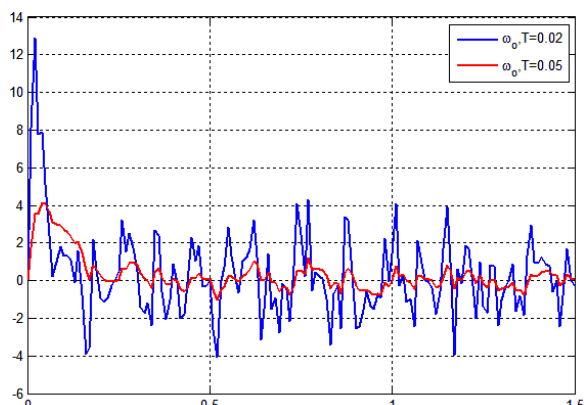


Рис. 5. Сравнение оценок производных сигнала при различных значениях T

РЕАЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТРА

Наиболее простой способ реализации дифференцирующего фильтра второго порядка со структурой, описанной выше, состоит в замене операции интегрирования операцией суммирования:

$$y = \int_{t_1}^{t_2} \dot{y} dt \rightarrow y[k] = y[k-1] + dy[k] \times dt,$$

где $y[k-1]$ – значение фильтруемого параметра на предыдущем шаге, $y[k]$ – значение на текущем, $dy[k]$ – входной параметр интегратора (производная выходного сигнала) на текущем шаге, dt – шаг интегрирования. Фильтр второго порядка может быть реализован последовательным выполнением следующих операций:

$$d^2 y_0[k] = \frac{y[k]}{T^2} - \frac{2d \cdot dy_0[k-1]}{T} - \frac{y_0[k-1]}{T^2},$$

$$dy_0[k] = dy_0[k-1] + d^2 y_0[k] \cdot dt,$$

$$y_0[k] = y_0[k-1] + 2y_0[k] \cdot dt,$$

где, $d^2 y_0$ – значение оценки второй производной, $d y_0$ – значение оценки первой производной, y_0 – значение оценки фильтруемой величины, y – значение фильтруемой величины, dt – шаг интегрирования.

В отличие от теоретической модели фильтра, в фильтре, реализованном на микроконтроллере, появляется еще один важный параметр, который необходимо правильно выбрать. Это шаг интегрирования. Основное правило при его выборе – шаг интегрирования должен быть меньше наименьшего параметра фильтра, то есть, постоянной времени. Для корректной работы фильтра необходимо, чтобы шаг интегрирования был меньше постоянной времени хотя бы в 3 раза.

Существует еще одна особенность при реализации фильтра на микроконтроллере. Большинство микроконтроллеров могут работать лишь с целочисленной арифметикой, поэтому, во избежание потерь данных при делении, необходимо выполнять сдвиг влево на несколько разрядов перед операцией деления (что эквивалентно умножению на 2 в некоторой степени), а по завершении всех операций, выполнять обратный сдвиг (эквивалентно делению).

Для работы в реальном времени, операции, приведенные выше, могут быть реализованы в виде функции, которая вызывается через интервалы времени, равные выбранному шагу интегрирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРА

Ниже представлены результаты применения дифференцирующего фильтра второго порядка для акселерометра *ADXL335*. Данный акселерометр выдает проекции результирующего ускорения на его оси чувствительности в виде аналогового сигнала (напряжения) [2]. Данный сигнал измеряется микроконтроллером *STM32F100RBT6B* с помощью встроенного АЦП. Это 12-разрядный АЦП с минимальным временем преобразования 1,2 мкс и погрешностью 2...5 МЗР [3]. Микроконтроллер расположен на отладочной плате *STM32VLDISCOVERY*. Внешний вид системы представлен на *рис. 6*. В её составе, помимо отладочной платы и акселерометра, присутствует *Bluetooth*-модуль *HC-05*, необходимый для передачи данных на ПК, на основе которых будут строиться графики. В управляющей программе микроконтроллера реализован дифференцирующий фильтр, который работает по алгоритму, описанному в предыдущем разделе. На графиках *рис. 7–10* представлены результаты обработки данных о проекции ускорения на одну из осей чувствительности акселерометра. Следует отметить, что данный метод фильтрации можно применить для аналоговых датчиков различного типа, сигнал которых зашумлен высокочастотной помехой.

На *рис. 7, 8* представлены результаты для случая, когда акселерометр находился во вращении. Данные графики позволяют оценить

влияние постоянной времени на быстродействие фильтра (динамику системы). Измерения проводились с шагом 1 мс. Как видно из графиков, при значениях постоянной времени фильтра $T = 20$ мс и $T = 5$ мс разброс значений выходного сигнала существенно меньше разброса входной величины (черная линия на графике). Однако качество оценки производной входного сигнала выше при значении постоянной времени 20 мс. Но в этом случае, быстродействие фильтра хуже.

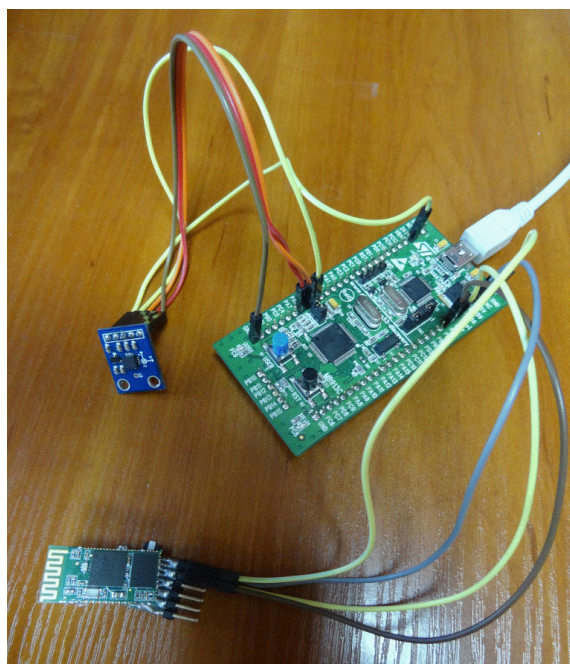


Рис. 6. Внешний вид системы

На *рис. 9, 10* представлены результаты для случая, когда акселерометр находился в состоянии покоя. Измерения проводились при тех же параметрах, что и в первом случае. Таким образом, можно сделать следующий вывод.

В случае если быстродействие системы не является критичным для конкретной задачи, постоянную времени фильтра можно выбирать относительно большой, по сравнению с шагом измерения. Это позволит существенно улучшить качество измеряемого сигнала и точнее оценить его производную. В случае же если быстродействие системы критично, необходимо выбрать компромиссное значение постоянной времени, при котором достигается приемлемое качество оценки измеряемого параметра и его производной.

В рассматриваемом примере представлены два крайних случая: при значении постоянной времени $T = 20$ мс достигается лучшее качество выходного сигнала, но быстродействие недостаточно, при $T = 5$ мс ситуация обратная.

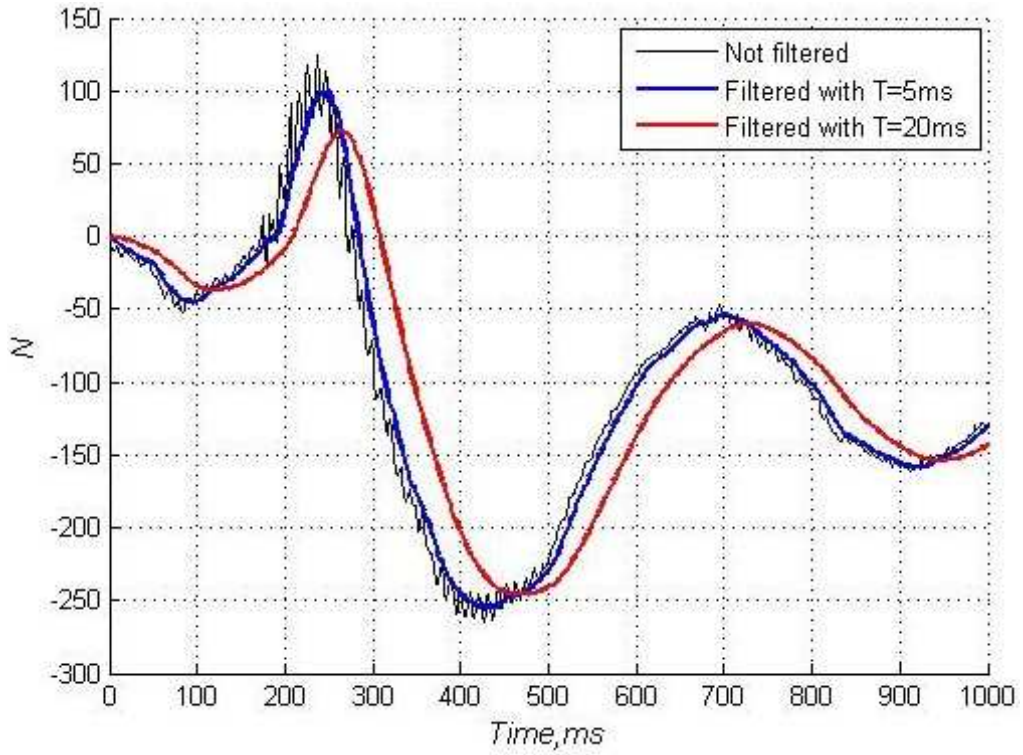


Рис.7. Проекция ускорения и ее оценка фильтром при вращении акселерометра

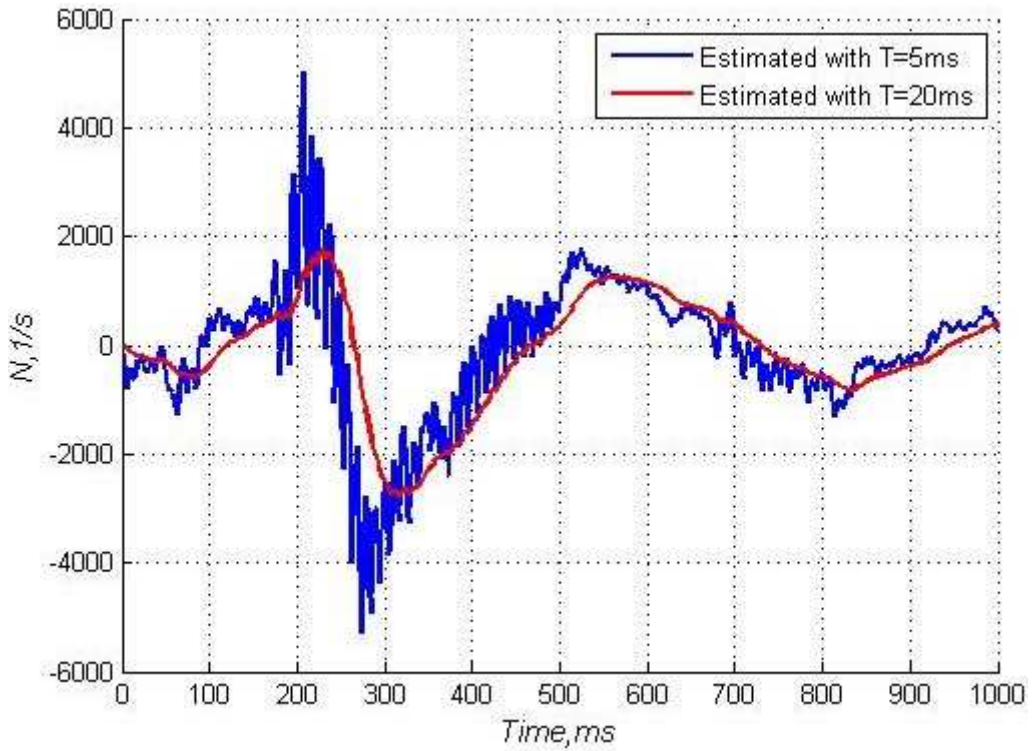


Рис. 8. Оценка производной проекции ускорения фильтром при вращении акселерометра

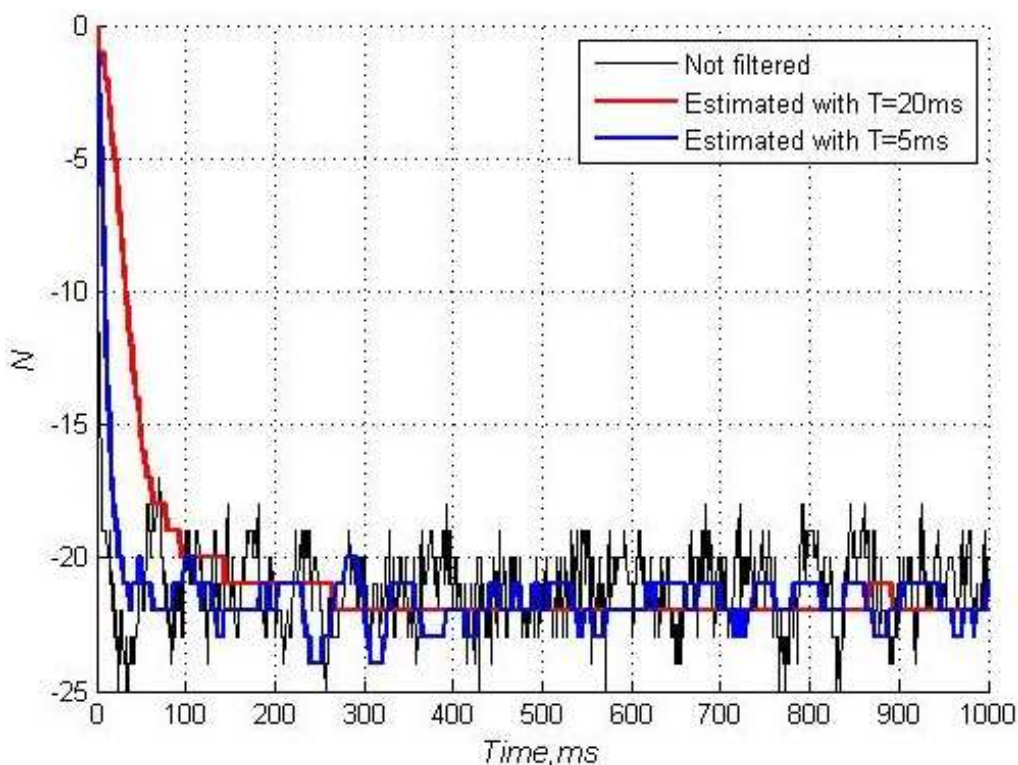


Рис. 9. Проекция ускорения и ее оценка фильтром при неподвижном акселерометре

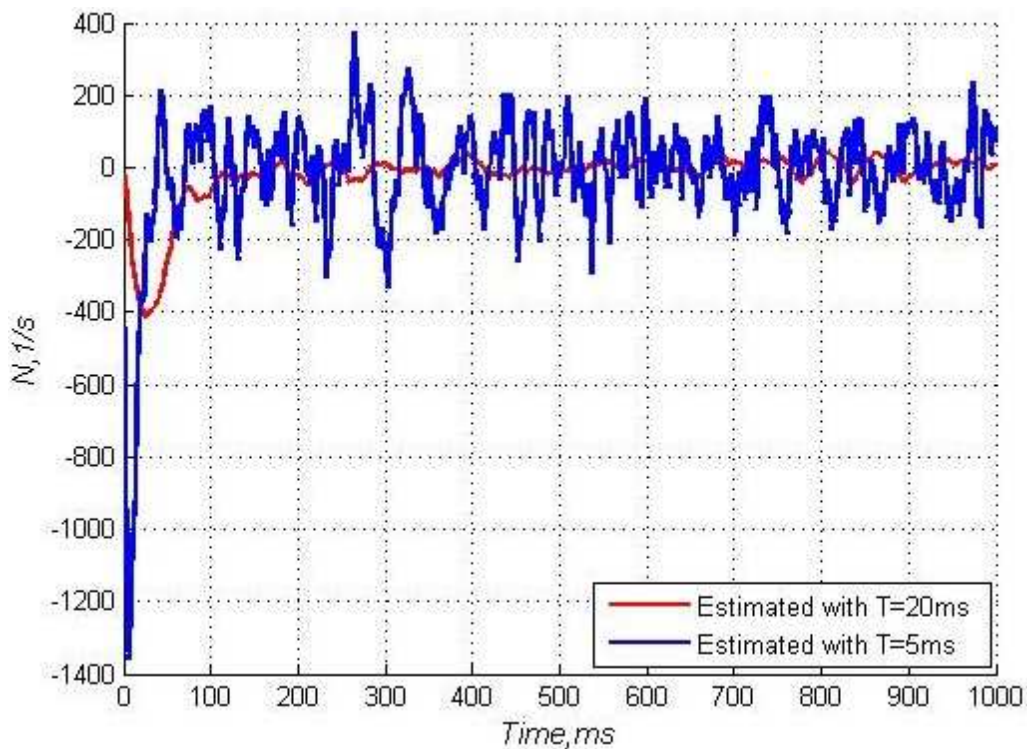


Рис. 10 Оценка производной проекции ускорения фильтром при неподвижном акселерометре

ВЫВОДЫ

Дифференцирующий фильтр второго порядка может эффективно подавлять высокочастотную составляющую сигнала, что позволяет получать оценку этого сигнала и его первую производную. Для определения второй производной необходим фильтр третьего порядка.

Параметр T – постоянная времени фильтра, выбирается исходя из требований к быстродействию и глубине подавления высокочастотной составляющей. Эта постоянная должна быть как минимум в 3-5 раз меньше минимальной постоянной времени объекта. При её увеличении улучшается качество выходного сигнала, но возрастает задержка между входным

и выходным сигналами фильтра

Параметр dt – шаг интегрирования, должен быть как минимум в 3 раза меньше постоянной времени фильтра.

При реализации фильтра на микроконтроллере необходимо использовать встроенный таймер для точного задания временных интервалов между выборками входного сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Задача синтеза в теории регулирования: учеб. пособие / А.С. Востриков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 104 с.
- [2] Analog devices accelerometer ADXL335 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL335.pdf
- [3] STM32F100xx advanced ARM-based 32-bit MCUs[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/reference_manual/CD00246267.pdf?s_searchtype=keyword



Ивойлов Андрей Юрьевич - магистрант кафедры Автоматики факультета АВТ НГТУ
E-mail: iau13hv@mail.ru



Федоров Дмитрий Сергеевич - Магистрант кафедры Автоматики факультета АВТ НГТУ
E-mail: fds0303@mail.ru



Вадим Аркадьевич Жмуд – заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук, автор более 350 научных статей, включая 30 патентов и программных продуктов, 14 учебных пособий, 1 монографии. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника.
E-mail: oaonips@bk.ru



Виталий Геннадьевич Трубин - зав. лаб. кафедры Автоматики НГТУ, директор ООО «КБ Автоматика». Автор 18 научных статей. Область интересов – разработка специализированной электроники.
E-mail: trubin@ngs.ru

Using a Derivative Filter for Filtering of the Second Order Signal from the Accelerometer and the Calculating of Derivative

A.YU. IVOILOV, D.S. FEDOROV, V.A. ZHMUD,
V.G. TRUBIN

Abstract: The problem of filtration and determination of the first derivative of the signals from the accelerometer ADXL335 is resolved.

Key words: accelerometer, ADXL335, filtering, second-order derivative filter, microcontroller.

Управление объектом с одним выходом с использованием двух входных каналов воздействия

В.А. Жмудь¹, О.Д. Ядрышников¹, В.М. Семибаламут²

¹ ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск, Россия, ² ФГБУН Геофизическая служба СО РАН

Аннотация: Управление объектами в контуре с отрицательной обратной связью широко используется, поскольку позволяет обеспечить высокую точность в присутствии возмущающих воздействий. Как правило, количество каналов для входных воздействий в объекте соответствует количеству выходных управляемых величин. В ряде случаев структура математической модели объекта позволяет воздействовать на выходную величину различными способами, которым соответствуют разные математические модели. При этом каждая из таких моделей имеет собственные ограничения по быстродействию, по величине максимального воздействия и так далее. Совместное использование обоих каналов управления позволяет одновременно обеспечить как высокое быстродействие управления, так и большой диапазон контролируемых изменений выходной величины объекта. При этом требуется использование двух регуляторов, совместно воздействующих на объект. Вопросы согласования динамических и статических свойств указанных регуляторов рассматривались теоретически с использованием передаточных функций, однако, при этом не учитывались такие ограничения одного из каналов управления объекта, как динамическая нелинейность. В данной статье рассматриваются такие ограничения одного из каналов, при этом используется математическое моделирование для получения переходных процессов и для оптимизации регуляторов. Особенности использования данного метода исследуются на примере.

Ключевые слова: управление, обратная связь, автоматика, регулятор, качество управления, точность

ВВЕДЕНИЕ

Управление объектами в контуре с отрицательной обратной связью широко используется, поскольку позволяет обеспечить высокую точность в присутствии возмущающих воздействий. В таких системах ошибка управления $e(t)$, равная разности между предписанным выходным сигналом объекта $v(t)$ и его фактическим значением $y(t)$, преобразуется

регулятором в управляющий сигнал $u(t)$, который прикладывается к входу объекта. Результатом действия этого сигнала является достижение требуемого равенства $y(t) \approx v(t)$, по крайней мере, в среднем (в ограниченной полосе частот). Существуют объекты, в которых имеется несколько выходных величин, а также имеется несколько каналов воздействия на эти выходные величины. Как правило, количество входных каналов для воздействий в объекте соответствует количеству выходных управляемых величин. Если количество входных каналов меньше, то некоторые выходные величины будут неуправляемыми. Если количество входных каналов больше, как правило, выбирают наиболее эффективные каналы воздействий, а лишние каналы не используют.

В ряде случаев целесообразно использовать большее количество управляющих каналов, чем имеется выходных величин в объекте. Одним из примеров такой целесообразности служат системы управления частотой или фазой лазерного излучения [1–3]. В таких системах структура математической модели объекта позволяет воздействовать на выходную величину различными способами, которым соответствуют разные математические модели. При этом каждая из таких моделей имеет собственные ограничения по быстродействию, по величине максимального воздействия и так далее. Совместное использование обоих каналов управления позволяет одновременно обеспечить как высокое быстродействие управления, так и большой диапазон контролируемых изменений выходной величины объекта. При этом требуется использование двух регуляторов, совместно воздействующих на объект.

Вопросы согласования динамических и статических свойств указанных регуляторов рассматривались теоретически с использованием передаточных функций, однако, при этом не учитывались такие ограничения одного из каналов управления объекта, как динамическая нелинейность. В данной статье рассматриваются такие ограничения одного из каналов, при этом используется математическое моделирование для получения переходных процессов и для оптимизации регуляторов. Особенности использования данного метода исследуются на примере.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим объект, на выходную величину которого можно воздействовать двумя различными способами, один из которых обладает недостаточным быстродействием, но достаточным диапазоном изменений, а другой, наоборот, обладает недостаточным диапазоном изменения выходной величины, но достаточным быстродействием [4]. Так, например, в системах управления частотой или фазой лазерного излучения [1–3] для измерения частоты (фазы) излучения используется изменение оптической длины лазера, которая определена расстоянием между двумя зеркалами. Любое из этих зеркал или оба могут быть размещены на пьезоэлектрическом модуляторе, который изменяет свои размеры (на небольшую величину) под воздействием поданного на него напряжения. Если использовать один модулятор наименьших размеров, то можно обеспечить высокое быстродействие, но при этом можно изменить частоту излучения лишь на небольшую величину. Если же использовать склейку нескольких модуляторов, можно обеспечить изменение частоты на достаточно большую требуемую величину, но такая склейка обладает намного меньшим быстродействием, что сказывается в ограничении скорости нарастания выходной величины. Это ограниченное быстродействие можно описать ограниченным значением скорости нарастания выходной величины (динамической нелинейностью).

Таким образом, один из каналов воздействия может воздействовать на выходную величину быстро, но в малом диапазоне (быстрый канал), другой из каналов может на нее воздействовать в большом диапазоне, но с ограниченным быстродействием.

Свойства шумов частоты лазера аналогичны, а именно: большие по величине изменения частоты лазера могут иметь место лишь в узкой полосе частот, в низкочастотной области. Быстрые изменения частоты не велики по величине.

Из этого следует, что совмещение двух каналов воздействия могли бы позволить подавить оба вида возмущений в системе, однако, следует избежать конфликта двух видов управления единственной выходной величиной.

В работе [4] дан теоретический анализ этой проблемы и ее решение на основе логарифмических амплитудно-частотных характеристик. Но зачастую модель объекта столь

сложна, что аналитические методы не эффективны для решения задачи. Кроме того, указанные виды ограничений в быстром и медленном канале (по уровню и по скорости нарастания выходного сигнала) сложно учесть при аналитическом анализе, тогда как при оптимизации с помощью программы для симуляции эти ограничения легко могут быть смоделированы.

Таким образом, целесообразно рассмотреть модели, учитывающие указанные ограничения, предложить их адекватные модели, использовать эти модели для численной оптимизации регулятора и сопоставить результаты с теми результатами, которые могут быть получены без использования одного из каналов. Все моделирование осуществляется в программе *VisSim*.

2. МОДЕЛЬ МЕДЛЕННОГО КАНАЛА

Для описания медленного канала можно использовать апериодическое звено при условии введения в него ограниченной скорости нарастания. Без указанного ограничения апериодическое звено можно смоделировать в виде контура с отрицательной обратной связью, в прямой ветви которого содержится интегратор. На выходе интегратора в этом случае формируется выходная величина этой модели, а на его входе – производная по времени от этой величины, то есть скорость нарастания выходной величины. Если перед интегратором ввести ограничитель, то полученная модель будет описывать устройство, которое при малых сигналах описывается апериодическим звеном, но при больших входных сигналах в нем начинает сказываться ограничение скорости нарастания выходной величины.

Пример модели такого канала показан на *Рис. 1*. Амплитуда сигналов на выходе такой модели зависит от частоты и амплитуды входного сигнала нелинейно, причем эта нелинейность касается скорости нарастания.

На *Рис. 2* и *3* показаны выходные сигналы этой модели при различных соотношениях частоты и амплитуды входных сигналов. При фиксированной частоте с ростом амплитуды выходной сигнал сначала растет, но после некоторого значения его форма становится пилообразной, а рост его амплитуды прекращается.

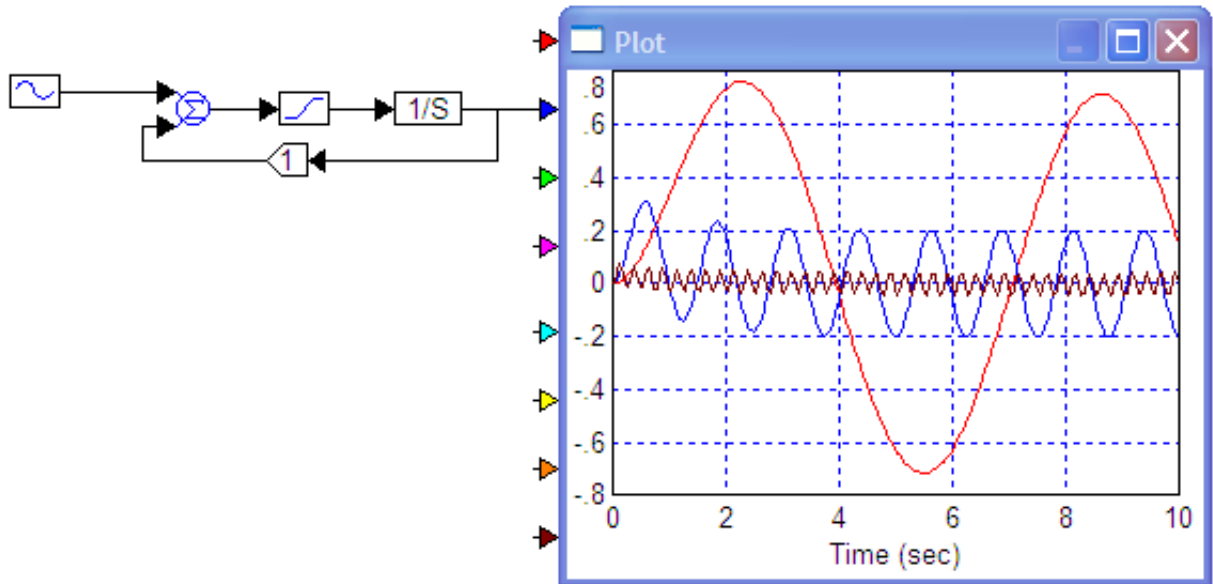


Рис. 1. Модель медленного канала: ограничитель выставлен на ± 1 ; амплитуда генератора равна единице, частота равна 1 Гц для красной линии, 5 Гц для синей линии и 25 Гц для черной линии; контур с обратной связью имитирует динамическую нелинейность

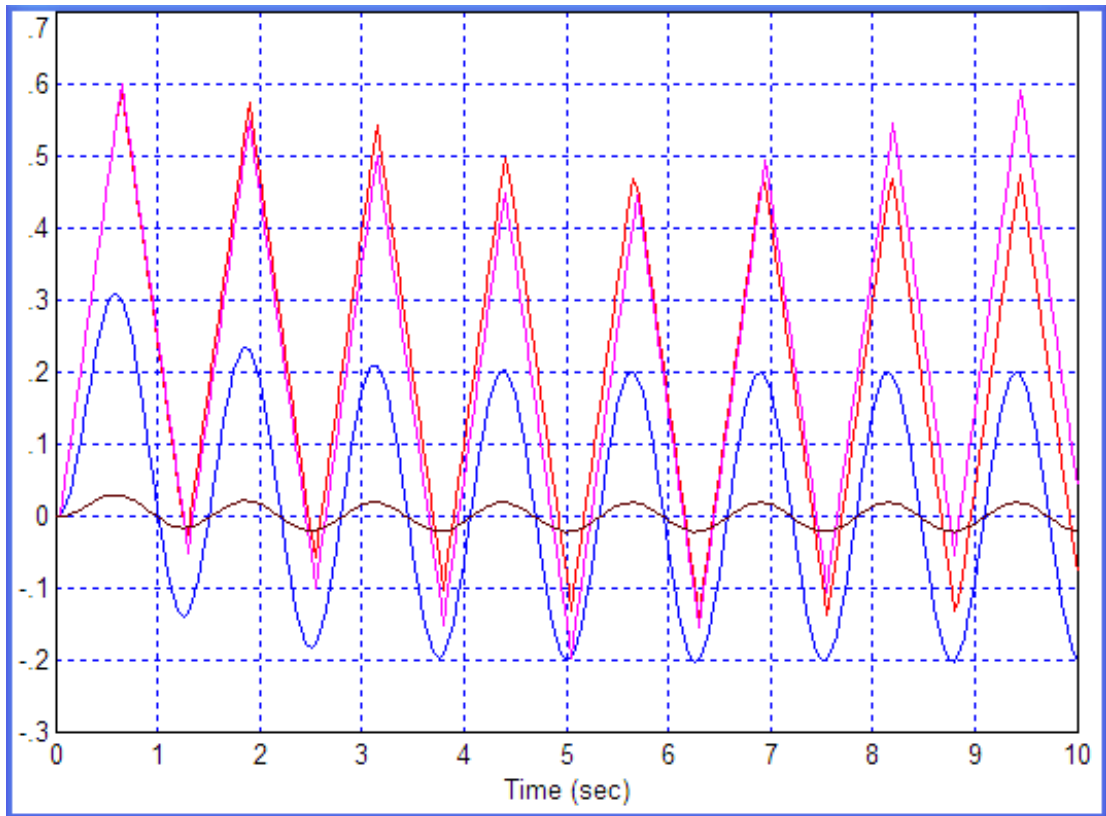


Рис. 2. Проявление динамической нелинейности модели, показанной на рис. 1: частота равна 1 Гц; черная линия соответствует амплитуде 0,1, синяя – 1, красная 10, розовая 50; видно, что с ростом амплитуды гармонический сигнал на выходе становится треугольным, его амплитуда не может повышаться выше 0,6 на этой частоте

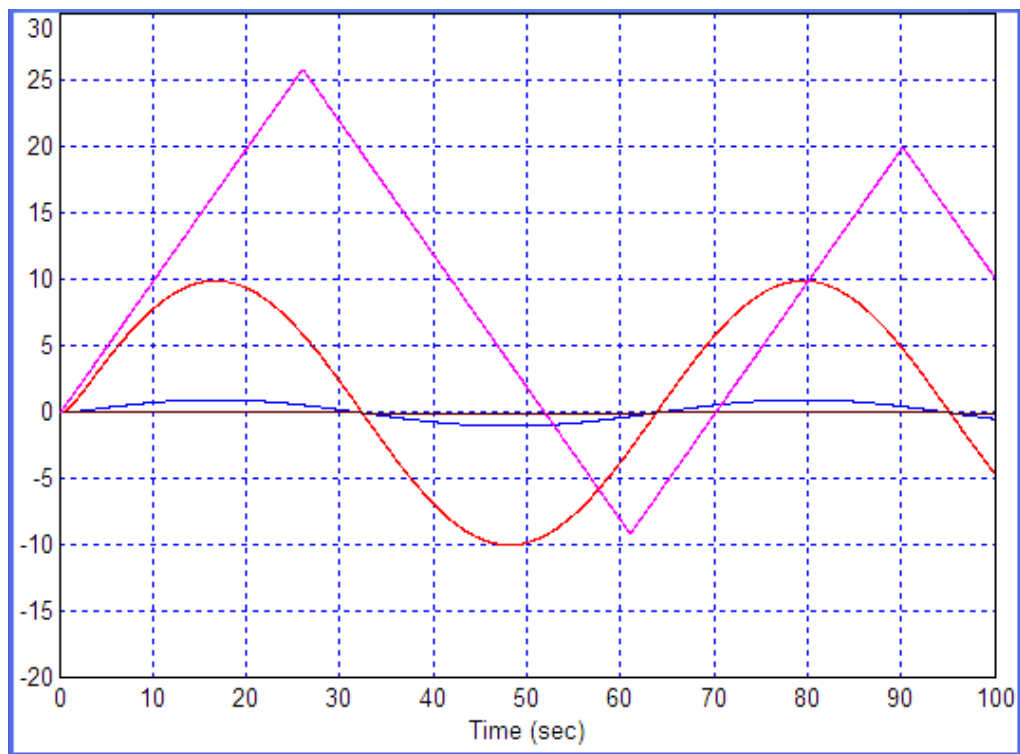


Рис. 3. Та же ситуация, но при частоте, равной 0,1 Гц: видно, что максимальная скорость нарастания равна 1 ед./с

Представленная модель достаточно адекватно моделирует то ограничение, которое имеется в медленном канале управления частотой лазерного излучения [4].

3. МОДЕЛЬ БЫСТРОГО КАНАЛА

Для описания быстрого канала целесообразно использовать аperiodическое звено с

ограничителем на входе. На Рис. 4 показана модель быстрого канала. В ней имеется ограничитель на величину ± 2 , а также аperiodическое звено с постоянной времени 1 с.

С ростом амплитуды выходной сигнал из гармонического сигнала трансформируется в ограниченный сигнал, по форме похожий на трапециидальный.

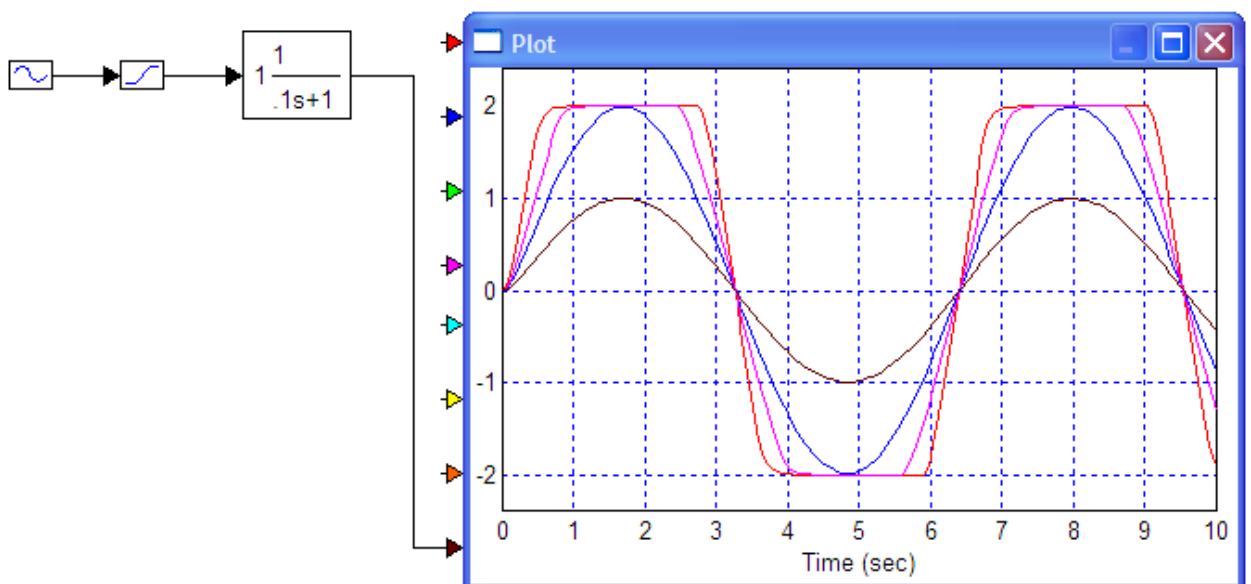


Рис. 4. Модель и выходные сигналы быстрого канала: частота составляет 1, амплитуда сигнала генератора, соответствующая черной, синей, розовой и красной линии равна, соответственно, 1, 2, 3 и 5

4. МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА В ЦЕЛОМ И МОДЕЛЬ ПОМЕХИ

На *Рис. 5* показана модель объекта, который совмещает оба эти канала управления. На осциллографе, входящем в структуру моделирования в программе VisSim, видно, что с ростом амплитуды в выходном сигнале возникают нелинейные искажения, которые являются суммой сигналов, искаженных каждым из каналов управления. Разумеется, оба канала воздействия не требуется объединять. Наоборот, на каждый из каналов следует подавать собственный управляющий сигнал, поэтому требуется рассчитать двухканальный регулятор.

Все неконтролируемые процессы в объекте могут быть описаны как помеха, действующая на выходе и суммирующаяся с выходным сигналом, порождаемым откликом двух каналов на управляющие сигналы на их входах. Пусть помеха имеет компоненту амплитудой 20 единиц на частоте 0,02 Гц и также аддитивную компоненту амплитудой 1 единица на частоте 1 Гц. На *Рис. 6* показан пример такой помехи.

Система не смогла бы подавить такую помеху только с быстрым каналом или только с медленным каналом. Стоит задача подавить эту помеху совместным действием двух каналов. С этой целью необходимо выбрать структуру регулятора и рассчитать его коэффициенты.

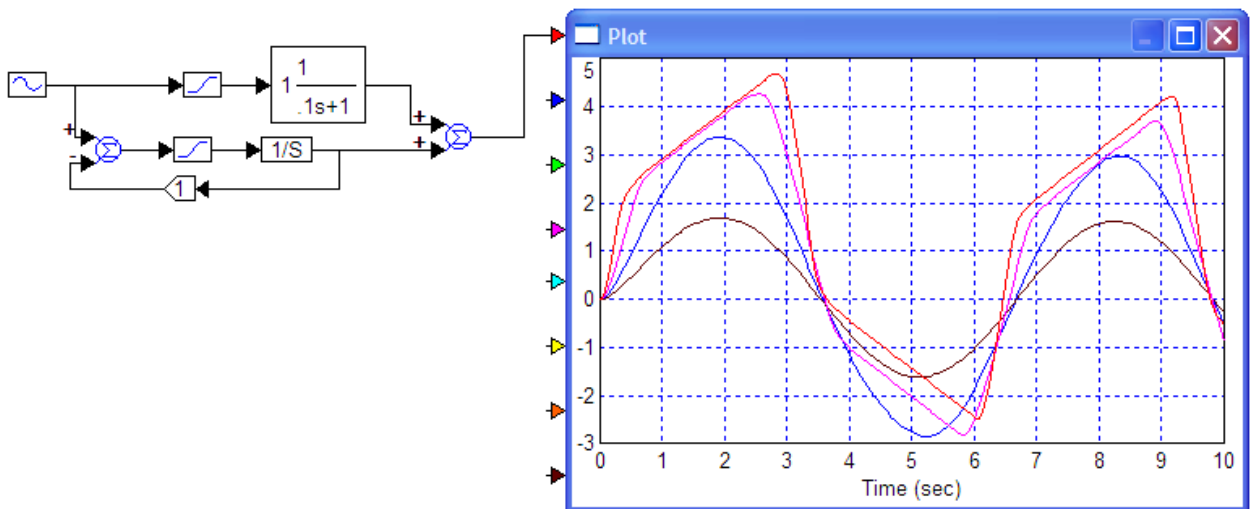


Рис. 5. Модель объекта в целом: на графиках показан результат воздействия гармонического сигнала на его вход; амплитуда входного сигнала изменяется следующим образом: 1, 2, 4 и 8 для черной, синей, розовой и красной линии

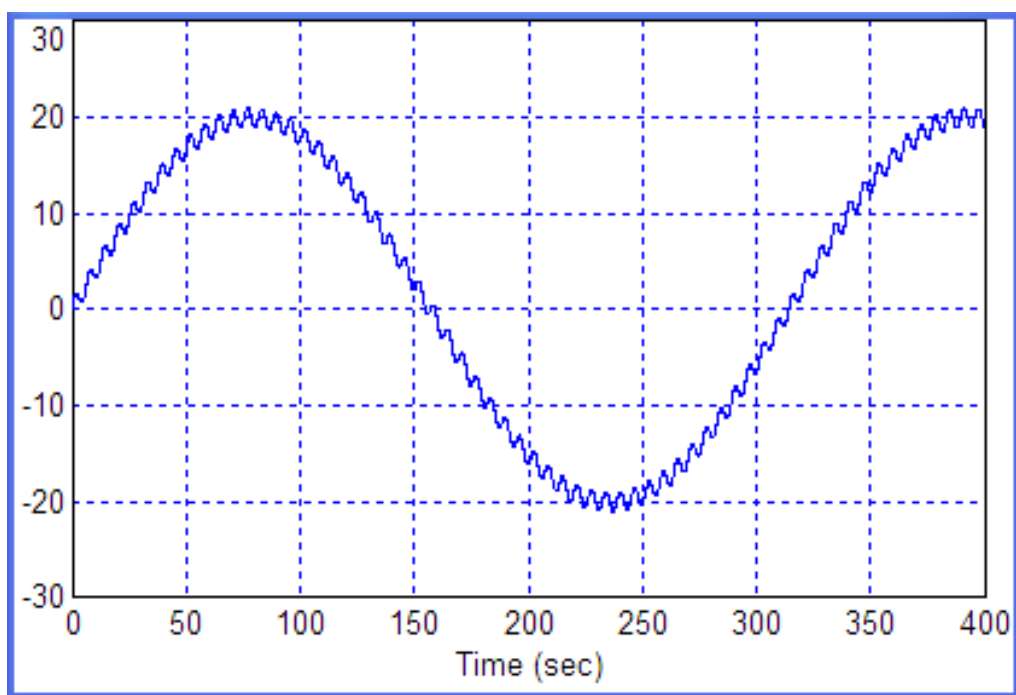


Рис. 6. Характерный вид помехи в виде суммы двух гармонических сигналов

5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

На основании общих соображений можно предложить использовать высокочастотный канал управления в области высоких частот, а низкочастотный – в области низких частот. Следовательно, в регуляторе медленного канала должен содержаться интегратор, а в регуляторе быстрого канала должен содержаться дифференцирующий элемент. Не столь однозначно можно определить, к какому каналу следует отнести пропорциональный тракт. Для упрощения предварительного анализа и с целью

гарантии использования всех возможностей управления полностью можно предложить включить в модель каждого из регуляторов пропорциональный тракт. Если в результате численной оптимизации коэффициент одного из этих каналов будет пренебрежимо мал, этот тракт можно будет исключить из окончательного варианта регулятора.

Методы численной оптимизации исследованы в работах [5–15]. По причинам, изложенным в работе [4], мы рекомендуем использование именно программы *VisSim* [16 – 17], а не *MATLAB* или *MathCAD*.

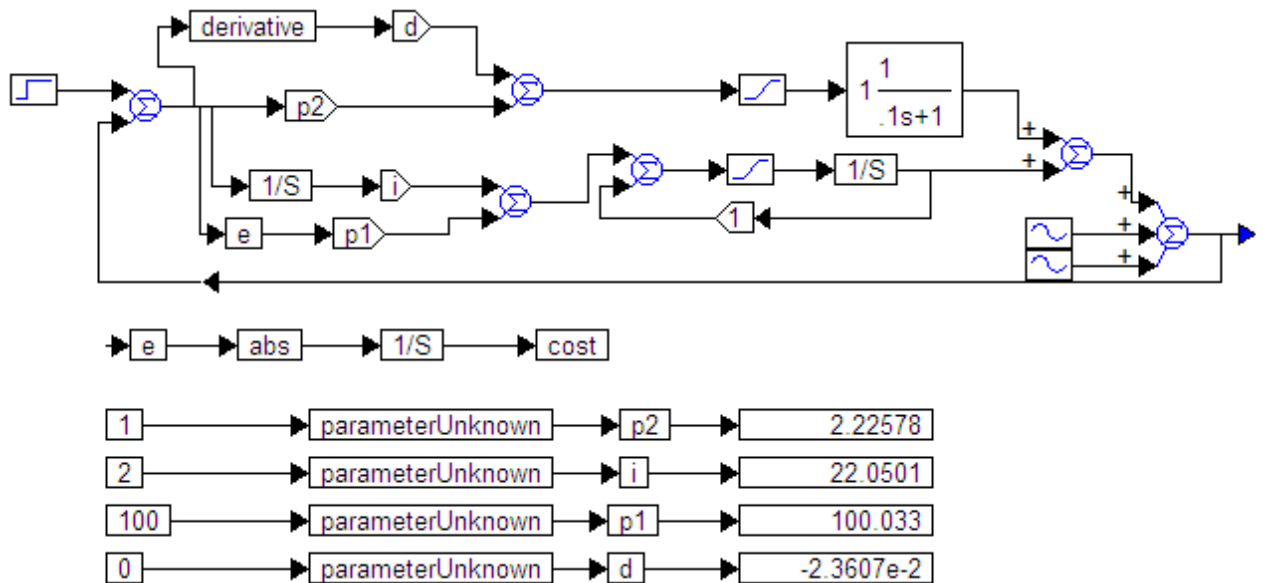


Рис. 7. Структура и результат оптимизации регулятора: как видим, дифференцирующий тракт не используется

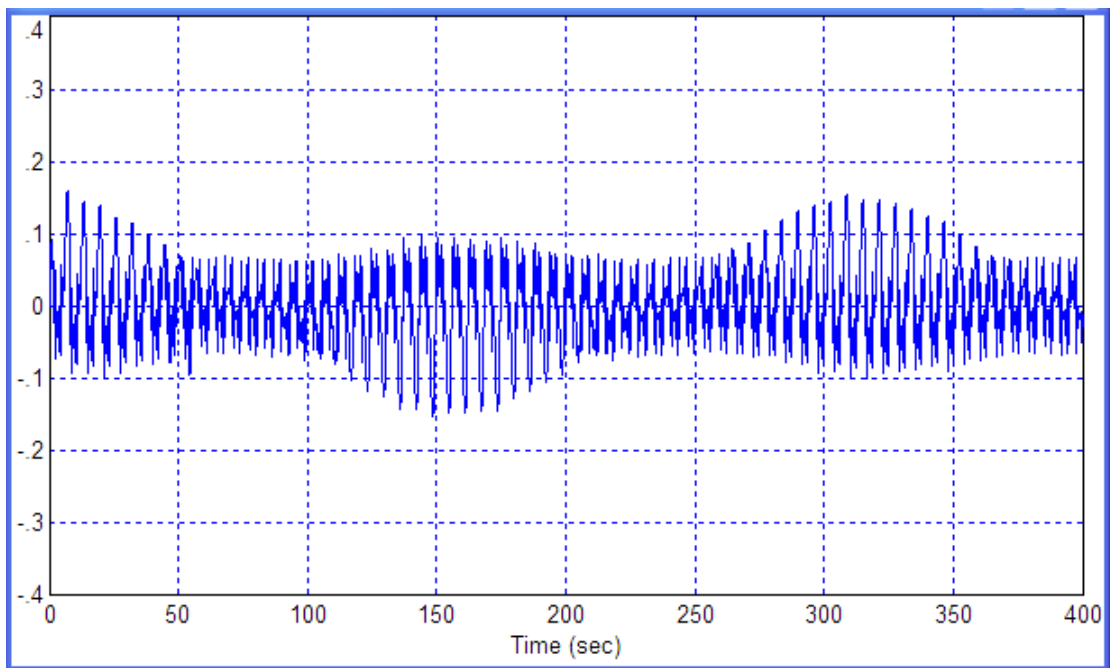


Рис. 8. Переходный процесс в результате действия указанной помехи с регулятором, рассчитанным методом оптимизации

На *Рис. 7* показана модель для численной оптимизации регулятора. На *Рис. 8* показан получающийся переходный процесс – остаток от помехи, значительная часть которой подавляется контурами управления.

Видно, что помеха, амплитуда которой составляла 20 единиц, подавлена в целом до величины не более 0,15 единиц, то есть более чем в 100 раз.

6. МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМЫ

Результат оптимизации следует попытаться улучшить, поскольку видно, что дифференцирующий тракт не работает. Это следует из двух признаков: относительно малая величина полученного коэффициента дифференцирующего тракта, а также его отрицательное значение. Дифференцирующий тракт, как правило, позволяет повысить запас устойчивости по фазе, что увеличивает быстродействие системы. Коэффициент такого тракта, как правило, должен быть положительным. В объекте отсутствует запаздывание, поэтому дифференцирование должно приносить пользу. Следует выяснить причину того, что это не случилось, и попытаться ее устранить. Для начала мы можем предложить зафиксировать все коэффициенты, кроме дифференцирующего тракта, после чего подать единичный ступенчатый скачок на вход, при этом убрать помеху не полностью, а лишь высокочастотную компоненту. В результате процедуры оптимизации получен коэффициент дифференцирующего тракта $K_d = -0,09$. После этого была введена помеха полностью и численная оптимизация была повторена для всей

группы коэффициентов. Далее подключили также и низкочастотную компоненту помехи. На *Рис. 9* показаны результаты этих действий.

Полученный переходный процесс виден на рисунке ниже. Красный график – это помеха, синий – это та ее часть, которая осталась на выходе. Следующий график – синий – отдельно только выходной сигнал, чтобы его можно было рассмотреть.

Поскольку указанный коэффициент остался отрицательным, а амплитуда остатка помехи не только не упала, но и возросла, следует признать, что проделанные манипуляции не улучшили результата. Поэтому следует детально рассмотреть сигналы в системе, и на основе этого рассмотрения обратить внимание на то, что ограничитель после дифференцирующего устройства сводит на нет эффект дифференцирования, превращая его из полезного свойства во вредное. Именно сочетание дифференцирования с последующим ограничением является основным источником проблем с дифференцированием. Если бы не это, большинство практиков и теоретиков, опасаящихся дифференцирования в условиях шумов, не встречали бы подтверждения своим опасениям. Обратим внимание на то, что пропорциональный тракт также воздействует на ограничитель, что и дает отрицательный эффект.

Для решения этой проблемы поступим следующим образом. Зададим коэффициент дифференцирующего тракта в быстром контуре в виде малой положительной величины, а именно: 0,005. Отключим медленную большую помеху и медленный тракт, осуществим повторную оптимизацию только коэффициента дифференцирующего тракта. Структура для такой процедуры показана на *Рис. 11*.

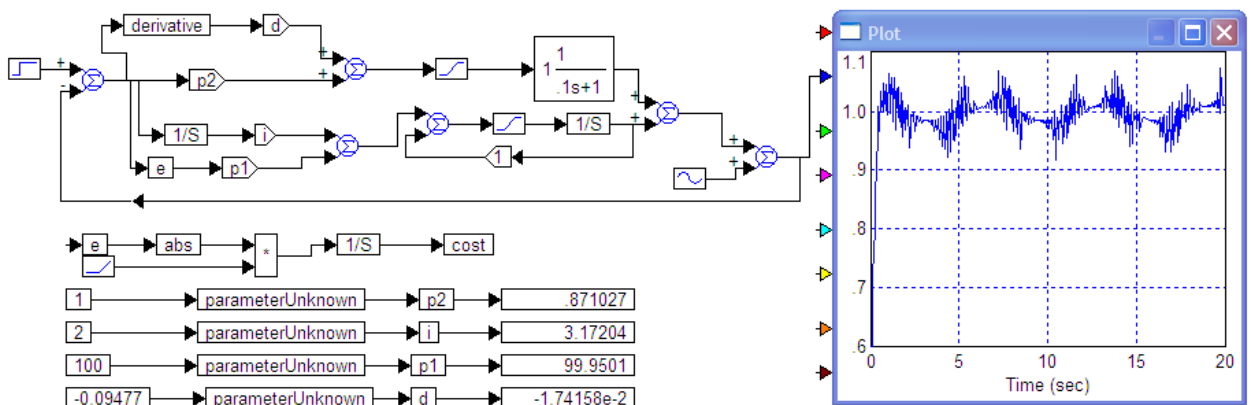


Рис. 9. Результаты дальнейшей численной оптимизации

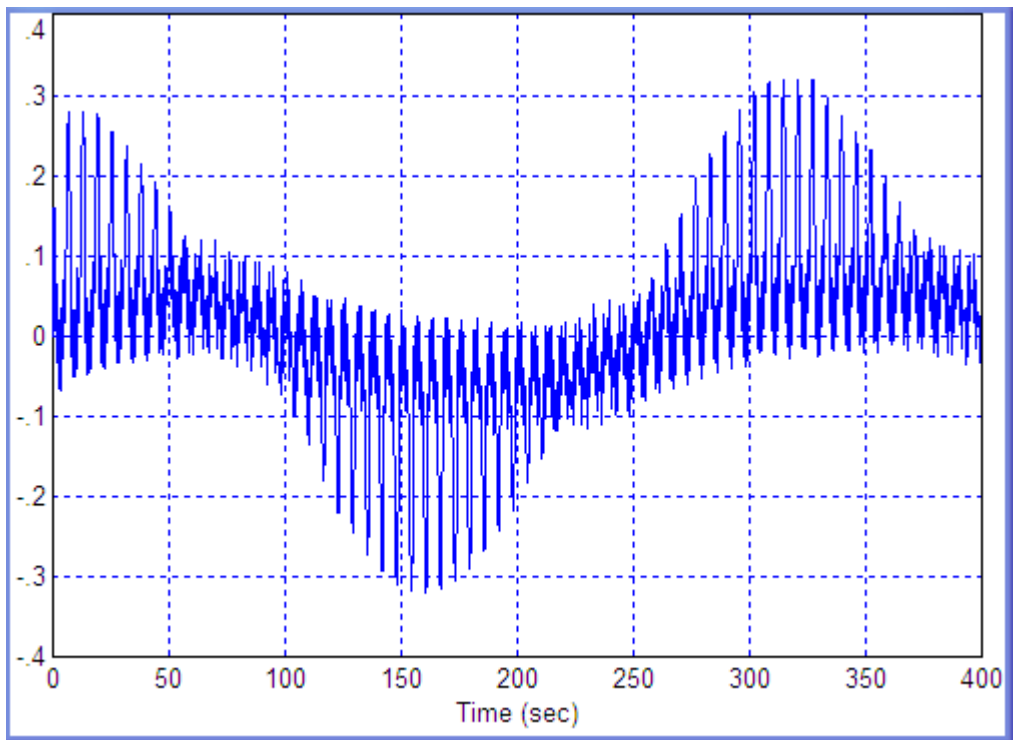


Рис. 10. Остаток помехи при действии регулятора, показанного на Рис. 9

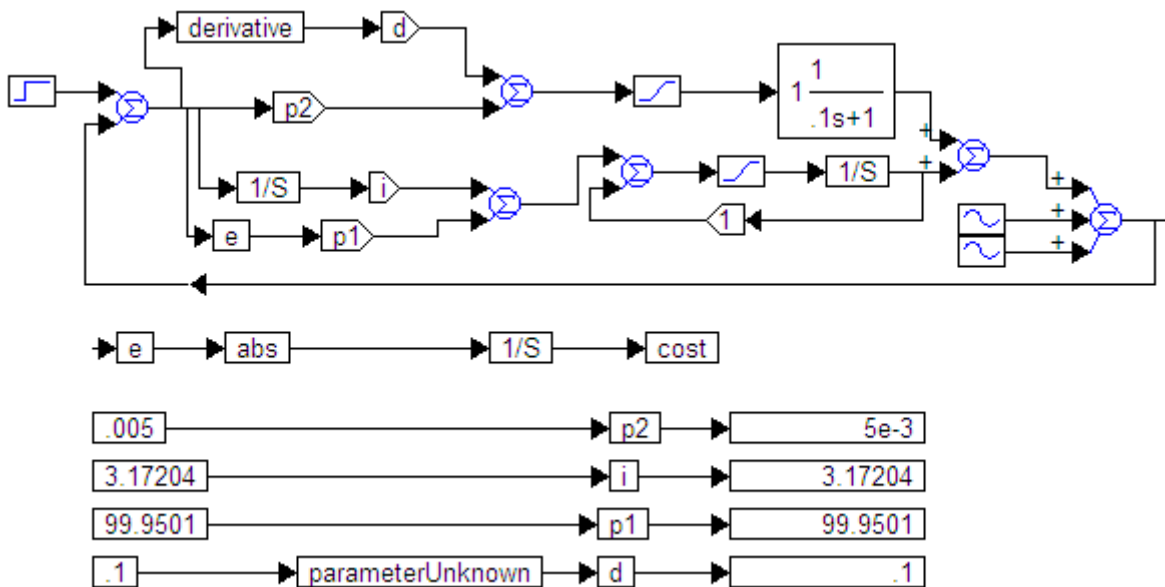


Рис. 11. Структурная схема для оптимизации коэффициента дифференцирующего тракта

В итоге оптимизации, осуществленной по структуре, показанной на Рис. 11, коэффициент дифференцирующего тракта принял положительное значение $K_d = 0,1$. На Рис. 12 показаны остатки помехи при работе системы с

этим регулятором. Видим, что остаточная ошибка на выходе остается в пределах приблизительно $\pm 0,1$, и коэффициент дифференцирующего тракта, действительно, дает положительный эффект.

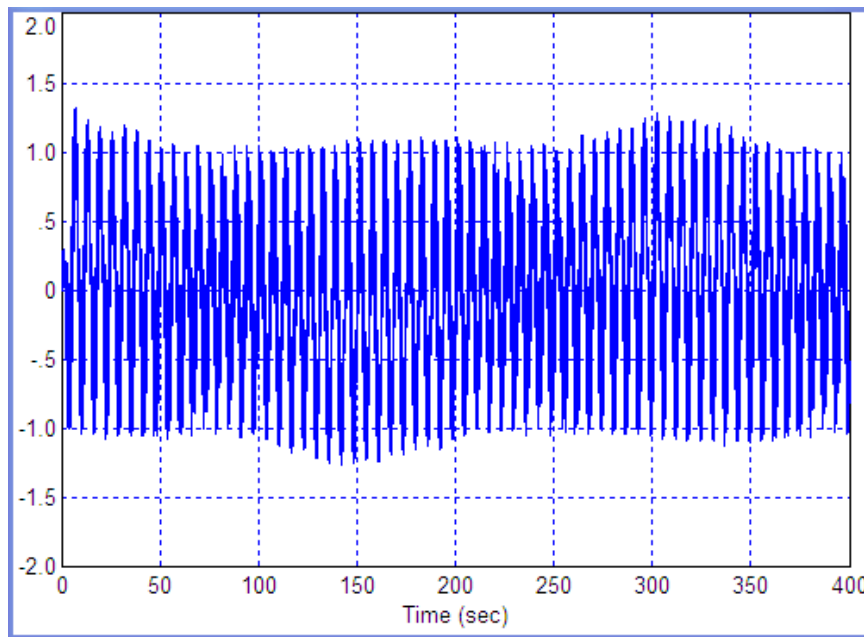


Рис. 12. Остатки помехи при работе системы с регулятором, рассчитанным при использовании структуры Рис. 11

7. ДРУГОЙ ПРИМЕР С МЕНЬШЕЙ ВЕЛИЧИНОЙ ОГРАНИЧЕНИЯ

Для того чтобы убедиться, что причина проблем состояла именно в ограничении сигнала, увеличим пороги ограничения от величины ± 2 до величины ± 5 , то есть всего лишь в 2,5 раза. Схема для оптимизации и результаты этой оптимизации показаны на Рис. 13. В результате коэффициент дифференцирующего тракта принимает большое положительное значение, а именно: $K_d = 14,36$.

На Рис. 14 показан остаток выходного сигнала при той же самой помехе. Входной сигнал задания $v(t)$ при этом равен нулю, поэтому данный выходной сигнал, по сути, является

ошибкой управления. Выходной сигнал по амплитуде лишь в отдельных случаях достигает величины 0,008, на половине переходного процесса амплитуда высокочастотного остатка помехи равна 0,002. Всплески высокочастотного остатка помехи порождаются в те моменты, когда помеха приближается к нулю, то есть можно предположить, что небольшой конфликт управления двух контуров имеет место. Преодоление этого конфликта, вероятно, позволило бы дополнительно уменьшить амплитуду остатков помехи. Однако, полученный результат вполне удовлетворителен: помеха подавлена, по меньшей мере, в 2500 раз.

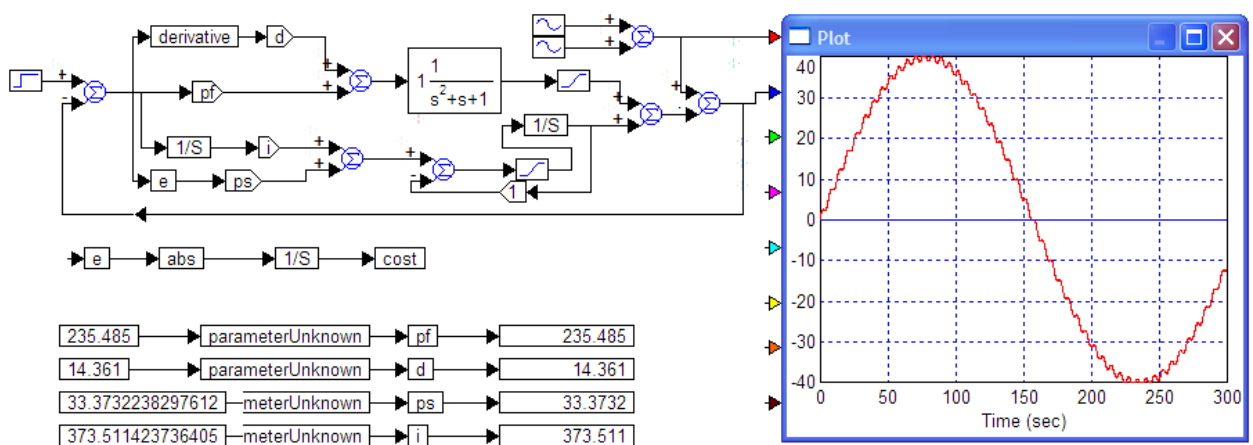


Рис. 13. Результаты оптимизации при увеличении порога ограничения в 2,5 раза

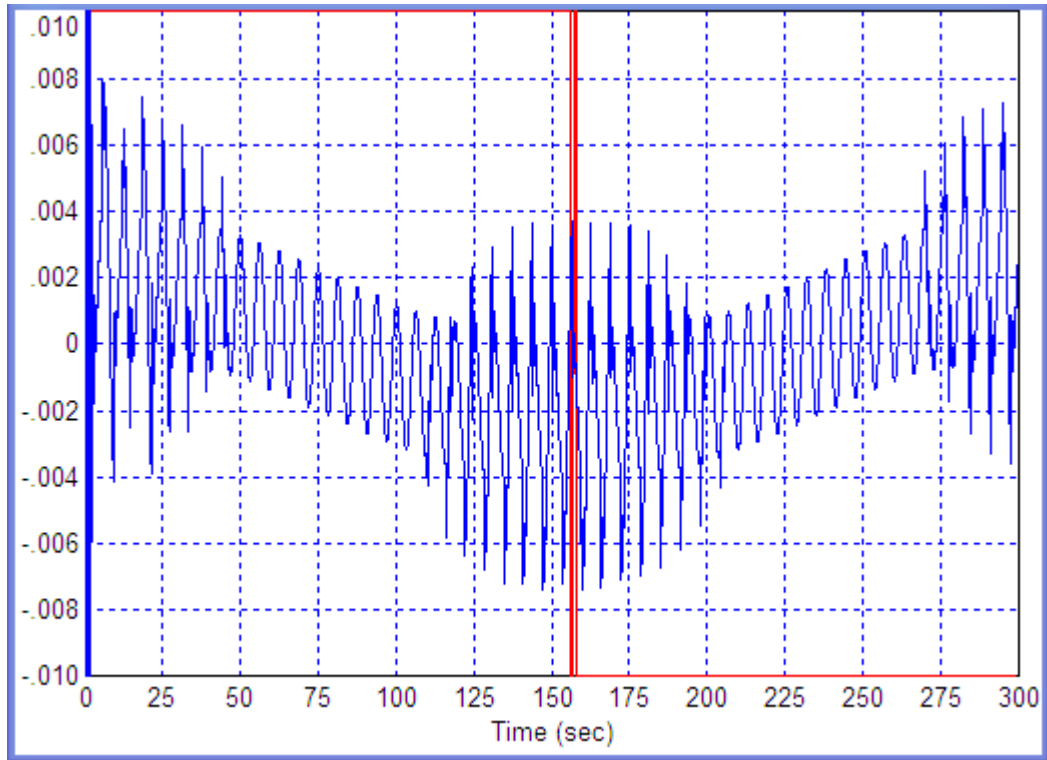


Рис. 14. Осциллограмма остаточной ошибки в большом масштабе

8. ДЕМОНСТРАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУХ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

Для демонстрации эффективности исследованного метода достаточно рассмотреть

результат при отключении каждого из каналов. На Рис. 15 показан выход системы (то есть ошибка, порожденная помехой) при отключении быстрого канала управления. На Рис. 16 показан выход системы при отключении медленного канала управления.

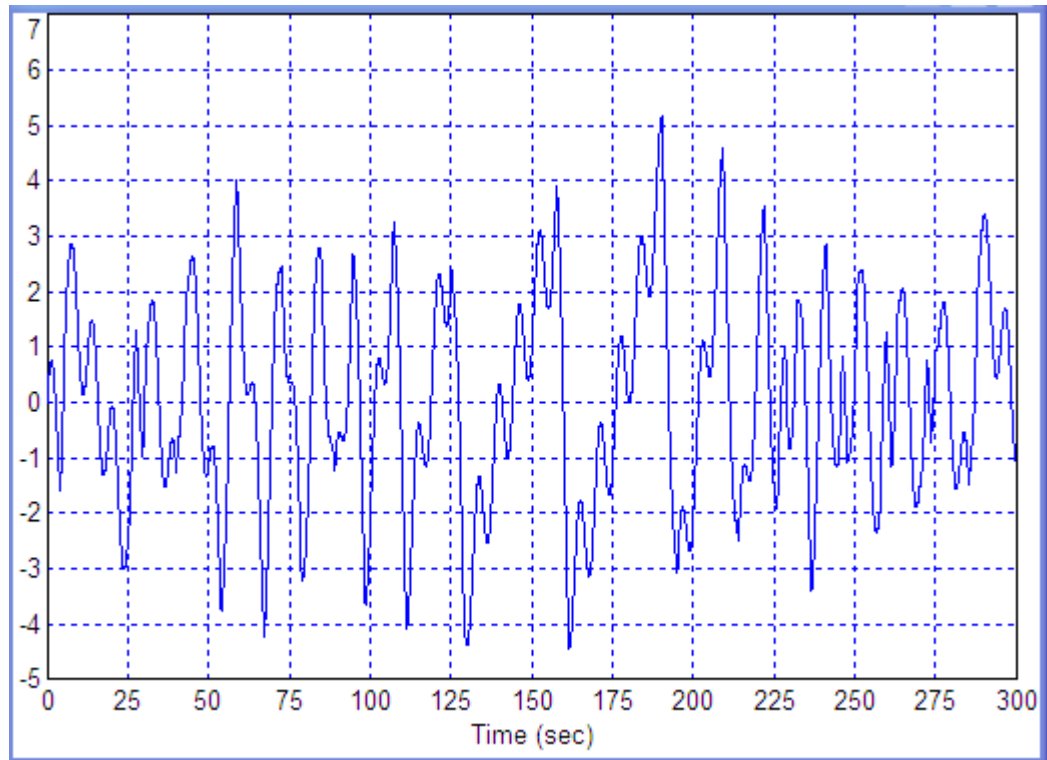


Рис. 15. Осциллограмма выходного сигнала системы при отключенном быстром канале управления

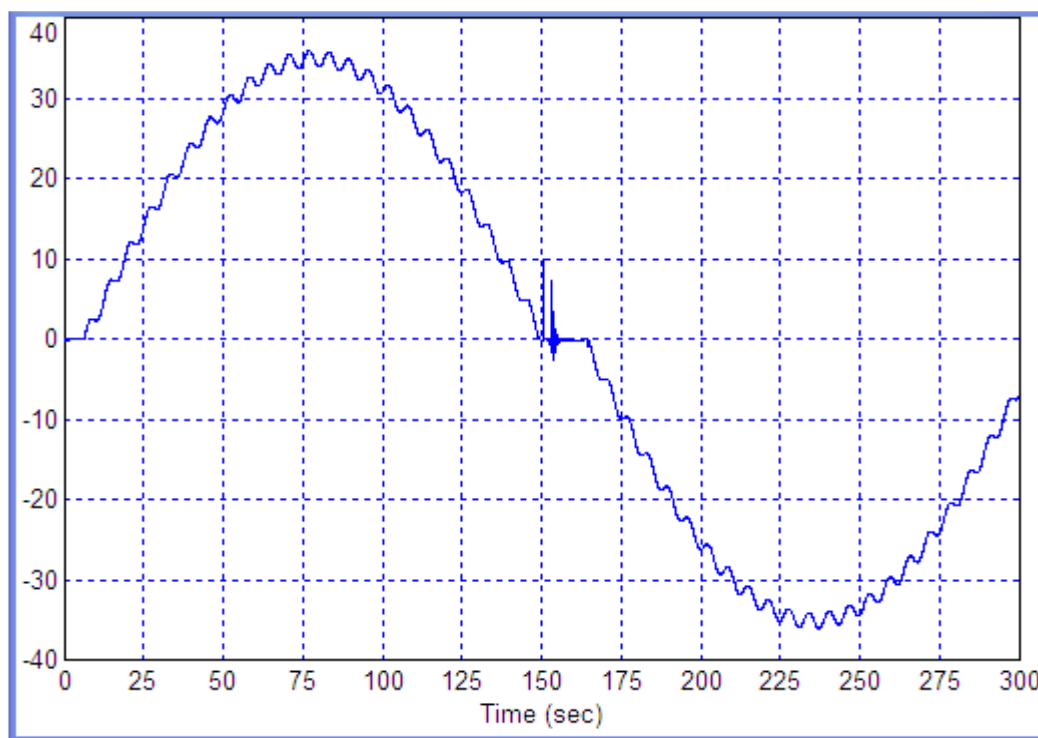


Рис. 16. Осциллограмма выходного сигнала системы при отключенном медленном канале управления

9. ПРИЗНАКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАЖДОГО КАНАЛА

Целесообразно убедиться в отсутствии признаков неэффективности работы каждого из каналов. Признаком неэффективной работы в сигнале быстрого канала было бы ограничение

сигнала в нем, либо наличие большого постоянного смещения. Ограничение указывало бы на перегруженность канала, а смещение — на недостаточно эффективную работу медленного канала. На Рис. 17 показан выходной сигнал быстрого канала, видно, что этих признаков в нем не содержится.

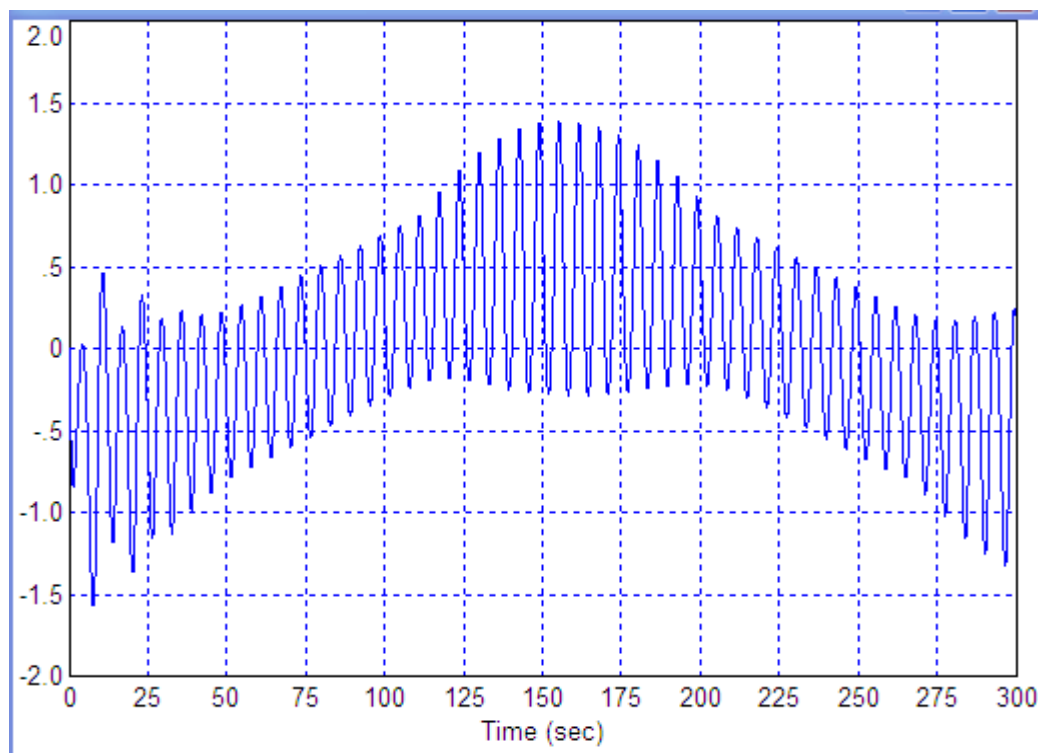


Рис. 17. Осциллограмма выходного сигнала только быстрого канала объекта при нормальной работе всей системы

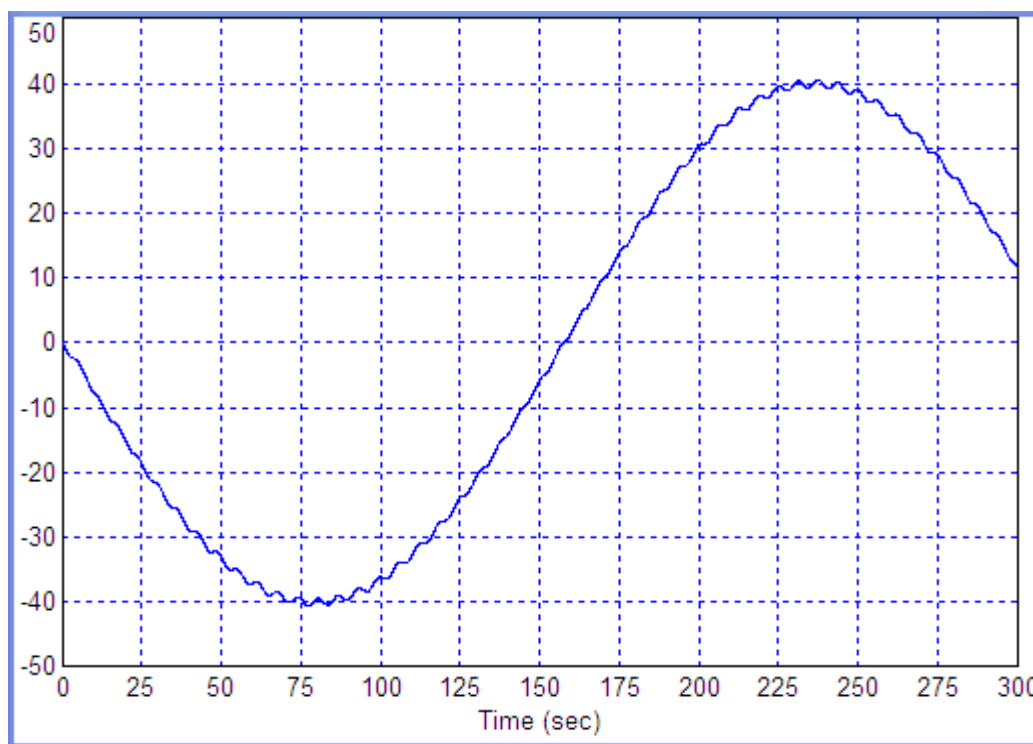


Рис. 18. Оциллограмма выходного сигнала только медленного канала объекта при нормальной работе всей системы

Признаком неэффективной работы в сигнале медленного канала было бы наличие остатков высокочастотного сигнала, в особенности, если бы в нем присутствовали нелинейные искажения, преобразующие гармоническую форму в пилообразную. На Рис. 18 показан выходной сигнал медленного канала, видно, что таких признаков в нем нет. Таким образом, можно заключить, что в результате численной оптимизации рассчитан регулятор, обеспечивающий эффективное разделение мод переходного процесса по двум регулятором одной общей регулируемой выходной величины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследован метод расчета двухканального регулятора одной выходной величины, основанный на численной оптимизации. Выявлены причины недостаточно эффективной работы быстрого канала, заключающиеся в недостаточном учете ограничения, что приводит к тому, что дифференцирование вместо полезного свойства становится вредным, поэтому соответствующий коэффициент становится отрицательным. Предложены рекомендации для преодоления этой проблемы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному заданию №2014/138, тема проекта «Новые структуры, модели и алгоритмы для прорывных методов управления техническими системами на основе наукоемких результатов интеллектуальной

деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A phase-locked loop system for the difference frequency of two lasers. Barmasov S.V., Zhmud' V.A. Instruments and Experimental Techniques. 2000. Т. 43. № 3. P. 381-383.
- [2] Электронная система стабилизации частоты He-Ne лазера по линиям поглощения метана. Жмудь В.А., Бармасов С.В., Гительсон В.Д. Приборы и техника эксперимента. 1999. № 4. С. 127 (An electronic system for stabilizing of the frequency of the He-Ne laser to the methane absorption lines. Zhmud V.A., Barmasov S.V., Gitel'son V.D. Instruments and Experimental Techniques. 1999. Т. 42. № 4. P. 551-557).
- [3] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored "The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics", 10 – 13 September, 2011, Additional volume, pp.40–43.
- [4] Жмудь В. А. Моделирование, исследование и оптимизация замкнутых систем автоматического управления. Монография. Новосибирск, Изд-во НГТУ, 2012. – 335 с.
- [5] В.А. Васильев, А.А. Воевода, В.А. Жмудь, В.А. Хассуонех. Цифровые регуляторы: целевые функции настройки, выбор метода интегрирования, аппаратная реализация. Сборник научных трудов НГТУ, 2006. N 4 (46). С. 3–10.
- [6] А.С. Востриков, А.А. Воевода, В.А. Жмудь. Эффект понижения порядка системы при управлении по методу разделения движений. Научный вестник НГТУ. - 2005. - N 3(21). с.3-21.
- [7] А.А. Воевода, В.А. Жмудь. Сохранение и повышение порядка асимптотического уравнения системы при управлении по методу разделения

движений. Научный вестник НГТУ. - 2006. - N 1(22). с.3-9.

- [8] А.А. Воевода, В.А. Жмудь. Сходимость алгоритмов оптимизации регулятора для объекта с ограничителем и с запаздыванием. Научный вестник НГТУ. - 2007. - N 4(29). с.179-184.
- [9] The modeling tests of the new PID-regulators structures. Voevoda, A.A., Zhmud, V.A., Ishimtsev, R.Y., Semibalamut, V.M. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2009. P.165 – 168.
- [10] Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. Zhmud, V., Yadrishnikov, O., Poloshchuk, A., Zavorin, A. 2012. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.
- [11] The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. Zhmud, V., Liapidevskiy, A., Prokhorenko, E. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.
- [12] V. Zhmud, O. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>
- [13] V. Zhmud, A. Polishchuk, A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007, Gujarat, India. pp. 254-263.
- [14] В.А. Жмудь, А.Н. Заворин. Метод проектирования энергосберегающих регуляторов для сложных объектов с частично неизвестной моделью. В кн.: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XVI Международной конференции 30 июня – 03 июля 2014 г., Самара. Россия. С. 557–567.
- [15] Zhmud V.A., Zavorin A.N. Metodi di ottimizzazione del controllo numerico su una modelli troncati. Italian Science Review. 2014; 4(13). PP. 686-689. Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Zhmud.pdf> and <http://www.ias-journal.org/archives/april-2014>
- [16] В. Дьяконов. VisSim + Mathcad + MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М. СОЛОН-Пресс. 2004. – 384 с.
- [17] В. Дьяконов. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. Полное руководство пользователя. – М. СОЛОН-Пресс. 2003. – 576 с.



Вадим Аркадьевич Жмудь – заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника. E-mail: oao_nips@bk.ru



Олег Дмитриевич Ядрышников – аспирант кафедры Автоматики НГТУ, автор более 10 научных статей. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, оптимальные и адаптивные системы, оптимизация, многоканальные системы. E-mail: oleg_yadr@mail.ru



Владим Михайлович Семибаламут – директор ФГБУН «Геофизическая служба СО РАН». Область научных интересов и компетенций: автоматизация научного эксперимента, лазерная физика, геофизика, программное обеспечение, оптимизация. E-mail: wladim28@yandex.ru

REFERENCES

- [1] A phase-locked loop system for the difference frequency of two lasers. Barmasov S.V., Zhmud' V.A. Instruments and Experimental Techniques. 2000. T. 43. № 3. P. 381-383.
- [2] An electronic system for stabilizing of the frequency of the He-Ne laser to the methane absorption lines. Zhmud V.A., Barmasov S.V., Gitel'son V.D. Instruments and Experimental Techniques. 1999. T. 42. № 4. P. 551-557.
- [3] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored “The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics”, 10 – 13 September, 2011, Additional volume, pp.40–43.
- [4] V.A. Zhmud. Simulation, research and optimization of locked system of automatic control. Monograph. Novosibirsk. Publishing house of NSTU. 2012. – 335 p.
- [5] V.A. Vasiliev, A.A. Voevoda, VA Zhmud, V.A. Hassuoneh. Digital controls: cost function, the choice of integration method, hardware implementation. Collection of scientific works of NSTU, 2006. N 4 (46). P. 3-10.
- [6] A.S. Vostrikov, A.A. Voivod, V.A. Zhmud. The effect of reducing the order of the system that is controlled by the method of separation of motions. Scientific Bulletin of the NSTU. - 2005. - N 3 (21). P.3-21.
- [7] A.A. Voevoda, V.A. Zhmud. Maintenance and improvement of the order of the asymptotic equation of the system that is controlled by the method of separation of motions. Scientific Bulletin of the NSTU. - 2006. – N 1 (22). P.3-9.
- [8] A.A. Voevoda, V.A. Zhmud. The convergence of the optimization algorithms for object control with limiter and delay. Scientific Bulletin of the NSTU. - 2007. - N 4 (29). s.179-184.
- [9] The modeling tests of the new PID-regulators structures. Voevoda, A.A., Zhmud, V.A., Ishimtsev, R.Y., Semibalamut, V.M. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2009. P.165 – 168.
- [10] Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. Zhmud, V., Yadrishnikov, O., Poloshchuk, A., Zavorin, A. 2012. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.

- [11] The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. Zhmud, V., Liapidevskiy, A., Prokhorenko, E. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.
- [12] V. Zhmud, O. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>
- [13] V. Zhmud, A. Polishchuk, A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007, Gujarat, India. pp. 254-263.
- [14] В.А. Жмудь, А.Н. Заворин. Метод проектирования энергосберегающих регуляторов для сложных объектов с частично неизвестной моделью. В кн.: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XVI Международной конференции 30 июня – 03 июля 2014 г., Самара. Россия. С. 557–567.
- [15] Zhmud V.A., Zavorin A.N. Metodi di ottimizzazione del controllo numerico su una modelli troncati. Italian Science Review. 2014; 4(13). PP. 686-689. Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Zhmud.pdf> and <http://www.ias-journal.org/archives/april-2014>
- [16] V. Dyakonov. VisSim + Mathcad + MATLAB. The visual mate-matic simulation. - M. SOLON-Press. 2004 - 384 p.
- [17] V. Dyakonov. MATLAB 6 / 6.1 / 6.5 + Simulink 4/5 in mathematics and modeling. Full user manual. - M. SOLON-Press. 2003 - 576 p.
- [18] A phase-locked loop system for the difference frequency of two lasers. Barmasov S.V., Zhmud' V.A. Instruments and Experimental Techniques. 2000. T. 43. № 3. P. 381-383.
- [19] An electronic system for stabilizing of the frequency of the He-Ne laser to the methane absorption lines. Zhmud V.A., Barmasov S.V., Gitel'son V.D. Instruments and Experimental Techniques. 1999. T.

42. № 4. P. 551-557. (Электронная система стабилизации частоты He-Ne лазера по линиям поглощения метана. Жмудь В.А., Бармасов С.В., Гительсон В.Д. Приборы и техника эксперимента. 1999. № 4. С. 127).

Control of Object with a Single Output with the Usr of Two Input Channels of Influence

V.A. ZHMUD, O.D. YADRISHNIKOV, V.M. SEMIBALAMUT

Abstract. Control of objects in the loop with negative feedback is widely used because it allows achieving of high accuracy in the presence of disturbances. As a rule, the number of channels for input actions in the object is equal to the number of output controlled variables. In some cases, the structure of the mathematical model of the object can control the output value in different ways, which correspond to different mathematical models. In each of these models there are their own limits on the maximum value of the speed of the output value and so on. Ioint control by the both channels can at once provide both high speed control and a large range of controlled changes in the output value of the object. This requires the use of two regulators jointly acting on the object. Issues of harmonization of dynamic and static properties of these controls were considered theoretically using transfer functions; however, the publications have not been considered such restrictions of one of the control channels of the object as a dynamic non-linearity. This paper discusses these limitations in one of the channels, using the mathematical modeling for getting the transients processes and to optimize the regulators. Features of using of this method are investigated by an example.

Key words: Control, feedback, automation, regulator, quality control, precision

Повышение точности управления объектом совмещением достоинств нескольких датчиков

В.А. Жмудь¹, О.Д. Ядрышников¹, В.М. Семибаламут²

¹ ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск, Россия, ² ФГБУН Геофизическая служба СО РАН

Аннотация: Прецизионная управление объектами в контуре с отрицательной обратной связью или стабилизация их выходных величин широко используется в науке и технике. Точность стабилизации или управления зависит не только от свойств регулятора, но и в первую очередь от точности датчика выходной величины. Зачастую выбор лучшего датчика невозможен, поскольку разные датчики могут обладать лучшими свойствами в различных частотных диапазонах, и ни один из датчиков не является лучшим по всем параметрам. Например, датчики, обладающие лучшим быстродействием, чаще всего характеризуются невысокой точностью, а наиболее точные датчики зачастую не обладают достаточным быстродействием. В работе исследуется метод совмещения достоинств различных датчиков. Исследование осуществляется моделированием в программе *VisSim*.

Ключевые слова: управление, обратная связь, автоматика, регулятор, качество управления, точность

ВВЕДЕНИЕ

Управление объектами в контуре с отрицательной обратной связью позволяет обеспечить высокую точность в присутствии возмущающих воздействий, поэтому широко используется. В системах стабилизации требуется, чтобы выходная величина объекта не изменялась во времени, несмотря на то, что на объект воздействует возмущение, стремящееся изменить эту величину. В таких системах ошибка управления или стабилизации $e(t)$, равная разности между предписанным выходным сигналом объекта $v(t)$ и его фактическим значением $y(t)$, преобразуется регулятором в управляющий сигнал $u(t)$, который прикладывается к входу объекта. Результатом действия этого сигнала является достижение требуемого равенства $y(t) \approx v(t)$, по крайней мере, в среднем (в ограниченной полосе частот). Если $v(t) = 0$, обратная связь предназначена для стабилизации выходной величины объекта с высокой точностью. К таким системам предъявляются особенно высокие требования по точности. В некоторых случаях предела требуемой точности назвать нельзя, то есть чем выше точность стабилизации, тем лучше.

Примером таких систем могут служить системы стабилизации частоты или фазы лазерного излучения для оптического стандарта частоты [1–3]. В работе [4] предложено использование двух датчиков для совмещения их достоинств и преодоления их недостатков. При этом важно так рассчитать регулятор, чтобы в действительности достоинства датчиков совмещались, а недостатки нивелировались. Принцип такого подхода состоит в том, чтобы использовать в различных диапазонах частот имен те датчики, точность которых в этих диапазонах выше. Также следует решить вопросы сопряжения этих областей и расчета регуляторов, обеспечения устойчивости и требуемого качества управления (стабилизации).

В данной статье исследуется предложенный метод путем математического моделирования и численной оптимизации регуляторов. Верификация метода осуществлена на примере.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть имеется несколько датчиков выходной величины объекта. Для начала рассмотрим ситуацию с двумя датчиками. Предположим, отношение сигнал/шум у первого датчика выше в высокочастотной области, а у второго – в низкочастотной области. Ставится задача проектирования регулятора, который бы обеспечил управление объектом в соответствии с тем отношением сигнал/шум, которое соответствует лучшему из датчиков в данной частотной области.

Вариант включения датчиков, который может быть предложен на основании самых общих соображений, состоит в том, чтобы параллельно подключить все имеющиеся датчики к объекту для измерения его выходной величины. Далее следует использовать некоторые выравнивающие фильтры, которые бы обеспечили сочетание выходных сигналов этих датчиков с правильными весовыми коэффициентами. Соответствующая структурная схема показана на *Рис. 1*. Такая схема категорически не рекомендуется вследствие характерных недостатков. На этом *Рис. 1* имеются два датчика одной и той же величины $Y(t)$. Согласование передаточных функций таких датчиков является сложной задачей, решение которой при другом подходе даже не требуется. Поэтому схема по *Рис. 1* не рекомендуется к использованию, хотя она

достаточно наглядно демонстрирует принцип действия системы с двумя датчиками.

Рассмотрим схему по Рис. 2. Здесь большими буквами обозначены преобразования по Лапласу от функций времени, обозначенных малыми буквами. Например, $Y(s)$ – преобразование от

выходной величины $y(t)$, $N_k(s)$ – преобразование от шума k -го датчика $n_k(t)$, $Q_k(s)$ – выходной сигнал k -го датчика $q_k(t)$, $E_k(s)$ – преобразование от ошибки, вычисленной с помощью сигнала от k -го датчика $e_k(t)$, и так далее.

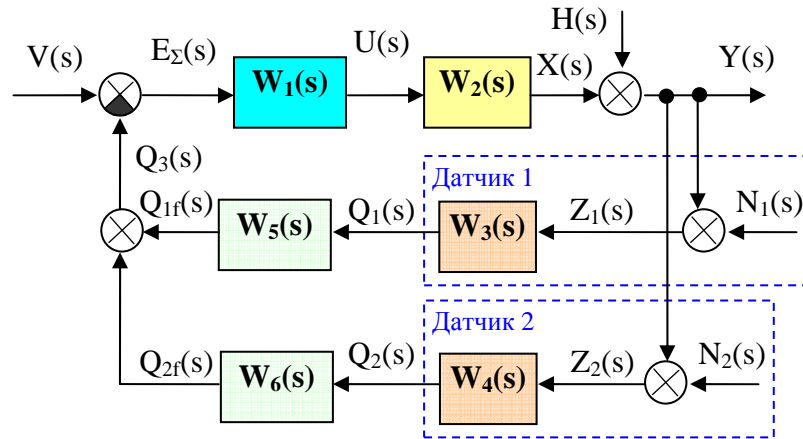


Рис. 1. Не рекомендуемая структурная схема системы с двумя датчиками

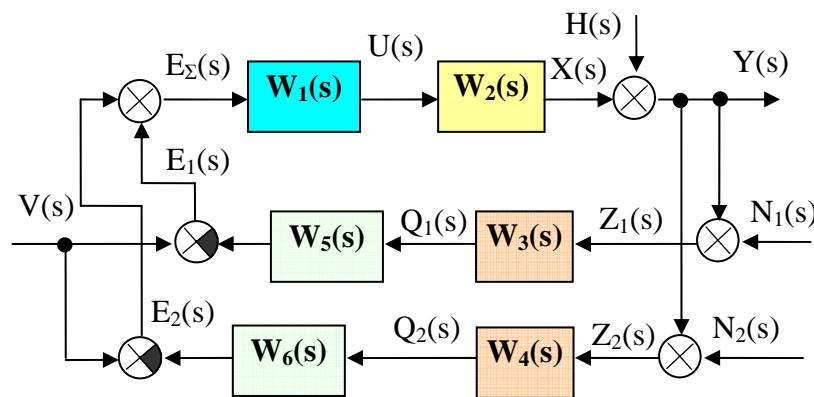


Рис. 2. Рекомендуемая структурная схема системы с двумя датчиками

В этой схеме по отдельности вычисляются ошибки величины $y(t)$ на основе выходных сигналов от двух датчиков: $q_1(t)$ и $q_2(t)$. Каждая из получаемых ошибок должна быть равна нулю. Если сигнал обратной связи, равный сумме этих ошибок, подается на объект с усилением через регулятор W_1 , то эта суммарная ошибка сводится к нулю. Для корректной работы этой схемы не требуется согласование масштабов передаточных функций W_3 и W_4 , а также не требуется, чтобы получаемые сигналы оценки выходной величины плавно дополняли друг в друга на промежуточном участке. В случае если оба датчика идеальны даже в отсутствие фильтров, то есть при $W_3 = W_4 = 1$, $N_1 = N_2 = 0$, получаем $e_Σ(t) = 2e(t)$. Это равносильно увеличению коэффициента регулятора вдвое. Если система остается устойчивой, она работает корректно, ошибка сводится к нулю. Поэтому выходной сигнал в рабочей области частот повторять с требуемой точностью сигнал задания $y(t) \approx v(t)$.

Для удобства будем считать, что передаточные функции фильтров W_3 и W_4

дополняют передаточные функции датчиков до единицы в области рабочих частот. Объединим эти передаточные функции с передаточными функциями датчиков: $W_3(s) \cdot W_5(s) = W_7(s)$; $W_4(s) \cdot W_6(s) = W_8(s)$. Передаточную функцию последовательного регулятора, наоборот, разделим на две параллельные передаточные функции $W_9(s)$ и $W_{10}(s)$. Получим систему с двумя датчиками и двумя регуляторами, показанную на Рис. 3.

В этом случае постановка задачи состоит в следующем.

Задача 1. Даны две передаточные функции двух датчиков, отличающиеся так, что ни одна из них не может быть признана лучшей во всей рабочей полосе частот. Кроме того, каждый из датчиков подвержен влиянию шумов, характеристики которых различны и заданы изначально. Требуется рассчитать регулятор, который бы обеспечил наивысшую точность стабилизации выходной величины объекта.

Задача 2. Расширение задачи 1 для случая трех и более датчиков.

Примечание. Вследствие линейности системы и отсутствия каких-либо иных связей от сигнала задания $v(t)$ в контуры управления, кроме связи с вычитающими элементами, вычисляющими ошибку регулирования. Задача

стабилизации и задача управления решаются идентично, результат их решения достаточно показательно описывается откликом на ступенчатый скачок помехи $h(t)$ или на ступенчатый скачок задания $v(t)$.

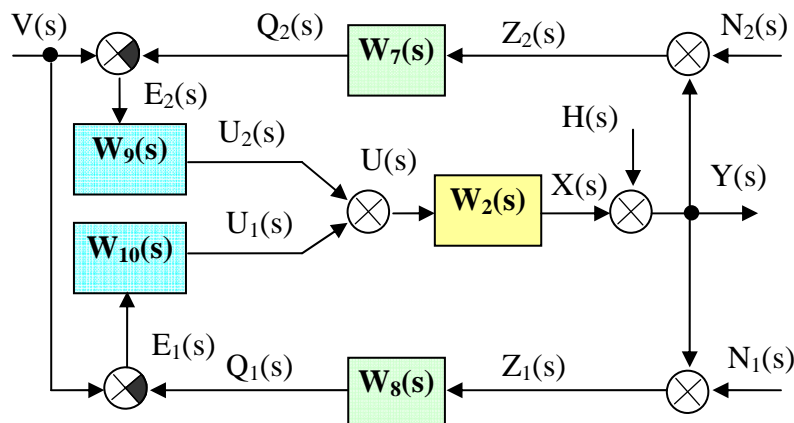


Рис. 3. Расчетная структурная схема системы с двумя датчиками

2. ПРИМЕРЫ МОДЕЛЕЙ ДАТЧИКОВ

Рассмотрим три различных датчика. Их математические модели и соответствующие отклики на гармонический сигнал показаны на Рис. 4, где используется моделирование в программе VisSim.

Для простоты положим статический коэффициент у всех датчиков равным единице. Если это не так, то необходимо включить последовательно с датчиком соответствующий масштабный преобразователь или, если сигналы обрабатываются цифровым путем, использовать выравнивающий коэффициент.

Пусть передаточная функция первого датчика имеет вид аperiodического звена первого порядка (фильтра первого порядка) с постоянной времени $T_1 = 0,5$ с. Также в модели этого датчика присутствует постоянное смещение выходного сигнала на величину 0,4, а также имеются аддитивные высокочастотные шумы (гауссов шум). Модель этого датчика показана на Рис. 4 в верхней цепи, подключенной к входу осциллографа с красным плоттером, соответствующий выходной сигнал при подаче на вход этого датчика гармонического сигнала показан красной линией на графике Рис. 4.

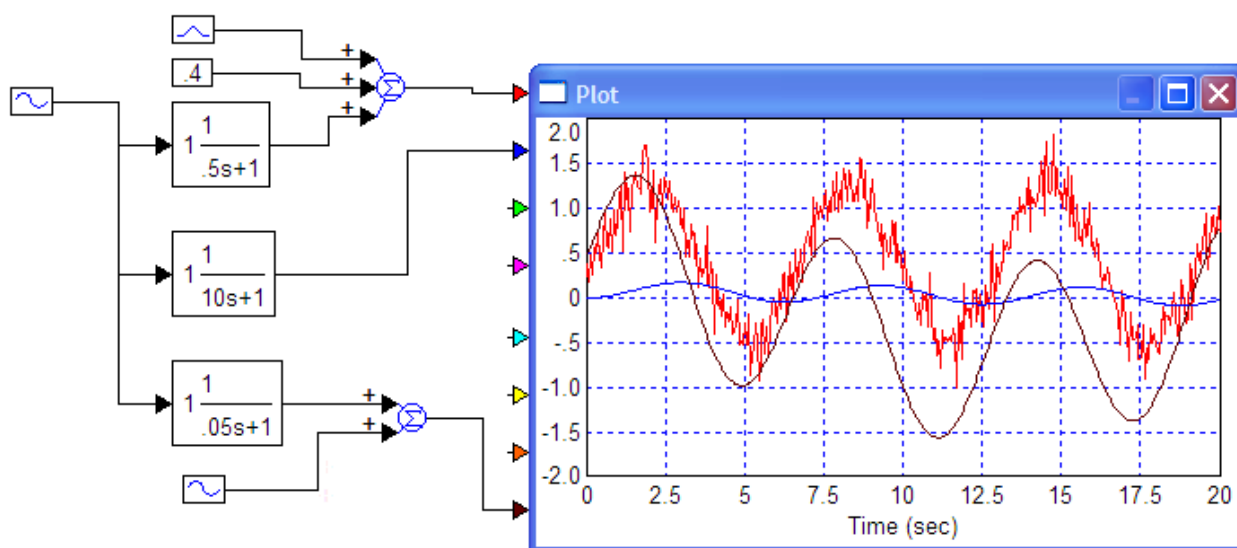


Рис. 4. Структурные схемы и отклики трех датчиков и результат моделирования в программе VisSim

Пусть передаточная функция второго датчика имеет вид аperiodического звена с постоянной времени $T_2 = 10$ с. Соответствующая модель показана между выходом генератора и входом

синего плоттером осциллографа на Рис. 4, выходной сигнал показан синей линией.

Пусть модель третьего датчика описывается передаточной функцией с постоянной времени $T_3 = 0,05$ с. Также к выходному сигналу этого

датчика подмешивается медленно изменяющийся гармонический сигнал с периодом 100 с. Соответствующая модель показана между выходом генератора и входом черного плоттера осциллографа, график показан черной линией на *Рис. 4*.

3. РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ С РАЗЛИЧНЫМИ ДАТЧИКАМИ

В работе [4] предлагается выбирать для дифференцирующего контура датчики с лучшим быстродействием, а для интегрирующего контура датчики с более высокой статической точностью, что достаточно логично. Можно это утверждение расширить, указав, что для каждой области частот следует использовать тот датчик, который обладает лучшим отношением сигнал/шум в этой области.

В дополнение к теоретическим исследованиям можно использовать исследования на основе математического моделирования. Предлагаемая методика такого исследования состоит в следующем.

1. Выберем датчики с соответствующими моделями и на основе их сигналов организуем контур с отрицательной обратной связью, например, ПИД-регулятор, то есть регулятор, содержащий пропорциональный, интегрирующий и дифференцирующий каналы.

2. Коэффициент каждого канала может быть оптимизирован автоматически, если задать целевую функцию. Зададим, например, целевую функцию в виде интеграла от модуля ошибки, умноженного на время от начала переходного процесса, который инициируется единичным ступенчатым скачком.

3. Проведем такую процедуру для различных сочетаний использования датчиков.

4. Сравним результаты при использовании различных датчиков по переходным процессам и (или) по целевым функциям. Сделаем выводы.

Один из логичных вариантов выбора датчика состоит в выборе датчика № 2, с игнорированием возможности использования других датчиков. Основанием для такого выбора может служить тот факт, что данный датчик среди особенностей его модели содержит лишь фильтр первого порядка. В этом датчике отсутствуют какие-либо шумы или сдвиг нуля. Результаты оптимизации системы с таким датчиком показаны на *Рис. 5*. Перерегулирование достигает значения 5, то есть 400 %. Такую систему нельзя назвать приемлемой. При этом длительность переходного процесса составила около 10 с.

Рассмотрим результаты использования только третьего датчика, которые приведены на *Рис. 6*. Результаты использования только третьего датчика также не могут быть признаны приемлемыми, поскольку длительность переходного процесса превышает 100 с, перерегулирование составляет около 30 %.

Результаты использования только первого датчика не требуется моделировать и анализировать, поскольку очевидно, что в этом случае статическая ошибка составит 0,4 единицы (для ступенчатого единичного скачка это составит 40 %).

На основе предварительных рассмотрений о соотношении сигнал/шум по различным областям частот можно предложить следующий вариант использования: для пропорционального канала использовать первый датчик, для интегрального канала – второй датчик, для дифференцирующего канала – третий датчик. Такая структура и результаты ее оптимизации показаны на *Рис. 7*.

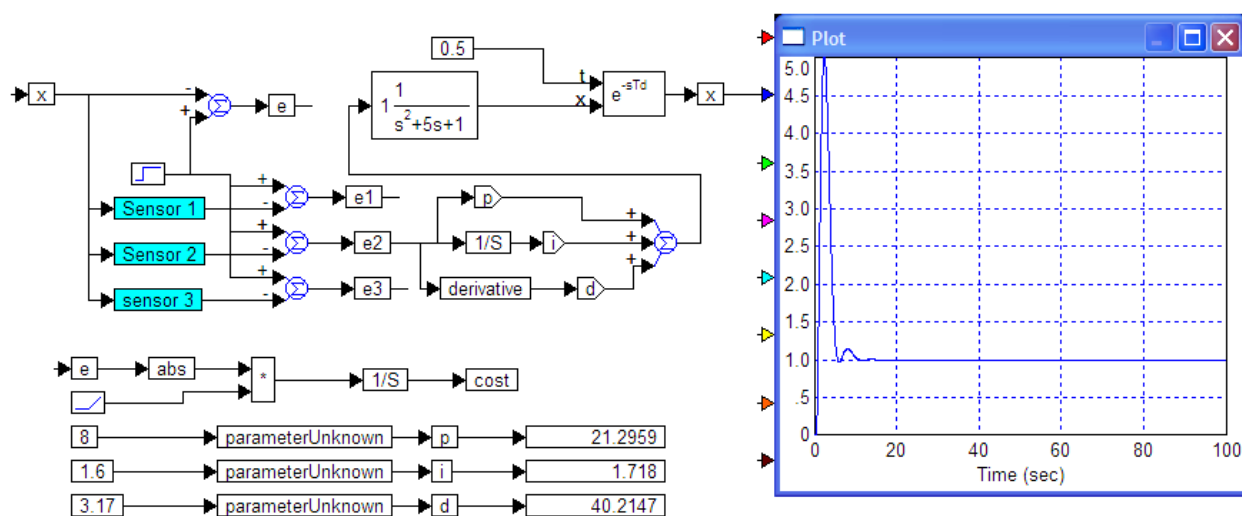


Рис. 5. Результаты оптимизации системы с использованием только второго датчика

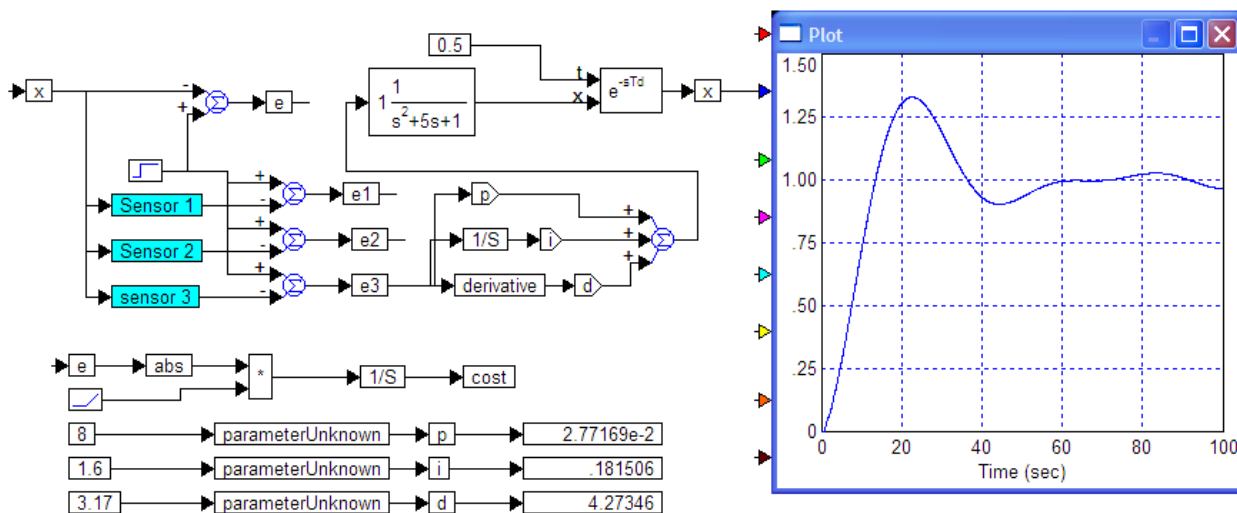


Рис. 6. Результаты оптимизации системы с использованием только второго датчика

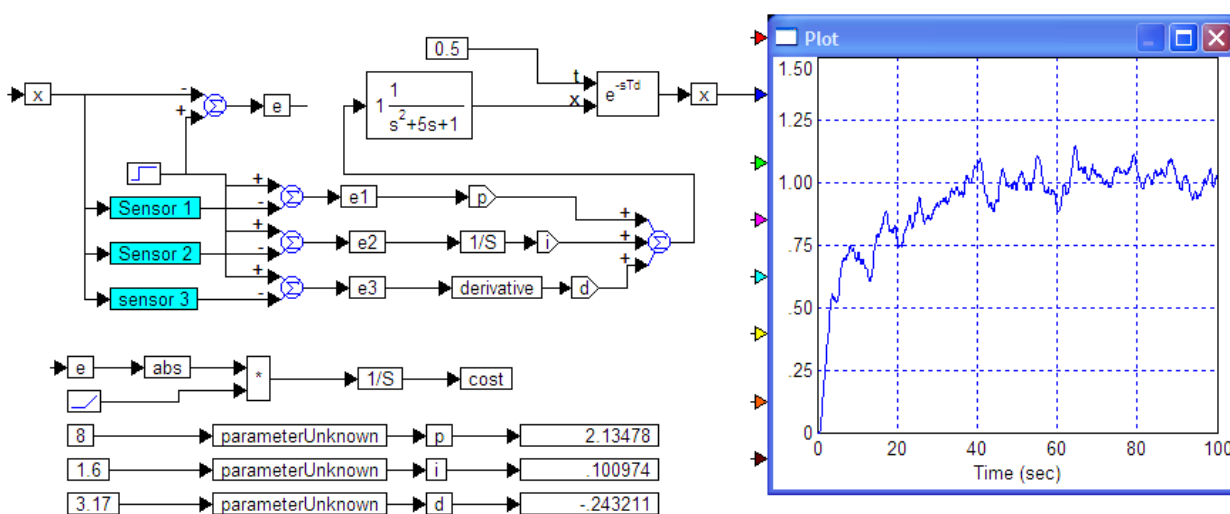


Рис. 7. Результаты оптимизации системы с использованием трех датчиков

Результаты оптимизации, показанные на Рис. 7, хотя и лучше других результатов по некоторым параметрам, все же не удовлетворительны.

Действительно, перерегулирование снизилось до величины не более 10 %, переходный процесс в целом заканчивается по истечении 40 с, но результат управления характеризуется недопустимо большим уровнем шумов, в именно: пиковые отклонения выходной величины от предписанного значения достигают 10 %. Фактически можно утверждать, что переходный процесс не заканчивается, поскольку система вынуждена обрабатывать (повторять) шум датчика.

Результат использования только двух датчиков показан на Рис. 8. При этом второй датчик используется и для пропорционального, и для интегрирующего каналов, а третий датчик используется для дифференцирующего канала. Первый датчик не используется.

Полученный результат, как видно из Рис. 8, является, безусловно, наилучшим из всех возможных результатов. Действительно,

переходный процесс фактически заканчивается через 20 с после его начала. Перерегулирование пренебрежимо мало (около 1 %), шумы в выходном сигнале отсутствуют.

Таким образом, численная оптимизация регулятора позволила на основе формальной процедуры исключить лишний датчик из структуры (что привело к упрощению), использовать оставшиеся датчики в наилучшем сочетании и с наилучшим выбором коэффициентов регулятора (за счет оптимизации).

Проделанное исследование продемонстрировало следующее:

1. Использование нескольких датчиков одной и той же величины при условии, что они характеризуются различными свойствами (по быстродействию и (или) по уровню шумов) позволяет достигать наилучшего качества управления, результат такого расчета эффективно может быть сделан автоматически в случае использования численной оптимизации регулятора.

2. Далеко не каждый датчик, который на основании общих соображений может казаться

полезным, является полезным в действительности. Процедура численной

оптимизации показала, что от использования некоторых датчиков целесообразно отказаться.

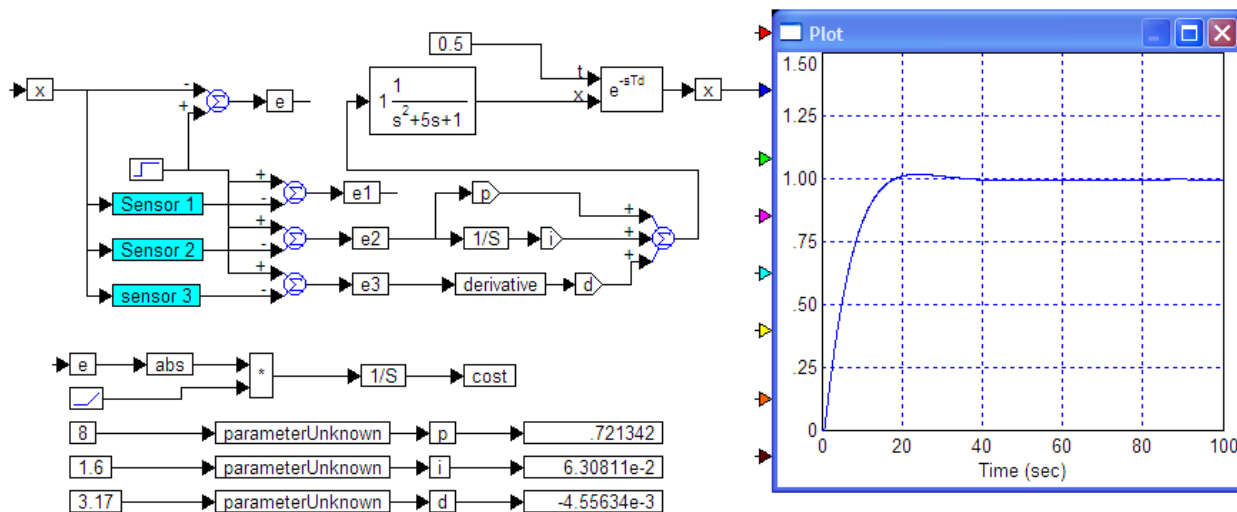


Рис. 8. Результаты оптимизации системы с использованием второго и третьего датчиков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследован метод расчета двухканального регулятора одной выходной величины, основанный на численной оптимизации с использованием нескольких датчиков выходной величины. Выявлена и подтверждена моделированием целесообразность, возможность и эффективность использования более чем одного датчика. Также моделированием выявлена целесообразность отказа от использования некоторых датчиков. Эта целесообразность далеко не очевидна из общих соображений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному заданию №2014/138, тема проекта «Новые структуры, модели и алгоритмы для прорывных методов управления техническими системами на основе наукоемких результатов интеллектуальной деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

[1] A phase-locked loop system for the difference frequency of two lasers. Barmasov S.V., Zhmud' V.A. Instruments and Experimental Techniques. 2000. T. 43. № 3. P. 381-383.

[2] Электронная система стабилизации частоты He-Ne лазера по линиям поглощения метана. Жмудь В.А., Бармасов С.В., Гительсон В.Д. Приборы и техника эксперимента. 1999. № 4. С. 127 (An electronic system for stabilizing of the frequency of the He-Ne laser to the methane absorption lines. Zhmud V.A., Barmasov S.V., Gitel'son V.D. Instruments and Experimental Techniques. 1999. T. 42. № 4. P. 551-557).

[3] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored "The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational

Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics", 10 – 13 September, 2011, Additional volume, pp.40–43.

[4] Жмудь В. А. Моделирование, исследование и оптимизация замкнутых систем автоматического управления. Монография. Новосибирск, Изд-во НГТУ, 2012. – 335 с.

[5] The modeling tests of the new PID-regulators structures. Voevoda, A.A., Zhmud, V.A., Ishimtsev, R.Y., Semibalamut, V.M. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2009. P.165 – 168.

[6] Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. Zhmud, V., Yadrishnikov, O., Poloshchuk, A., Zavorin, A. 2012. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.

[7] The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. Zhmud, V., Liapidevskiy, A., Prokhorenko, E. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.

[8] V. Zhmud, O. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>

[9] V. Zhmud, A. Polishchuk, A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007, Gujarat, India. pp. 254-263.



Вадим Аркадьевич Жмуд – заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника.
E-mail: oao_nips@bk.ru



Олег Дмитриевич Ядрышников – аспирант кафедры Автоматики НГТУ, автор более 10 научных статей. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, оптимальные и адаптивные системы, оптимизация, многоканальные системы.
E-mail: oleg_yadr@mail.ru



Владим Михайлович Семибаламут – директор ФГБУН «Геофизическая служба СО РАН». Область научных интересов и компетенций: автоматизация научного эксперимента, лазерная физика, геофизика, программное обеспечение, оптимизация.
E-mail: wladim28@yandex.ru

REFERENCES

- [1] A phase-locked loop system for the difference frequency of two lasers. Barmasov S.V., Zhmud V.A. Instruments and Experimental Techniques. 2000. T. 43. № 3. P. 381-383.
- [2] An electronic system for stabilizing of the frequency of the He-Ne laser to the methane absorption lines. Zhmud V.A., Barmasov S.V., Gitel'son V.D. Instruments and Experimental Techniques. 1999. T. 42. № 4. P. 551-557.
- [3] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored "The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics", 10 – 13 September, 2011, Additional volume, pp.40–43.
- [4] V.A. Zhmud. Simulation, research and optimization of locked system of automatic control. Monograph. Novosibirsk. Publishing house of NSTU. 2012. – 335 p.
- [5] The modeling tests of the new PID-regulators structures. Voevoda, A.A., Zhmud, V.A., Ishimtsev, R.Y., Semibalamut, V.M. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2009. P.165 – 168.
- [6] Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. Zhmud, V., Yadrishnikov, O., Poloshchuk, A., Zavorin, A. 2012. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.
- [7] The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. Zhmud, V., Liapidevskiy, A., Prokhorenko, E. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.
- [8] V. Zhmud, O. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>
- [9] V. Zhmud, A. Polishchuk, A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007, Gujarat, India. pp. 254-263.

Increasing of the Accuracy of Object Controlling by Combining the Advantages of Several Sensors

V.A. ZHMUD, O.D. YADRISHNIKOV, V.M. SEMIBALAMUT

Abstract. Precise control of objects in the loop with negative feedback or stabilization of their output values are widely used in science and technology. Stabilization accuracy or control depends not only on the properties of the controller, but primarily on the accuracy of the sensor of output value. Often the choice of the best sensor is impossible because the different sensors may have better properties in different frequency ranges, and none of the sensors is the best in all respects. For example, sensors, offering the best performance, often characterized by low accuracy and the most accurate sensors are often not fast enough. In this paper the method of combining the advantages of different sensors is researched. The study is carried out with the simulation program VisSim.

Key words: Control, feedback, automation, regulator, quality control, precision

**II. Робототехника.
Программные средства и системы.
Свободное и открытое
программное обеспечение.**

Содержание раздела:

- А.Н. Заворин. Модификация адаптивной системы для подавления влияния шумов. ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия). Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 38–43.

Модификация адаптивной системы для подавления влияния шумов

А.Н. Заворин
ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия)

Аннотация: Адаптивное управление широко применяется для управления объектами, изменяющими свои параметры в ходе своего функционирования. Один из способов построения таких систем состоит в использовании тестовых девиаций, которые вводятся в сигнал либо в какой-либо коэффициент регулятора [1]. Решающее устройство в такой системе анализирует ее качество на основании наперед заданного критерия, и изменяет регулятор с целью достижения наилучшего качества управления (в соответствии с этим критерием). Недостатком такой системы является наличие переходных процессов даже в том случае, если качество системы соответствует предъявляемым к ней требованиям. Обсуждается метод устранения этого недостатка.

Ключевые слова: Автоматика, регулятор, моделирование, теория автоматического управления, численная оптимизация, устойчивость, качество переходного процесса, адаптивные системы, самонастраивающиеся системы.

ВВЕДЕНИЕ

Адаптивные системы требуются для управления нестационарными динамическими объектами, что актуально во многих отраслях промышленности, техники, технологии и науки. В них осуществляются соответствующие изменения коэффициентов регулятора для обеспечения неизменных свойств системы в целом, вопреки изменениям свойств объекта. Например, если коэффициент усиления объекта уменьшается, то коэффициент усиления регулятора должен увеличиться, и наоборот. Если изменяется несколько коэффициентов объекта, то столь однозначной связи между этими изменениями и требуемыми изменениями регулятора иногда не существует. Поэтому задача адаптивного управления состоит из двух подзадач: определения изменений коэффициентов динамических объектов и вычисления требуемых изменений коэффициентов регулятора. Количество изменяемых коэффициентов объекта может быть различным. Количество изменяемых коэффициентов регулятора, как правило, не превышает трех, поскольку наиболее распространенный вид регулятора имеет три тракта воздействия на объект:

пропорциональный, интегрирующий и дифференцирующий, в зависимости от того действия, которое этот тракт осуществляет по отношению к ошибке управления.

Например, в [1, с.71, рис.47] описана одна из таких адаптивных систем. Существенным недостатком этой адаптивной системы является низкое быстродействие и недостаточная точность. Для эффективной работы системы требуется оценка модели объекта в широком диапазоне частот, что и приводит к снижению быстродействия и, как следствие, к ухудшению точности, а также повышает сложность системы. Для расчета регулятора адаптивная система использует информацию о многих значениях амплитудно-частотной характеристики в относительно широком диапазоне частот. Эта информация снимается в последовательном режиме, а именно используется генератор гармонических сигналов по заданной программе, который должен изменять частоту генерируемого сигнала под управлением анализатора характеристик. Каждый полный цикл измерения требует значительного времени. Необходимость охвата широкого частотного диапазона вызывает необходимость формирования тестовых сигналов и в рабочей области частот, в которой такие помехи нежелательны, поскольку они ухудшают точность системы.

Известна также адаптивная система, описанная в [2, с.443, рис.4.40]. Основным недостатком этой адаптивной системы является невозможность ее реализации для большинства реальных объектов управления, поскольку объект управления зачастую содержит элемент запаздывания, что детально описано в [3]. Другим недостатком данного устройства является недостаточное быстродействие. Необходимость точного определения многих коэффициентов объекта управления с помощью анализатора сигналов вынуждает конструировать его на основе использования корреляционных методов, в которых высокая точность достигается лишь в случае чрезвычайно длительного осреднения результатов, особенно в присутствии возмущающего воздействия. Поэтому высокая точность определения коэффициентов объекта управления в анализаторе сигналов может быть достигнута лишь с низким быстродействием, а недостаточная точность определения этих коэффициентов не позволяет осуществить эффективную работу контура адаптации. Таким образом, актуальна разработка адаптивных

систем, обладающих достаточно высоким быстродействием при достаточной эффективности.

1. ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Для повышения быстродействия адаптивной системы разработана система, описанная в [3]. Одной из ее особенностей является использование результатов предварительного исследования, направленного на разработку набора регуляторов, у которых математическая модель задается единственным входным параметром.

Во многих практических случаях все множество получаемых вариантов настройки управляемого регулятора может быть упорядочено вдоль оси единственного условного параметра K . Например, для этого может быть построена зависимость коэффициентов интегрирующего и дифференцирующего тракта от коэффициента пропорционального тракта, после чего эти зависимости могут быть аппроксимированы плавными кривыми линиями, например, методом полиномиальной аппроксимации. Даже если эти зависимости не однозначны, то есть одному значению параметра K соответствует несколько значений коэффициентов, в ряде случаев среднее значение этих коэффициентов может успешно использоваться в качестве коэффициентов управляемого регулятора. Данное соображение

подтверждается модельным исследованием и может быть продемонстрировано практическими примерами. Пример и метод отыскания таких зависимостей даны в статье [4] (графики зависимостей даны на рис.7 и 8 этой статьи). В итоге получаем зависимость всей группы коэффициентов регулятора от единственного входного параметра K . Если такую зависимость получить не удалось, то предлагаемая в [3] адаптивная система не применима к управлению таким объектом управления.

После отыскания указанной зависимости коэффициентов регулятора от единственного параметра K адаптивная система строится по следующей структурной схеме: основной контур управления образуется объектом и регулятором. Контур адаптации образуется остальными элементами [3]. На рис. 1 показана схема предложенной в [3] адаптивной системы.

Вычислитель № 1 вычисляет интеграл от модуля ошибки на скользящем интервале в соответствии с соотношением:

$$F(t) = \int_{t-T}^t |e(\tau)| d\tau. \quad (1)$$

Здесь T - интервал осреднения, t - текущее время, $e(\tau)$ - ошибка управления, τ - величина, аналогичная времени (обозначена другим символом для того, чтобы отличать ее от времени, используемом для обозначения границ интервала интегрирования).

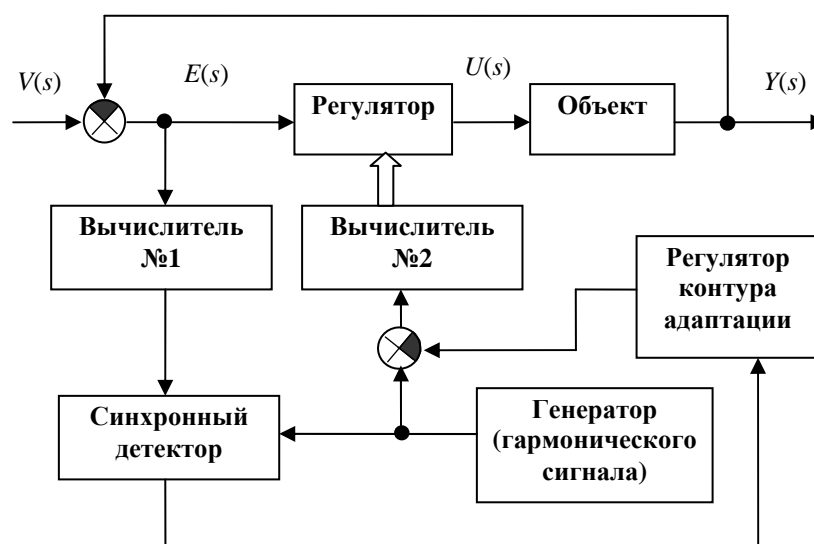


Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы по [3]

Вычислитель № 2 вычисляет значения коэффициентов регулятора по заранее заданным функциям:

$$K_{II} = f_1(K), \quad (2)$$

$$K_{II} = f_2(K), \quad (3)$$

$$K_D = f_3(K). \quad (4)$$

Синхронный детектор осуществляет умножение двух сигналов, приходящих на его входы и фильтрацию результата.

Все элементы системы, кроме объекта управления, могут быть реализованы на микроконтроллере, оснащенный АЦП на каждом входе и ЦАП на каждом выходе.

Эта адаптивная система для регулирования и стабилизации физических величин работает следующим образом.

В исходном состоянии математическое описание объекта управления известно, и это позволяет изначально настроить управляемый регулятор, то есть задать его коэффициенты. Также известна математическая модель объекта в виде передаточной функции с коэффициентами в виде алгебраических переменных, а также диапазон изменения всех этих коэффициентов. Как сказано выше, желательно свести все возможные изменения регулятора к функции одной переменной.

На практике часто встречаются случаи, когда указанные коэффициенты модели регулятора изменяются совместно, например, когда все они зависят от одного внешнего параметра, например температуры. В этом случае эта известная связь может использоваться для определения зависимости, связывающей наиболее эффективные коэффициенты регулятора с формальным параметром K . Это позволяет перестраивать все коэффициенты регулятора одновременно и синхронно по различным зависимостям (2) – (4), определенным предварительно. В этом случае настройка управляемого регулятора сводится к двум задачам: 1) к предварительной реализации аппаратной или программной зависимости этих функций; 2) к отысканию во время действия системы оптимального значения параметра K и использование этого параметра для изменения параметров настройки регулятора по указанным зависимостям.

Первоначальную настройку обозначим K_0 .

В ходе работы адаптивной системы вследствие действия неизвестных внешних факторов и воздействий коэффициенты объекта управления изменяются, что нарушает качество настройки управляемого регулятора. Качество настройки оценивается вторым вычислителем, который осуществляет вычисление наперед заданной функции $F(t)$, например, интеграла от модуля ошибки за фиксированное время (1). Также могут быть использованы модифицированные стоимостный функции, например, такие, как предложено в работах [5–13].

Поскольку величина ошибки зависит от качества адаптивной системы, а следовательно, и от качества настройки управляемого регулятора, и поскольку коэффициенты управляемого регулятора зависят от параметра K , следовательно и величина критерия качества (1) зависит от значения этого параметра K . Первоначальная настройка управляемого регулятора осуществляется за счет установки начального состояния регулятора контура адаптации (РКА). Выходное значение сигнала этого РКА, поступая на вход первого вычислителя через второе вычитающее устройство, задает выходные значения этого первого вычислителя, которые и определяют коэффициенты управляемого

регулятора. Генератор, воздействуя через второе вычитающее устройство на вход первого вычислителя, заставляет его вычислять новые значения коэффициентов управляемого регулятора, которые изменяются в небольших пределах по периодическому закону, например, по гармоническому закону. Период частоты модуляции, формируемой генератором, должен быть существенно (не менее чем в 10 раз) больше, чем время интегрирования T . В итоге функция (1), вычисляемая вторым вычислителем, также изменяет свои значения по периодическому закону, синхронно с изменениями выходного сигнала генератора. Синхронный детектор осуществляет умножение этой функции с выхода второго вычислителя на сигнал модуляции, формируемый генератором, а результат усредняет во времени. Получаемый выходной сигнал через РКА и второе вычитающее устройство воздействует на вход первого вычислителя, заставляя его изменять вычисляемые коэффициенты в ту сторону, которая соответствует наименьшему среднему значению функции (1). Контур адаптации работает по принципу экстремальной системы автоматического регулирования, то есть системы, настраивающейся на минимум целевой функции (1). В результате работа этого контура обеспечивает минимальное значение целевой функции (1). Достижение минимального значения этой функции соответствует наилучшей настройке управляемого регулятора основного контура. В результате этот регулятор оказывается настроенным по критерию минимума целевой функции (1), что обеспечивает достижение устойчивости, наилучшего быстродействия этого основного контура управления, а, следовательно, и наилучшее качество всей адаптивной системы.

В отличие от адаптивной системы, описанной в [2, с. 443, рис. 4.40], в данной адаптивной системе не требуется вычисление статистическими методами точной математической модели объекта, изменяющейся во времени. Предварительные вычисления зависимостей $K_{П}$, $K_{И}$ и $K_{Д}$ от K могут быть осуществлены методом математического моделирования, например, с использованием программ *MATLAB* или *VisSim*, как в работе [4]. Таким образом, данная адаптивная система отличается повышенным быстродействием за счет того, что в ней осуществляется единственная поисковая процедура для трех коэффициентов, и при этом не решается задача идентификации всей модели объекта во всем частотном диапазоне, а вместо этого определяется лишь приращение стоимостной функции.

При действии данной адаптивной системы не требуется вычисления и реализации обратной передаточной функции по отношению к передаточной функции объекта управления. Поэтому если объект управления содержит элемент запаздывания, это никак не препятствует эффективному действию предлагаемой

адаптивной системы. Поэтому данная адаптивная система может быть применена и к таким объектам, которые содержат элемент запаздывания, к которым не может быть применена адаптивная система, описанная в [2, с. 443, рис. 4.40].

Все устройство, кроме объекта управления, может быть реализовано на микроконтроллере с соответствующим количеством входов и выходов и с АЦП на всех входах и ЦАП на всех выходах. Расчет зависимости коэффициентов регулятора от параметра K может быть осуществлен, например, как это обеспечено в статье [4].

2. ДАЛЬНЕЙШАЯ МОДИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ

Одним из недостатков рассмотренной системы является рост целевой функции при любом качестве системы. Действительно, если даже система настроена наилучшим образом, в системе присутствует, как минимум, динамическая



Рис. 2. Структурная схема вычислителя № 2

Данная структура позволяет исключить рост целевой функции в случае, когда ошибка меньше той величины, которая заранее принята несущественной.

Кроме того, в целевую функцию можно рекомендовать введение детектора роста ошибки, который также называют «детектором неправильных движений» [10, 14]. Этот детектор строится на основе произведения ошибки управления на ее производную, указанное произведение должно быть отрицательным. Если это произведение положительно, это означает, что ошибка управления растет по величине. На взгляд автора, название «детектор роста ошибки» более корректно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному заданию №2014/138, тема проекта «Новые структуры, модели и алгоритмы для прорывных методов управления техническими системами на основе наукоемких результатов интеллектуальной деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

[1] В.А.Жмудь, Д.О.Терешкин, «Обоснование новой классификации адаптивных систем автоматического регулирования» в сборнике «Труды семинара по автоматике и программной инженерии, посвященном 40-летию юбилею ОАО «Новосибирский институт программных систем»,

ошибка, порождаемая действующими на объект возмущениями.

В любой реальной системе имеется не только допустимый максимальный уровень ошибки, но и некоторый настолько малый уровень, относительно которого можно утверждать, что если ошибка не превышает этот уровень, то ее можно считать практически равной нулю. Иными словами, некоторая достаточно малая ошибка может считаться настолько несущественной, что отличие ее от нуля также не существенно. Интегрирование выпрямленной ошибки в этом случае не должно давать положительной величины. Целесообразно, чтобы интеграл от этой величины был равен нулю.

Поэтому целесообразно ввести усилитель с зоной нечувствительности между выходом вычитающего устройства, вычисляющего ошибку, и вычислителем №1.

Этот усилитель также может быть введен в состав этого вычислителя. Пример структуры такого вычислителя показан на Рис. 2.

Новосибирск, 2012 г. URL: http://www.nips.ru/images/stories/pdfs/Pros_NIPS-2012.pdf

- [2] К.П. Власов. Теория автоматического управления. Учебное пособие. Харьков: Издательство Гуманитарный центр. 2007.
- [3] В.А.Жмудь, О.Д.Ядрышников, А.Н.Заворин, А.В. Полищук. Адаптивная система для регулирования и стабилизации физических величин. Патент на изобретение № 2522899. МПК G05D 1/00 (2006.01). Заявка № 2012152697. Приоритет от 06.12.2012. Зарегистрировано в реестре изобретений РФ 21.05.2014. Срок действия до 06.12.2032. Правообладатель ФГБОУ ВПО НГТУ.
- [4] В.А. Жмудь А.В. Полищук. Расчет множества коэффициентов регуляторов для объекта с двумя нестационарными параметрами, Сборник научных трудов НГТУ, 2012, № 3(69), стр.59-70.
- [5] А.А. Воевода, В.А. Жмудь. Сходимость алгоритмов оптимизации регулятора для объекта с ограничителем и с запаздыванием. Научный вестник НГТУ. - 2007. - N 4(29). с.179-184.
- [6] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored "The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics", 10 – 13 September, 2011, Additional volume, pp.40–43.
- [7] The modeling tests of the new PID-regulators structures. Voevoda, A.A., Zhmud, V.A., Ishimtsev, R.Y., Semibalamut, V.M. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2009. P.165 – 168.
- [8] Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. Zhmud, V., Yadrishnikov, O., Poloshchuk, A., Zavorin, A. 2012.

- Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.
- [9] The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. Zhmud, V., Liapidevskiy, A., Prokhorenko, E. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.
- [10] V. Zhmud, O. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>
- [11] V. Zhmud, A. Polishchuk, A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007, Gujarat, India. pp. 254-263.
- [12] В.А. Жмудь, А.Н. Заворин. Метод проектирования энергосберегающих регуляторов для сложных объектов с частично неизвестной моделью. В кн.: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XVI Международной конференции 30 июня – 03 июля 2014 г., Самара. Россия. С. 557–567.
- [13] Zhmud V.A., Zavorin A.N. Metodi di ottimizzazione del controllo numerico su una modelli troncati. Italian Science Review. 2014; 4(13). PP. 686-689. Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Zhmud.pdf> and <http://www.ias-journal.org/archives/april-2014>
- [14] Жмудь В.А., Ядрышников О.Д. Численная оптимизация ПИД-регуляторов с использованием детектора правильности движения в целевой функции. Автоматика и программная инженерия. 2013. № 1 (3). С. 24–29. ФБГОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия). http://nips.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=451:-q-q-3&catid=165:-q-q&Itemid=437



Александр Николаевич Заворин – аспирант кафедры Автоматики НГТУ, автор более 17 научных статей. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, оптимальные и адаптивные системы, оптимизация, многоканальные системы.
E-mail: pisatel1987@mail.ru

Modification of the Adaptive System for More Effective Noise Suppression

A.N. ZAVORIN

Abstract: Adaptive control is widely used to control objects, changing their parameters during its operation. One way of constructing such systems consists in using test deviations that are introduced into the signal, or in any coefficient of the regulator [1]. Decisive device in this system analyzes the

quality of the system on the basis of the criterion given beforehand, and changes the regulator to achieve the best quality of the control (according to these criteria). The disadvantage of this system is the presence of transient processes, even if the quality of the system corresponds to the requirements set for it. The paper discusses a method for eliminating of this drawback.

Key words: Automation, control, simulation, automatic control theory, numerical optimization, stability, quality of the transition process, adaptive systems, self-adjusting system.

REFERENCES

- [1] V.A.Zhmud, D.O.Tereshkin. "Justification of the new classification, adaptive cruise control", in "Proceedings of the Seminar on automation and software engineering, dedicated to the 40th anniversary of JSC" Novosibirsk Institute of Software Systems ", Novosibirsk, 2012 URL: http://www.nips.ru/images/stories/pdfs/Pros_NIPS-2012.pdf
- [2] K.P. Vlasov. Automatic Control Theory. Textbook. Kharkov: Publishing Center for the Humanities. 2007.
- [3] V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov, A.N. Zavorin, A.V. Polishchuk. Adaptive system for the regulation and stabilization of physical quantities. The patent for the invention № 2522899. IPC G05D 1/00 (2006.01). Application № 2012152697. priority from 06.12.2012. Registered in the Register of Inventions of the Russian Federation 05.21.2014. Valid until 06/12/2032. Rightholder VPO NSTU.
- [4] V.A. Zhmud, A.V. Polishchuk. Calculation of the coefficients of the set of controllers for non-stationary object with two parameters, Collection of Scientific Papers NSTU, 2012, № 3 (69), p.59-70.
- [5] A.A. Voevoda, V.A. Zhmud. The convergence of the optimization algorithms for object control with limiter and delay. Scientific Bulletin of the NSTU. - 2007. N4(29). p.179-184.
- [6] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored "The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics", 10 – 13 September, 2011, Additional volume, pp.40–43.
- [7] The modeling tests of the new PID-regulators structures. Voevoda, A.A., Zhmud, V.A., Ishimtsev, R.Y., Semibalamut, V.M. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling. ASM 2009. P.165 – 168.
- [8] Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. Zhmud, V., Yadrishnikov, O., Poloshchuk, A., Zavorin, A. 2012. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.
- [9] The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. Zhmud, V., Liapidevskiy, A., Prokhorenko, E. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.
- [10] V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian

- University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>
- [11] V. Zhmud, A. Polishchuk, A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007, Gujarat, India. pp. 254-263.
- [12] V.A. Zhmud, A.N. Zavorin. Method of designing energy-efficient controllers for complex objects with partially unknown model. Proc.: The control and modeling in complex systems. Proceedings of the XVI International Conference June 30 - July 3, 2014, Samara. Russia. S. 557-567.
- [13] Zhmud V.A., Zavorin A.N. Metodi di ottimizzazione del controllo numerico su una modelli troncati. Italian Science Review. 2014; 4(13). PP. 686-689. Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Zhmud.pdf> and <http://www.ias-journal.org/archives/april-2014>
- [14] V.A. Zhmud, O.D. Yadryshnikov. Numerical optimization of PID-controllers using the proper motion detector in the objective function. Automation and Software Engineering. 2013. № 1 (3). S. 24-29. FBGOU VPO NSTU (Novosibirsk, Russia). http://nips.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=451:-qq-3&catid=165:-q-q&Itemid=437

**III. Инновационные технологии.
Перспективные технологии.
Моделирование систем.
Численная оптимизация.**

Содержание раздела:

- А.М. Расулов, А.А.Джурахалов, И.Д. Ядгаров, Д.В. Алябьев, В.Г. Стельмах. Энергетические распределения рассеянных на графене атомов углерода в зависимости от угла их скользящего падения. Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 46–51. Андижанский Государственный Университет, г. Андижан, Узбекистан, University of Antwerp, Antwerp, Belgium, Институт ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан.
- С.М. Абдурахмонов, Т. Бутаев, Н.Р. Рахимов. Оптоэлектронная система для дистанционного контроля взрывоопасных концентраций углеводородов в атмосфере. Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 52–54. ФерПИ, Фергана, Узбекистан, ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск, Россия
- А.Н. Заворин, В.А. Жмудь. Об усеченной модели объекта управления. Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 55–63. ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия)

Энергетические распределения рассеянных на графене атомов углерода в зависимости от угла их скользящего падения

А.М. Расулов¹, А.А. Джухрахов^{2,3}, И.Д. Ядгаров³, Д.В. Алябьев³, В.Г. Стельмах³

¹Андижанский Государственный Университет, г. Андижан, Узбекистан

²University of Antwerp, Antwerp, Belgium

³Институт ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

Аннотация: Методом компьютерного моделирования исследованы процессы рассеяния атомов углерода на графене при скользящем падении, получены энергетические распределения рассеянных атомов углерода.

Ключевые слова: Компьютерное моделирование, графен, рассеяние, потенциал Бреннера.

ВВЕДЕНИЕ

Графен представляет собой однослойную двумерную углеродную структуру, поверхность которой состоит из правильных шестиугольников со стороной 0,142 нм и атомами углерода в вершинах. Изучение графена является одной из важнейших задач физики твердого тела. Это связано с уникальными свойствами этой структуры. С прикладной точки зрения, графен интересен как материал для создания наноэлектронных устройств. Это связано с тем, что, являясь плоской двумерной системой, графен может обеспечить возможность создания активных элементов сверхмалых размеров электронных компонентов и устройств. Кроме этого, следует ожидать, что графен и графеноподобные структуры могут обладать уникальными механическими свойствами.

В нашей работе исследуется вопрос, какую информацию можно определить, исследуя рассеяние ионов поверхностью графена. В практической работе это известно как ионная спектроскопия, когда ускоренный пучок ионов определенной энергии направляют на поверхность твердого тела и, регистрируя и анализируя энергетический и угловой спектр рассеянных первичных ионов, определяют определенные свойства поверхности.

Возможности и задачи ионной спектроскопии определяются первоначальной кинетической энергией E_0 ионов, которую обычно измеряют в электрон-вольтах - эВ. Если эта энергия ионов в пределах

$100 \text{ эВ} > E_0 < 1000 \text{ эВ}$, то говорят о спектроскопии рассеяния медленных ионов (т. е. *LEIS* – *Low Energy Ion Scattering spectroscopy*). В случае больших значений E_0 , а именно $10^3 \text{ эВ} > E_0 < 2 \cdot 10^6 \text{ эВ}$, то говорят о спектроскопии рассеяния быстрых ионов (т. е. *HEIS* – *High Energy Ion Scattering spectroscopy*), а если $E_0 > 2 \cdot 10^6 \text{ эВ}$ - спектроскопии обратного резерфордского рассеяния (*RBS* – *Rutherford Backscattering Spectroscopy*). Если регистрируется спектр вторичных ионов, выбитых первичным пучком с поверхности образца, говорят о вторичной ионной масс-спектрометрии. В условиях применения ионной спектроскопии для графена надо, чтобы графен не разрушался под действием ионного воздействия, поэтому вторичная ионная спектроскопия и спектроскопии *HEIS* и *RBS* не приемлемы.

В нашей работе, следуя спектроскопии рассеяния медленных ионов, моделируется рассеяние атомов углерода, представляющих собой сколламированный моноэнергетический поток, и далее анализируется энергетической спектр рассеянных атомов.

Обычно на практике с помощью спектроскопии рассеяния медленных ионов удается получить следующие сведения:

1. химический элементный состав поверхности образца;
2. относительная концентрация поверхностных атомов;
3. данные о поверхностной решетке, адсорбированных атомах и дефектах;
4. данные о химическом состоянии поверхностных атомов.

Полученные с помощью компьютерного моделирования энергетические спектры помогут в решении задач спектроскопии рассеяния медленных ионов.

1. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАФЕНА

Модель графена прямоугольной формы,

состоящая из 112 атомов углерода (см. цветную часть Рис. 1), строилась с наложением периодических условий на граничные атомы вдоль плоскости этой структуры. Затем эта модель графена прошла процесс дампования

(введения сил взаимодействия при $T = 0 \text{ }^\circ\text{K}$) и процесс термализации дампованной структуры, в результате чего модель графена «разогрели» до $300 \text{ }^\circ\text{K}$.

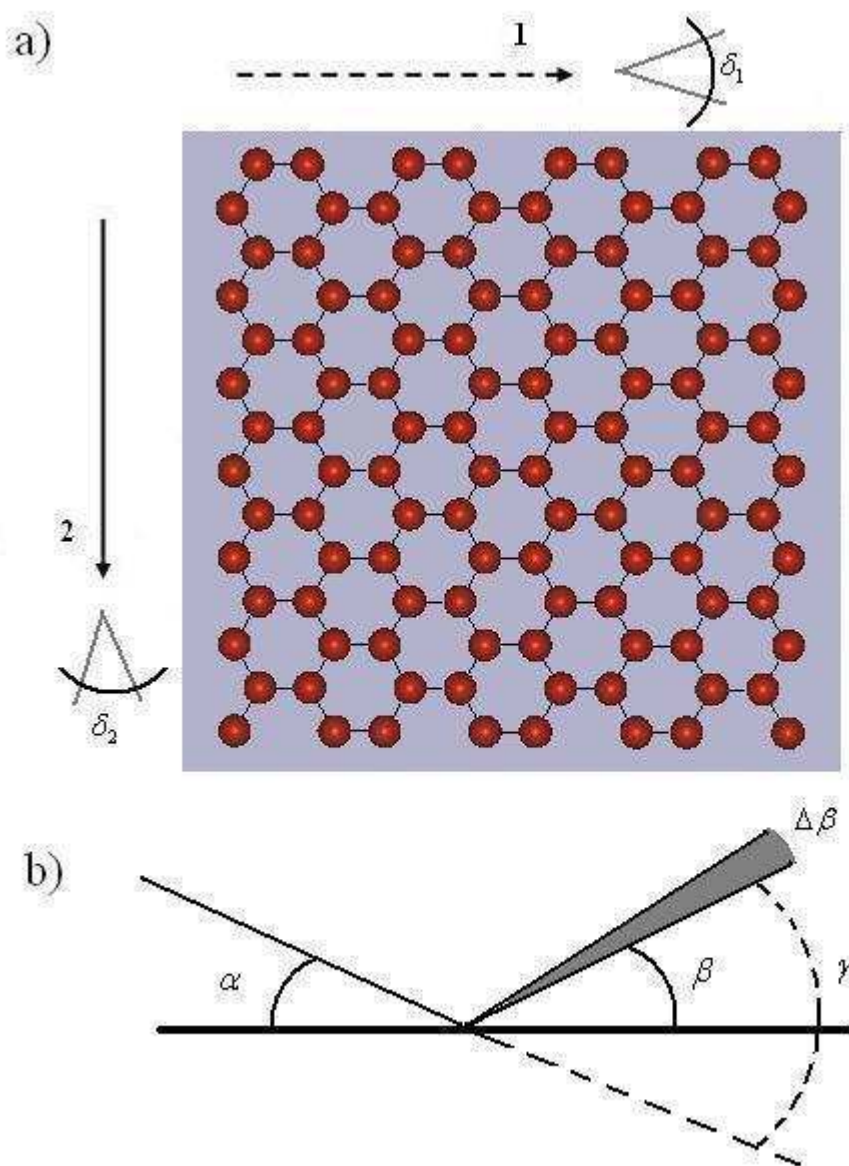


Рис. 1. а) Участок графена из 112 атомов углерода, показанный в плане. Пунктирная стрелка 1 указывает «armchair»-направление графена, сплошная стрелка 2 - «zigzag»-направление, δ_1 и δ_2 разброс по азимуту рассеянных атомов углерода соответственно в «armchair»-направлении графена и «zigzag»-направлении; б) Углы падения α , рассеяния γ , наблюдения β и разрешения детектора $\Delta\beta$; плоскость графена перпендикулярна рисунку, в плоскости которого лежат вектор падения и его проекция на графен

Для описания межатомного взаимодействия использовался потенциал Бреннера второго поколения (REBO), который хорошо описывает углеродные и водород-углеродные структуры [1]. Этот потенциал имеет вид суммы по всем связям:

$$E_b = \sum_i \sum_{j(>i)} [V^R(r_{ij}) - b_{ij} V^A(r_{ij})] \quad (1)$$

где E_b - средняя энергия связи в электрон-вольтах (эВ), r_{ij} - расстояние между атомами i

и j . Функции $V^R(r_{ij})$ и $V^A(r_{ij})$ являются парно-аддитивными взаимодействиями, представляющими все межатомные отталкивания (между ионными остовами и т.д.) и притяжения между валентными электронами соответственно. Эти функции задаются следующим образом:

$$V^R(r) = f^C(r)(1 + Q/r)A \cdot \exp(-\alpha \cdot r), \quad (2)$$

$$V^A(r) = f^C(r) \sum_{n=1,3} B_n \cdot \exp(-\beta_n \cdot r), \quad (3)$$

где функция обрезания $f^C(r)$ имеет вид:

$$f^C(r) = \begin{cases} 1 & r < D_{ij}^{\min} \\ \left\{ 1 + \cos \left[\frac{(r - D_{ij}^{\min})}{(D_{ij}^{\max} - D_{ij}^{\min})} \right] \right\} / 2 & D_{ij}^{\min} < r < D_{ij}^{\max} \\ 0 & r > D_{ij}^{\max} \end{cases}$$

а величины A , Q , α , B_n и β_n ($1 \leq n \leq 3$) - это параметры для связей между двумя атомами углерода. Здесь n тип химической связи (т.е. одинарная, двойная или тройная связи).

Эмпирическая функция кратности связи, отражающая тип химической связи между атомами i и j , записывается как

$$b_{ij} = \frac{1}{2} [b_{ij}^{\sigma-\pi} - b_{ji}^{\sigma-\pi}] + b_{ij}^{\pi} \quad (3)$$

где функции $b_{ij}^{\sigma-\pi}$ и $b_{ji}^{\sigma-\pi}$ зависят от места и углов связи, определяемых взаиморасположением каждого атома (i -го и j -го, соответственно), и регулируют гибридизацию орбиталей атомов углерода. В нашей работе рассматриваются плоскостные структуры, поэтому согласно [2]

$$b_{ij}^{\sigma-\pi} = \left\{ 1 + \sum_{k(\neq i, j)} f_{ij}^C(r_{ij}) G[\cos(\theta_{ijk})] \right\}^{-1/2} \quad (4)$$

Здесь угловая функция $G[\cos(\theta_{ijk})]$ модулирует распределение всех ближайших соседей и определяет косинус угла связи между атомами $i - j - k$. Эта функция была получена в [1].

Для углов $0^\circ \leq \theta \leq 109.47^\circ$ вместо вышеупомянутой угловой функции использовалось другое выражение, которое даёт более точные результаты:

$g_C = G_C(\cos(\theta)) + Q(N_i^C) \{ \gamma_C[\cos(\theta)] - G_C[\cos(\theta)] \}$
где

$$Q(N_i^C) = \begin{cases} 1 & N_i^C < 3.2 \\ \left\{ 1 + \cos[2\pi(N_i^C - 3.2)] / 2 \right\} & 3.2 < N_i^C < 3.7 \\ 0 & N_i^C > 3.7 \end{cases}$$

где N_i^C число соседей атома углерода i . О функции $\gamma_C[\cos(\theta)]$ подробнее говорится в статье [3].

Функция $b_{ij}^{\sigma-\pi}$ описана в [1], в которой также приведены величины для всех параметров, используемых в наших расчётах.

2. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЙЯНИЕ АТОМОВ УГЛЕРОДА НА ГРАФЕНЕ

После того как была получена компьютерная модель графена, разогретого до $300^\circ K$, изучались процессы столкновения атомов углерода с кинетической энергией 100 эВ с этим графеном с использованием молекулярной динамики. Углы скользкого падения атомов

углерода, отсчитываемые от плоскости графена, задавались в 5° , 10° и 20° , направления скорости падающих атомов углерода выбиралось либо вдоль «zigzag»-направления либо вдоль «armchair»-направления графена (см. Рис. 1). Для каждого угла и направления скользкого падения атомов углерода было моделировано 100 случаев, причем точка падения на графен каждый раз задавалась случайным образом.

Результаты, полученные компьютерным моделированием, сравниваются с абстрактным «идеальным упругим» случаем. В «идеальном упругом» случае атомы углерода считаются идеально твердыми шарами абсолютно упруго взаимодействующими с абсолютно ровной неразрушающейся поверхностью – графеном. В таком случае угол рассеяния падающего атома γ равен удвоенному значению его угла падения α , т.е. $\gamma = 2 \cdot \alpha$ (см. рис.1). Кроме того, рассеянные атомы углерода будут наблюдаться только под углом наблюдения β , равным углу падения, т.е. $\beta = \alpha$, и разброс по азимуту δ_1 и δ_2 рассеянных атомов углерода будет равным нулю (см. Рис. 1).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты компьютерного моделирования рассеяние атомов углерода на графене при углах скользкого падения отличается от рассеяния в «идеальном упругом» случае, т.е. эти рассеиваемые атомы «чувствуют» структуру графена, а именно, появляется разброс рассеянных атомов по азимуту их движения (δ_1 или δ_2 не равно нулю) и по углам рассеяния. Углы рассеяния характеризуем, во-первых, средним углом рассеяния $\gamma_{\text{ср}}$ как среднеарифметическое всех углов рассеяния, а во-вторых, минимальным и максимальным углами наблюдения (β_{min} и β_{max}), которые связаны с минимальными и максимальными углами рассеяния (γ_{min} и γ_{max}) соотношением $\gamma_{\text{min(max)}} = \beta_{\text{min(max)}} + \alpha$, где α – угол падения. Так, как углы наблюдения рассеиваемых атомов β лежат в пределах от β_{min} до β_{max} , то детектор будет регистрировать в этих же угловых пределах рассеиваемые атомы углерода. Разрешение детектора $\Delta\beta = \beta_{\text{max}} - \beta_{\text{min}}$ – это необходимое условие, чтобы зарегистрировать все рассеиваемые атомы. Величины $\gamma_{\text{ср}}$, β_{min} , β_{max} , δ_1 и δ_2 определяют условия наблюдения энергетических спектров рассеянных на графене атомов углерода, которые приведены в Таблице 1.

На рис. 2 показаны энергетические спектры рассеянных графеном атомов углерода в таких условных единицах, что максимальное значение каждого спектра равняется 100.

В Таблице 2 приведено сопоставление энергетических спектров рассеянных на графене атомов углерода.

Таблица 1. Условия наблюдения энергетических спектров рассеянных на графене атомов углерода

| | «armchair»-направление | | | «zigzag»-направление | | | идеальный случай |
|---|------------------------|-------|-------|----------------------|--------|--------|-------------------|
| | 5° | 10° | 20° | 5° | 10° | 20° | |
| Скользющие углы падения, α | 5° | 10° | 20° | 5° | 10° | 20° | все углы |
| Средний угол рассеяния $\gamma_{\text{ср}}$ | 3.69° | 9.67° | 19.8° | 4.99° | 10.04° | 19.59° | $=2 \cdot \alpha$ |
| Максимальный угол наблюдения β_{max} | 6.70° | 13.6° | 27.0° | 8.02° | 13.7° | 23.4° | $=\alpha$ |
| Минимальный угол наблюдения β_{min} | 1.08° | 6.3° | 11.9° | 1.43° | 6.8° | 14.3° | $=\alpha$ |
| $\Delta\beta = \beta_{\text{max}} - \beta_{\text{min}}$ | 5.62° | 7.3° | 15.1° | 6.59° | 6.9° | 9.1° | 0 |
| Разброс по азимуту δ | 8.69° | 8.9° | 21.8° | 9.31° | 12.4° | 29.2° | 0 |
| Процент распыленных атомов графена | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 7 | 0 |

Таблица 2. Сопоставление энергетических спектров рассеянных на графене атомов углерода

| Величины, характеризующие энергетический спектр рассеянных атомов водорода | «armchair»-направление | | | «zigzag»-направление | | | идеальный случай |
|---|------------------------|--------------|-------|----------------------|-------|--------------|------------------|
| | 5° | 10° | 20° | 5° | 10° | 20° | |
| Углы скользящего падения | 5° | 10° | 20° | 5° | 10° | 20° | все углы |
| Количество пиков | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| Средняя кинетическая энергия, эВ | 98.12 | 95.66 | 85.01 | 97.11 | 95.79 | 88.03 | 100 |
| Значение кинетической энергии в максимальном пике (подчеркнуто – пологий пик), эВ | 96.86 | <u>95.51</u> | 89.20 | 96.82 | 95.59 | <u>89.11</u> | 100 |
| Ширина энергетического спектра, эВ | 2.51 | 2.23 | 31.66 | 3.30 | 2.19 | 17.09 | 0 |

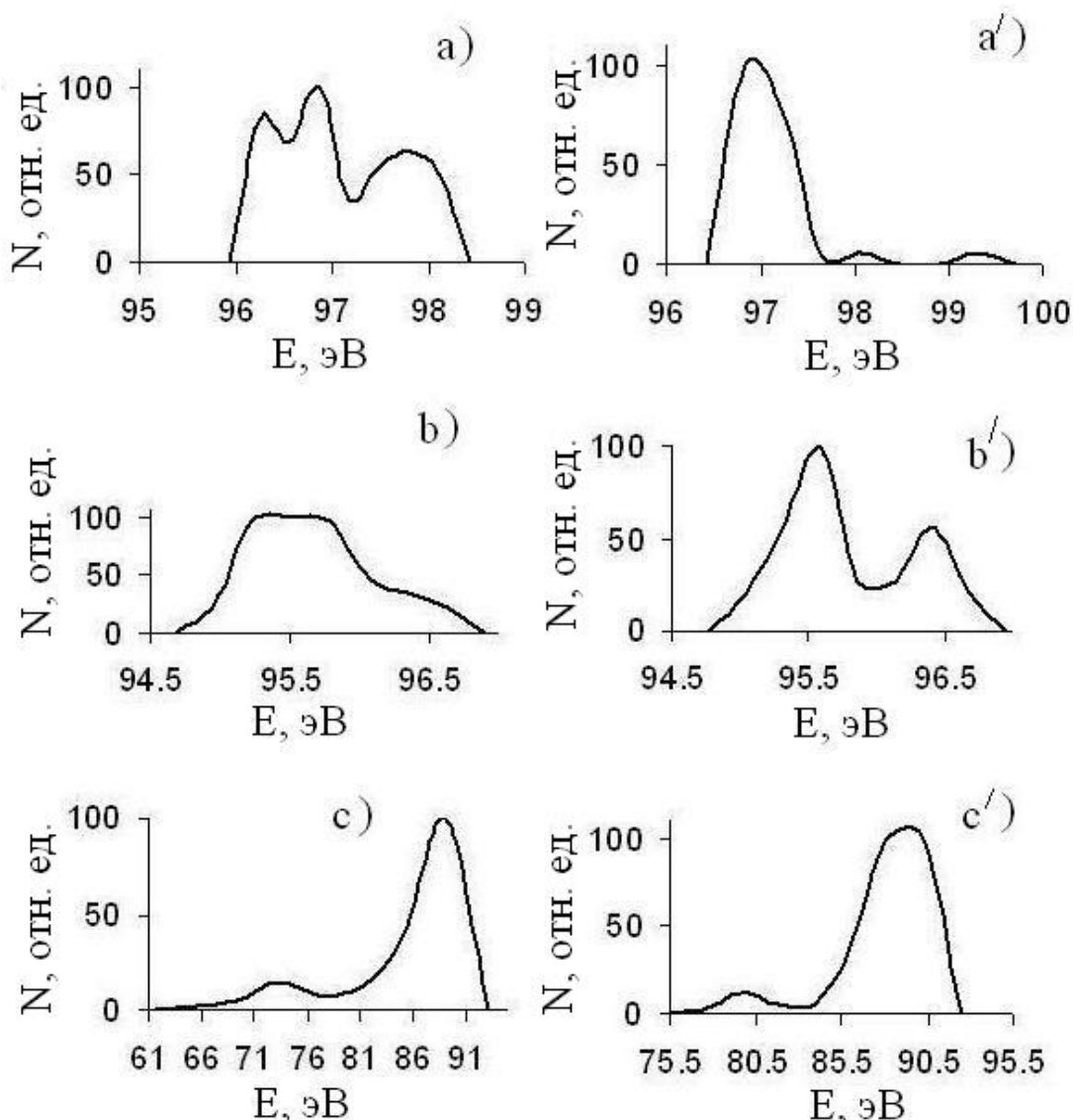
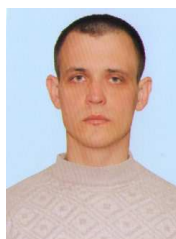


Рис. 2 Энергетические спектры в условных единицах рассеянных графеном атомов углерода, падавших с энергией 100 эВ на графен; а), b) и c) – атомы углерода двигались в «armchair»-направлении графена, а'), b') и c') – в «zigzag»-направлении. Углы падения: для а) и а') 5°; для b) и b') 10°; для c) и c') 20°

Таким образом, компьютерным моделированием найдено, что энергетические спектры рассеянных на графене атомов углерода имеют свои индивидуальные характеристики, зависящие от направления и угла скользящего падения атомов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] D.W. Brenner, O.A. Shenderova, J.A. Harrison, S.J. Stuart, B. Ni, S.B. Sinnott, J. Phys: Condens. Matter. № 14. С. 783-802; 2002
 [2] C. Zhang, X. Xu, H. Wu, and Q. Zhang, Chem. Phys. Lett. 364, 213; 2002.
 [3] D. P. Kosimov, A. A. Dzhurakhalov and F. M. Peeters Phys. Rev. B 81, 195414; 2010



Алябьев Д.В. н.с. ,
 Институт ионно-плазменных
 и лазерных технологий АН
 РУз
 E-mail: wside@mail.ru



Стельмах В.Г. – н.с.,
 Институт ионно-плазменных
 и лазерных технологий АН
 РУз
 E-mail: vasilycat17@rambler.ru



Расулов А.М. – д.ф.-м.н., профессор кафедры «Информатика» Андижанского Государственного Университета
E-mail: arasulov59@mail.ru



Джурахалов А.А. – д.ф.-м.н., профессор University of Antwerp
E-mail: dzhurakhalov@mail.ru



Ядгаров И.Д. – к.ф.-м.н., с.н.с., Институт ионно-пазменных и лазерных технологий АН РУз
E-mail: iyadgarov@mail.ru

Energy distribution of scattered on graphene carbon atoms depending on their grazing incidence angle

A.M. RASULOV, A.A. DZHURAKHALOV, I.D. YADGAROV, D.V. ALYABYEV, V.G. STELMAKH

Abstract: Scattering processes of carbon atoms on graphene at grazing incidence have been investigated by computer simulation and the energy distribution of scattered atoms were obtained.

Key words: Computer simulations, graphene, scattering, Brenner potentia

Оптоэлектронная система для дистанционного контроля взрывоопасных концентраций углеводородов в атмосфере

С.М.Абдурахмонов¹, Т.Бутаев¹, Н.Р.Рахимов²

1 - ФерПИ, Фергана, Узбекистан, 2 – ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск, Россия

Аннотация: В работе описываются пути создания дистанционной системы обнаружения взрывоопасных концентраций углеводородов в атмосфере. Предлагается новая система приема – передачи данных на расстоянии, применяя современных процессорных модулей ввода-вывода электрических сигналов.

Ключевые слова: Оптоэлектронная система, ИК-излучение, углеводород, спектр поглощения.

Как известно, разработка портативных газоанализаторов и детекторов для определения концентрации углеводородных примесей является актуальной задачей, имеющей важное прикладное значение в таких областях, как: охрана окружающей среды, оптимизация промышленных процессов, совершенствование медико-биологических методов, контроль качества продукции, экономия энергии, сырья, предотвращение взрывов т. д.

В литературе [1-4] указаны сильные полосы поглощения многих химических соединений, представляющих практический интерес (метан, углекислый газ, пары воды, угарный газ, аммиак и др.) расположенные в средней инфракрасной области спектра (1.5 – 5.5 мкм). Характерные полосы поглощения ряда химических соединений представлены в таблице 1[2]:

ВВЕДЕНИЕ

В основном для разработки портативного оптоэлектронного датчика дистанционного контроля взрывоопасных концентраций углеводорода нами были выбраны спектрально согласованная пара источника и приемника излучения, работающие в спектральной области длины волны 3,39 мкм. Эти светодиоды и фотоприемники, работающие в области ИК излучения, изготовлены в физико-техническом институте имени Иоффе[3].

Принцип оптической ИК спектроскопии основан на способности избирательного поглощения инфракрасного излучения большинством веществами. При этом степень поглощения инфракрасного излучения зависит от концентрации вещества в анализируемой

среде. Как показывают эксперименты, смещение спектров по длинам волны и амплитуды также зависит от температуры кристалла приемника и излучателя.

Таблица 1

| | | | |
|---|---|---|---|
| CH ₄ 1.65; 2.30 мкм; 3.2 - 3.45 мкм | CO ₂ 2.00; 2.65 мкм; 4.2 - 4.3 мкм | H ₂ O 2.6 - 2.85 мкм; 1.86 - 1.94 мкм | N ₂ 4.0 - 4.54 мкм |
| C ₂ H ₂ 2.99 - 3.09 мкм | HOCl 2.6 - 2.9 мкм | HCl 3.33 - 3.7 мкм | NH ₃ 2.27; 2.94 мкм |
| C ₂ H ₄ 3.1 - 3.4 мкм | HBr 3.7 - 4.0 мкм | OH 2.38 - 2.63 мкм | NO+ 4.08 - 4.44 мкм |
| CH ₃ Cl 3.22 - 3.38 мкм | H ₂ S 3.7 - 4.4 мкм 2.5 - 2.8 мкм | CO 2.24 мкм; 4.4 - 4.8 мкм | NO ₂ 3.4 мкм |
| OCS 3.45; 4.87 мкм | HCN 2.94 - 3.1 мкм | HO 2.73 - 3.1 мкм ₂ | SO ₂ 4.0 мкм |
| C ₆ H ₆ 2.44 - 2.47 мкм 3.17 - 3.33 мкм | CHBr ₃ 2.39 мкм 3.29 мкм | C ₂ H ₄ Cl ₂ 3.23 - 3.51 мкм | C ₂ H ₂ Cl ₂ 2.50 - 2.86 мкм |
| C ₂ HCl ₃ 3.22 - 3.25 мкм 4.20 - 4.35 мкм | H ₂ O ₂ 3.70 - 3.85 мкм 4.17 - 4.35 мкм | HF 2.33 - 2.78 мкм 4.17 - 4.43 мкм | C ₃ H ₈ 3.28 - 3.57 мкм |

Для получения более масштабных результатов необходимо обеспечить более низкие рабочие температуры кристалла излучателя и приемника (Рис. 1).

На Рис. 2 представлена структурная схема экспериментальной установки оптического ИК анализатора, состоящая из оптически согласованной системы: блока источника излучения и блока приемника.

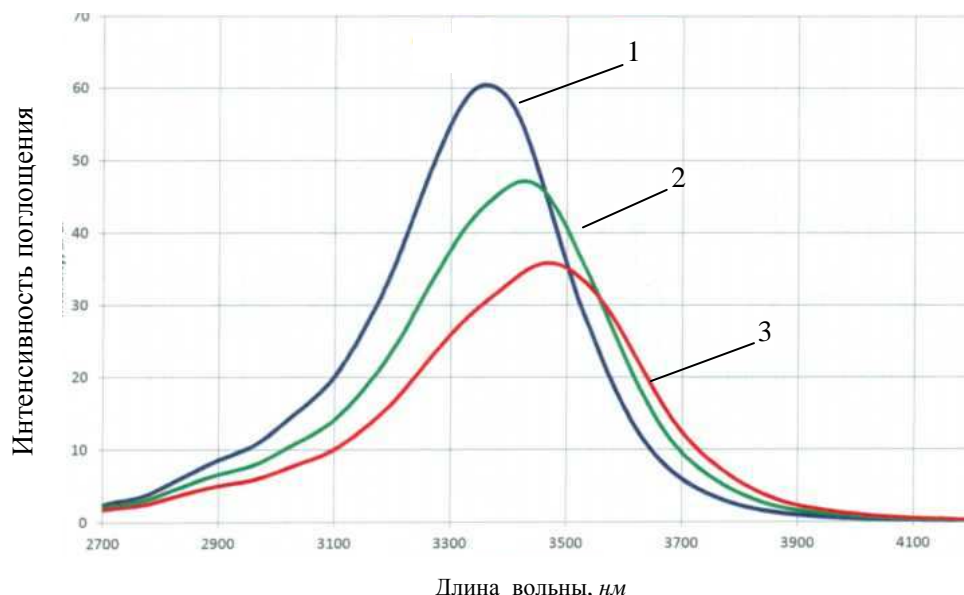


Рис.1. Спектр поглощения углеводорода при температурах среды. 1- 2⁰С, 2- 27⁰С, 3- 52⁰С

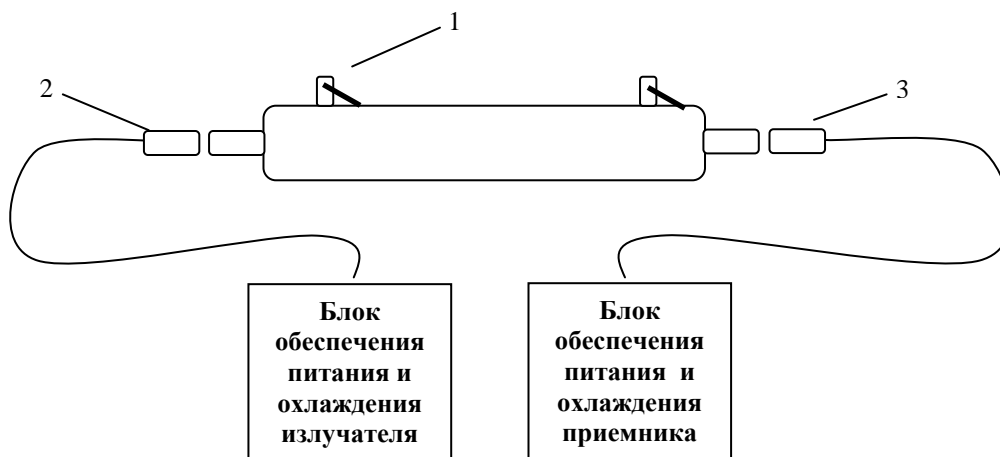


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки. 1 – резервуар с краном, 2 – излучающий диод, 3 – фотодиод

Спектр чувствительности используемые фотоприемника имеет более широкие полосы, которые создает неблагоприятные условия для создания прибора по определению взрывоопасных концентрации углеводородов в атмосфере (Рис. 3) [4].

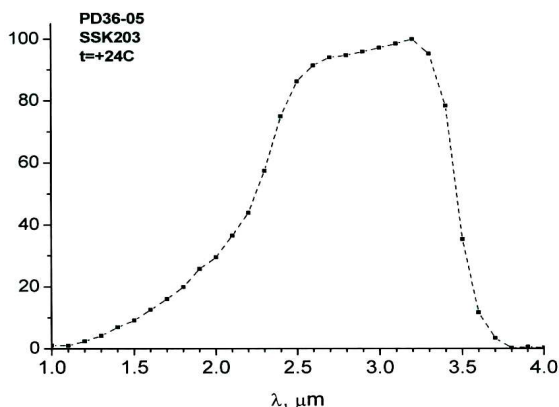


Рис.3.Спектр выбранного фотопремника

Для создания прибора дистанционного определение взрывоопасных концентрации требуется мощные излучатели ИК диапазона. Так как отраженное ИК излучение должно определяться в одном месте с излучением.

Технология получения более мощного излучателя имеются в развитых странах как США. Но стоимости этих излучателей значительно дороже. По этому созданные приборы на основе этих излучателей будет не доступно для широкого применения.

Нами разработанная система дистанционного определения взрывоопасных концентрации углеводородов в атмосфере имеет совершенно новую методика. Основная исследования направлена на прием передачи информации на расстоянии и обработки полученных информации с помощью стандартных современных микропроцессорных измерительных устройств (Рис. 4).

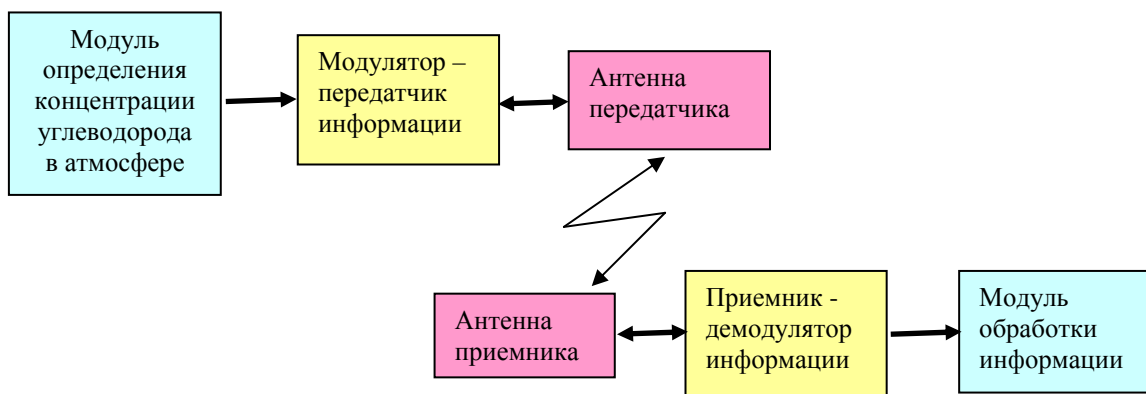


Рис. 4 Структурная схема дистанционного газоанализатора

Для калибровки и настройки газоанализатора разработали специальный стенд, в котором проводили испытания, используя различные концентрации углеводородов. Взрывоопасная концентрация создавались с помощью специальной методики.

Султонали Абдурахмонов – к.т.н., доцент кафедры Приборостроение, автор более 100 публикаций. ФерПИ, Фергана

Тухтасин Бутаев – к.т.н. доцент, зав. кафедрой Приборостроение, автор более 40 публикаций. ФерПИ, Фергана

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н.Р. Рахимов. Оптический контроль в нефтеперерабатывающем производстве. Монография. – Фергана: Техника, 2004. 91 с.
- [2] <http://www.ibsg.ru/>, <http://www.ibsg-st-petersburg.com/>
- [3] А.П.Асталова, А.С.Головин и др. Мощные светодиоды на основе гетероструктуры InAs/InAs SBP для спектроскопии метана($\lambda=3,3$ мкм). АТГ. 2010, т.44.вып.2. стр 278-284.
- [4] Ю. Мамасодиков. Двухволновой оптоэлектронный метод для контроля взрывоопасных концентраций углеводородов в атмосфере. Материалы республиканской научно и научно-технической конференции. «Автоматизированные и компьютерные системы в сферах электротехники, электромеханики и электротехнологии», Фергана, 2012г.

Optoelectronic System for Distant Control of Explosive Hydrocarbon Concentration in Atmpohere

NEMATZHON RAKHIMOV, SULTONALY ABDURAKHMANOV, TUKHTASIN BUTAEV

Abstract: In work questions of creation of the remote gauge of detection explosive concentration of hydrocarbons in atmosphere are considered. The new system of reception - data transmission on distances Is offered, applying modern processor modules of input-output of electric signals.

Key words: Optoelectronic system, infrared radiation, hydrocarbon, absorption spectrum



Нематжон Рахимович Рахимов – д.т.н., профессор кафедры Специальных устройств и технологий ФГБОУ ВПО «СГГА». E-mail: nerah@rambler.ru

Об усеченной модели объекта управления

А.Н. Заворин, В.А. Жмудь
ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия)

Аннотация: В статье рассматривается проблема неполной идентификации, которая должна быть решена при использовании метода численной оптимизации регуляторов для реальных объектов. Проблема состоит в том, что всегда имеется такая наиболее высокочастотная часть модели, которая не определяется в результате идентификации. Как правило, ее считают такой, которая соответствует наиболее простой модели, то есть, например, полагают, что в высокочастотной области не имеется дополнительных изломов логарифмической амплитудно-частотных характеристик и дополнительных приращений фазового сдвига. Хотя эта гипотеза и дает наиболее простую запись модели объекта, она не соответствует действительности. Поэтому необходимы меры для достижения соответствия результата оптимизации с его практическим применением. В статье предлагается эффективный метод решения этой задачи.

Ключевые слова: автоматическое управление, регулятор, одноканальная система, усечённая идентификация, астатическая система, минимально-фазовые звенья, частотный метод, аналитический метод.

ВВЕДЕНИЕ

Теория автоматического управления направлена на методы расчета регуляторов замкнутых систем, обеспечивающих устойчивость и требуемое качество работы замкнутого контура управления [1]. Эти задачи решаются аналитическими методами, если это возможно. Развитие методов моделирования и численной оптимизации наряду с развитием вычислительной техники и программных продуктов способствовало все более широкому использованию решения этих задач именно этими методами, особенно в тех случаях, когда аналитическое решение этой задачи невозможно вследствие большой сложности модели объекта [2–13].

При аналитическом проектировании регулятора важно определить порядок объекта, то есть степень полинома в знаменателе передаточной функции. Методика синтеза регулятора в существенной мере зависит от порядка объекта [14, 15].

Одной из особенностей численных методов является свойство процедуры оптимизации не

ограничиваться «приемлемым качеством системы», если модель формально позволяет осуществить дальнейшее ее улучшение.

Поэтому возможность получения «хорошего результата», то есть спроектировать регулятор, удовлетворяющий техническим требованиям к системе, не эквивалентна возможности корректного завершения процедуры оптимизации, то есть возможности отыскать истинный минимум целевой функции [3].

Например, если объект представляет собой интегратор, то процедура отыскания пропорционального регулятора не может корректно завершиться, если не введены дополнительные ограничения. Действительно, в контуре будет иметь место интегратор с коэффициентом, который следует отыскать в процедуре оптимизации. Процедура оптимизации завершится, если дальнейшее увеличение коэффициента в этом контуре будет приводить к росту стоимостной функции, также как и уменьшение этого коэффициента. Но если в контуре имеется лишь интегратор, то контур устойчив всегда, и всякое дальнейшее увеличение коэффициента в контуре будет лишь уменьшать ошибку управления, поэтому процедура оптимизации будет предлагать дальнейшее увеличение этого коэффициента до бесконечности.

Реальный объект никогда не может описываться столь простой моделью, как интегратор, в реальной модели обязательно присутствуют дополнительные факторы, ограничивающие его быстродействие, начиная с некоторых частот. Эти частоты могут не иметь никакого практического значения, то есть поведение системы на этих частотах не нормируется, поскольку отклик объекта в области этих частот пренебрежимо мал. Поэтому утверждение о том, что модель объекта соответствует интегратору, с учетом возможности пренебрежения особенностями этой модели в области этих частот является достаточно корректным, но программа этого «не знает», и будет пытаться осуществлять оптимизацию дальше, пока не достигнет условий прекращения процедуры оптимизации. Эти условия могут быть не желательны для разработчика, например, превышение количества циклов итерации некоторой большой величины, например, 100000 циклов, или превышение каким-либо коэффициентом некоторой недопустимо большой величины, например, десять в тридцать четвертой степени. При таком прерывании никаких полезных

результатов процедуры не сохраняется, поэтому вся процедура оптимизации является безрезультатной, хотя задача расчета пропорционального регулятора для объекта, модель которого в первом приближении описывается интегратором, тривиальна.

Таким образом, имеется противоречие между наличием эффективного метода для проектирования регуляторов с использованием программно-аппаратных средств, с одной стороны, и наличием целого ряда примитивных задач, которые являются проблемными для этого метода, с другой стороны.

Один из вариантов решения такой задачи является, например, ограничение одного или нескольких коэффициентов регулятора некоторой наперед заданной большой величиной. Этот метод видится искусственным, поскольку невозможно наперед знать, насколько целесообразно такое ограничение. В одном случае, возможно, это приведет к необоснованному ухудшению результата, поскольку коэффициенты будут меньше, чем следовало, а в другом случае это может привести к несовпадению результата моделирования с результатом реальной работы системы, поскольку коэффициенты излишне велики, и реальные отличия модели объекта от интегратора уже начинают сказываться в реальном объекте.

В настоящей статье ставится задача анализа этой проблемы путем моделирования и отыскание наиболее эффективного способа ее решения.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Обсудим результат определения математической модели объекта.

Один из способов решения этой задачи состоит в отыскании математической модели, такой, чтобы отклик реального объекта в достаточной мере совпадал с откликом устройства, работающего в соответствии с этой найденной математической моделью. Если отклик отличается на несущественную величину, то можно считать, что модель несущественно отличается от истинной модели реального объекта.

Вопрос о том, какое отличие допустимо считать незначительным, не прост, особенно, если учесть, что на реальный объект всегда воздействуют возмущения, поэтому истинный его отклик всегда некоторым образом отличается от отклика, соответствующего его реальной модели. К этому отклику добавляется результат действия помехи.

Поэтому всегда приходится установить заранее или из эксперимента некоторую величину отличия переходных процессов, которые считать допустимыми.

Для линейного объекта математическую модель можно комплексной амплитудно-

частотной характеристикой или парой амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик.

Амплитудно-частотная характеристика, как правило, с ростом частоты уменьшается. Этому есть обоснование: любой объект обладает некоторой инерционностью в отношении любой физической величины, характеризующей ее состояние. Даже электромагнитный сигнал распространяется в среде или в вакууме с ограниченной скоростью. А поскольку ось частот может быть продолжена до бесконечности, для любой сколь угодно малой величины на этой бесконечной оси всегда имеется частота, выше которой отношение амплитуды выходного сигнала объекта к амплитуде входного сигнала меньше этой наперед заданной величины.

Поэтому любой реальный отклик объекта на любой входной сигнал ограничен по спектру, то есть можно указать, что сигналы выше некоторой частоты в этом сигнале присутствуют с амплитудой, заведомо меньшей, чем некоторая пренебрежимо малая величина. Следовательно, при идентификации модели объекта имеется область частот, которая не охватывается этой идентификацией, то есть вид амплитудно-частотной характеристики объекта в этой области не определяется ни из каких экспериментов.

На этом основании результат любой идентификации можно отнести лишь к некоторой ограниченной сверху области частот.

На этом основании любую модель можно назвать неполной, а именно: высокочастотная часть этой модели, начиная с некоторой частоты, не известна. Про эту область можно лишь сказать, что она не превышает некоторое значение, но нельзя сказать, как она себя ведет. Для того чтобы подчеркнуть этот факт, назовем такую модель «усеченной», то есть определенной в усеченном диапазоне частот.

Совершенно очевидно, что если разработчик регулятора для системы постоянно помнит о наличии такого участка, на котором модель объекта не известна, в расчете регулятора он обеспечит отсутствие влияния этого участка на устойчивость и качество работы системы. Из теории следует, что такой участок не будет влиять на работу замкнутой системы, если передаточная функция условно разомкнутого контура во всем диапазоне частот, относящихся к этому участку, будет намного меньше единицы.

Если же оптимизация осуществляется автоматически, нельзя гарантировать, что это условие будет соблюдено. Поэтому необходимо решение этой проблемы.

2. ПРИМЕР ОБЪЕКТА С УСЕЧЕННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ

Пусть в результате идентификации получена модель в виде произведения двух передаточных

функций аperiodических звеньев:

$$W_1(s) = \frac{1}{10s+1} \cdot \frac{1}{0,1s+1}. \quad (1)$$

Если специалист, получивший при идентификации объекта модель (1), использует ее для расчета регулятора, то он, тем самым, принял гипотезу, что в высокочастотной области логарифмической амплитудно-частотной характеристики ее наклон асимптотически стремится к наклону второго порядка, то есть – 40 дБ/дек. Также эта гипотеза содержит предположение, что в высокочастотной области фазочастотная характеристика стремится к асимпте, параллельной оси абсцисс, проходящей через точку $\varphi = -180^\circ$. Это кажется естественным и чуть ли не единственно возможным допущением, однако, это не так. В действительности можно принять бесконечное множество гипотез об истинной модели реального объекта. Можно принять предположение, что передаточная функция реального объекта $W_2(s)$ в действительности является произведением передаточной функции (1) и передаточной функции с ограниченным быстродействием (ПФОБ), которую в общем виде обозначим $W_K(s)$:

$$W_2(s) = W_1(s)W_K(s). \quad (2)$$

Рассмотрим три возможных варианта ПФОБ.

[1] Зададим ПФОБ в виде звена чистого запаздывания:

$$W_3(s) = \exp(-\tau s). \quad (3)$$

Здесь τ – постоянная времени звена запаздывания, например, $\tau = 0,2$. Здесь и далее частота берется в Герцах, а время – в секундах.

[2] Зададим ПФОБ в виде аperiodического звена:

$$W_4(s) = \frac{1}{T_1 s + 1}. \quad (4)$$

Здесь T_1 – постоянная времени аperiodического звена, например, $T_1 = 0,2$.

[3] Зададим ПФОБ в виде четырех последовательно соединенных периодических звеньев:

$$W_5(s) = \frac{1}{(T_2 s + 1)^4}. \quad (5)$$

Здесь T_2 – постоянная времени аperiodических звеньев, например, $T_2 = 0,05$.

На *Рис. 1* показана структура проекта для моделирования всех четырех вариантов моделей объектов, а также построены рассчитанные графики переходных процессов в ответ на ступенчатый единичный скачок. Видно, что все графики переходных процессов практически совпадают. Здесь и далее синяя кривая описывает отклик объекта с передаточной функцией (1), остальные лучи описывают отклики объектов с передаточной функцией по уравнению (2), причем в качестве ПФОБ используются, соответственно, функции (3) – красный график, (4) – сиреневый график, (5) – черный график.

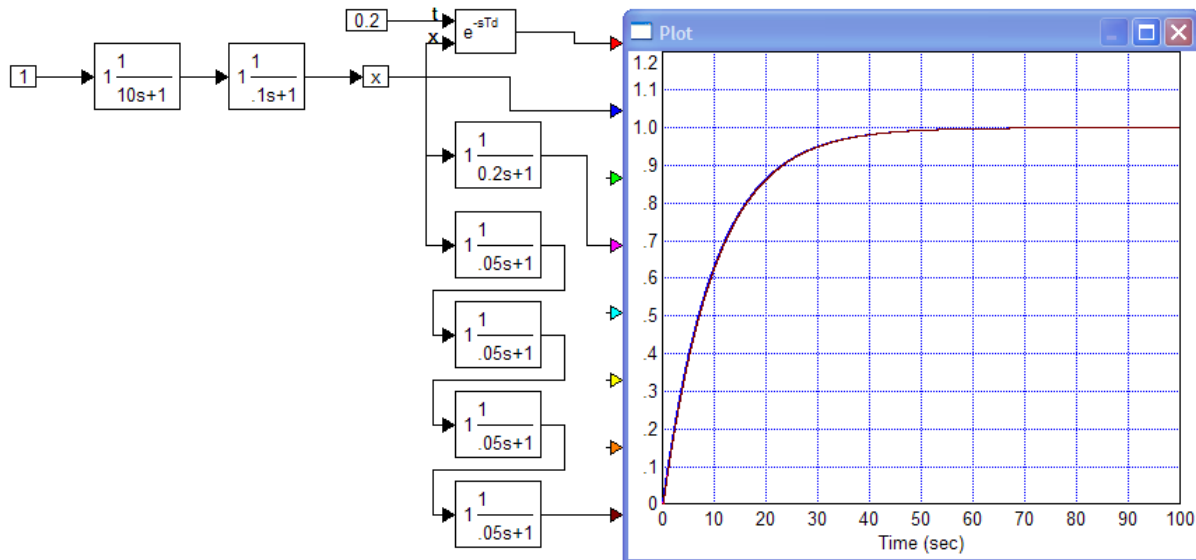


Рис. 1. Проект для моделирования и полученные графики откликов моделей с различными передаточными функциями на ступенчатый единичный скачок

Поскольку все графики на *Рис. 1* сливаются, на основании этих графиков нет возможности предпочесть одну из рассмотренных моделей.

Для сравнения можно посмотреть амплитудно-частотные и фазочастотные

характеристики всех четырех рассмотренных моделей объекта, показанные на *Рис. 2*. Эти характеристики построены программой *VisSim*. Видно, что все характеристики приблизительно совпадают, для выявления отличий необходимо

расширить частотный диапазон вверх в высокочастотную область.

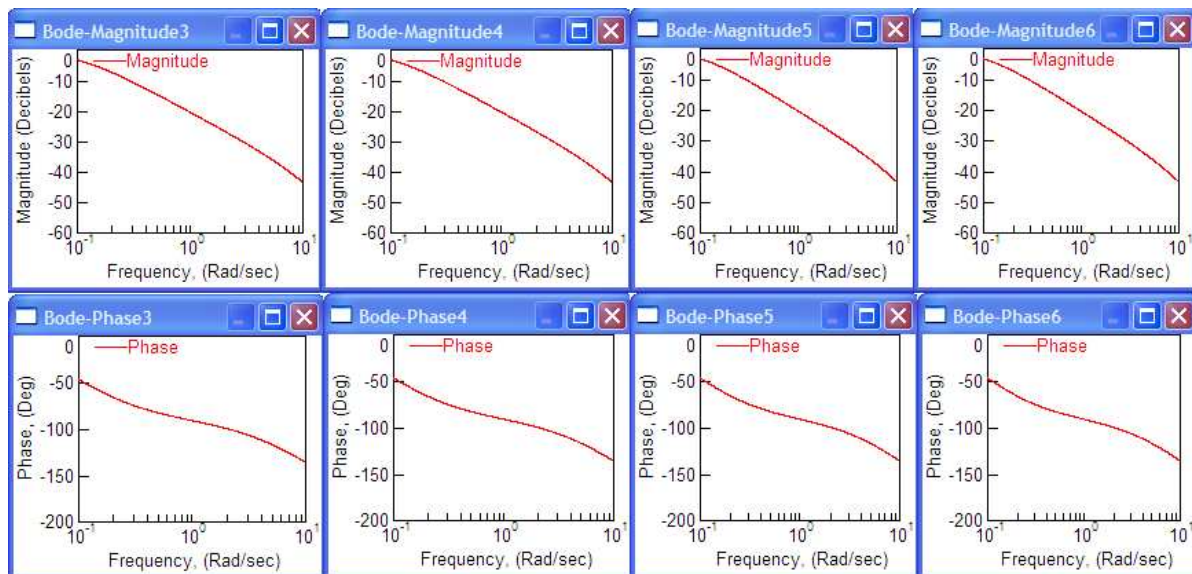


Рис. 2. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики моделей (1) – (4)

3. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГУЛЯТОРА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УСЕЧЕННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Предположим, мы выбрали наиболее простую модель (1). Осуществим оптимизацию ПИД-регулятора для такого объекта. Результат показан на Рис. 3. Для того, чтобы задача оставалась корректной, ограничим шаг интегрирования при численном моделировании величиной $t_{\text{и}} = 0,01$ с. Получим коэффициенты пропорционального, интегрирующего и дифференцирующего каналов, соответственно, $K_{\text{п}} = 8225,82$; $K_{\text{и}} = 59,12$; $K_{\text{д}} = 129,0$. Переходный процесс при этом длится около 0,3 с. Если теперь уменьшить шаг интегрирования, можно получить другой результат оптимизации, все коэффициенты при этом увеличатся, а длительность переходного процесса уменьшится. При этом приблизительно сохранится соотношение коэффициентов и величины уменьшения шага интегрирования. То есть при уменьшении шага в 10 раз коэффициенты в результате оптимизации увеличатся примерно в 10 раз, и длительность переходного процесса уменьшится в 10 раз.

Оптимизация ПИД-регулятора с идеализированной моделью объекта (1) при наличии возможности бесконечного уменьшения шага интегрирования не закончилась бы никогда. Эта задача, строго говоря, не корректна в указанном смысле. Это находится в явном противоречии с действительной моделью объекта. В природе не

существует таких объектов, для которых бесконечное увеличение коэффициентов регулятора (не важно, какого именно регулятора) была бы целесообразной. С любым реальным объектом любая структура регулятора не может до бесконечности численно оптимизироваться, то есть увеличиваться до бесконечности так, чтобы каждое новое увеличение лишь улучшало переходный процесс, а именно: сокращало его длительность, не вызывая перерегулирования.

На Рис. 4 также показаны переходные процессы на выходах других моделей, то есть моделей, содержащий ПФОБ согласно (2) – (4). Видно, что эти процессы существенно отличаются друг от друга.

Попробуем применить полученный ПИД-регулятор для объекта с моделью (2), где $W_k(s)$ взята из уравнения (3). Получим неустойчивую систему. Переходный процесс в такой системе показан на Рис. 4, а также в более крупном масштабе – на Рис. 5.

На Рис. 6 и 7, соответственно, показаны переходные процессы в системах с объектами (2), (4) и (2), (5), соответственно.

Вывод 1. По рассмотренному примеру можно сделать вывод, что использование модели (1) для численной оптимизации регулятора дает в результате такой регулятор, который не применим в том случае, если в модели содержится ПФОБ, то есть если модель на самом деле имеет вид (2). Это относится ко всем трем рассмотренным вариантам ПФОБ: (3), (4) и (5).

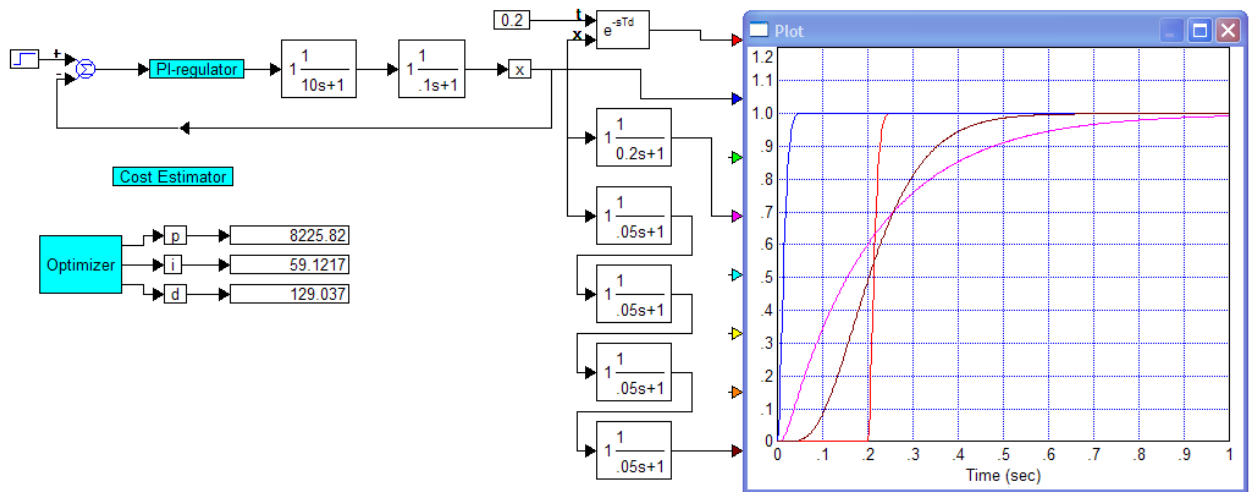


Рис. 3. Результат оптимизации ПИД-регулятора для объекта (1) и переходные процессы

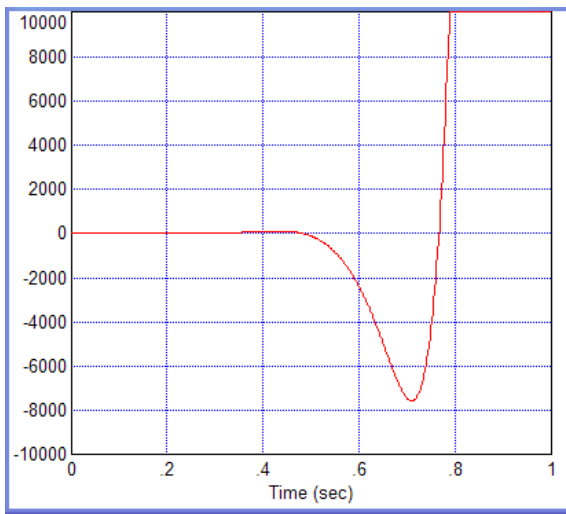


Рис. 4. Переходный процесс в системе с моделью (2), (3) при использовании регулятора, рассчитанного по модели (1)

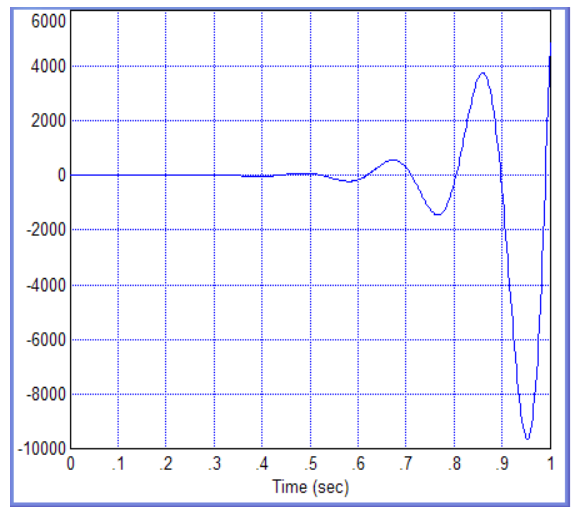


Рис. 6. Переходный процесс в системе с моделью (2), (4) при использовании регулятора, рассчитанного по модели (1)

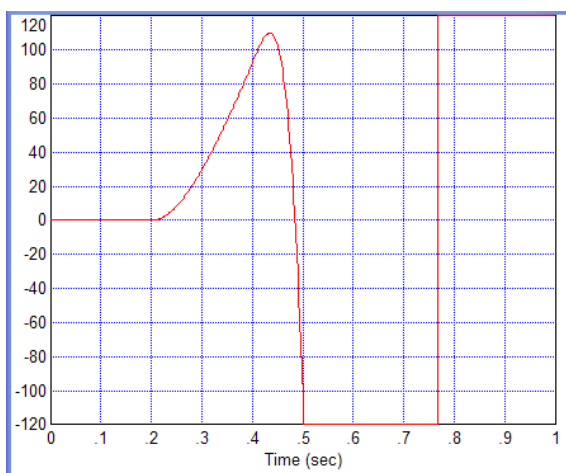


Рис. 5. Начальный этап переходного процесса в крупном масштабе в системе с моделью (2), (3) при использовании регулятора, рассчитанного по модели (1)

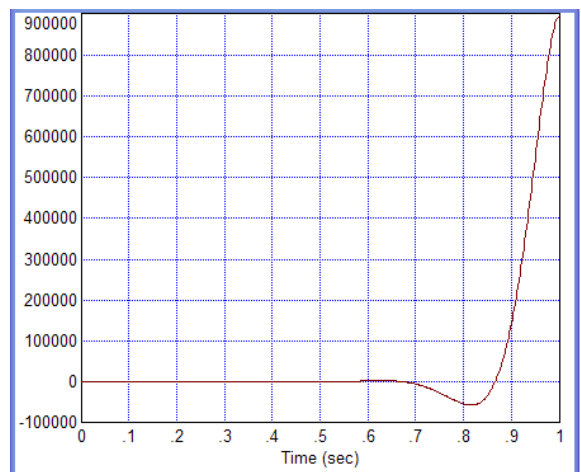


Рис. 7. Переходный процесс в системе с моделью (2), (5) при использовании регулятора, рассчитанного по модели (1)

4. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГУЛЯТОРА ПО МОДЕЛИ С ПФОД

Теперь осуществим оптимизацию ПИД-регулятора для объекта с моделью (2), где ПФОД $W_K(s)$ взята из уравнения одного из следующих уравнений: (3), (4) или (5).

Для начала используем модель (3) с запаздыванием. Результаты показаны на Рис. 8.

Вывод 2. Если регулятор рассчитывать по модели с использованием ПФОД из (3), то все полученные системы устойчивы со всеми возможными вариантами рассмотренных моделей. Кроме того, можно заметить, что во всех случаях переходные процессы не хуже, чем в случае использования этой расчетной модели.

Используем модель (2), (4) для расчета регулятора и затем используем полученный регулятор во всех исследованных вариантах модели объекта. Результаты показаны на Рис. 9, 10 и 11. Видно, что при использовании этой модели для расчета регулятора получаются такие регуляторы, с которыми объекты по модели (2), (3) и по модели (2), (5) неустойчивы. Устойчивыми оказываются только система с объектом по используемой модели (2), (4), а также система с исходным объектом (1).

Вывод 3. Если регулятор рассчитывать по модели с использованием ПФОД из (4), то полученные системы чаще всего не устойчивы: устойчивой остается лишь система с объектом с этой моделью и система с исходным объектом (1).

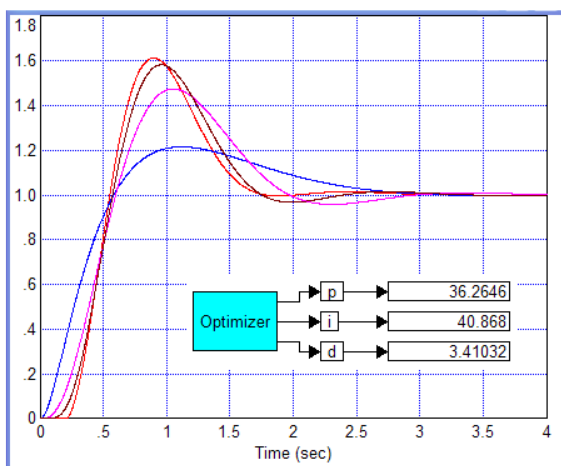


Рис. 8. Переходный процесс в системах со всеми четырьмя моделями при использовании регулятора, рассчитанного по модели (2), (3): красный – (2), (3); синий – (1); розовый – (2), (4), черный – (2), (5)

Теперь используем модель (2), (5) для оптимизации регулятора. Результаты показаны на Рис. 12. Все полученные переходные процессы удовлетворительны, все полученные системы устойчивы.

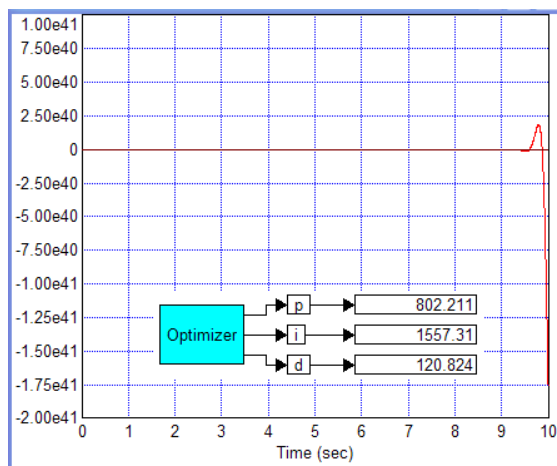


Рис. 9. Переходный процесс в системе с моделью (2), (3) при использовании регулятора, рассчитанного по модели (2), (4)

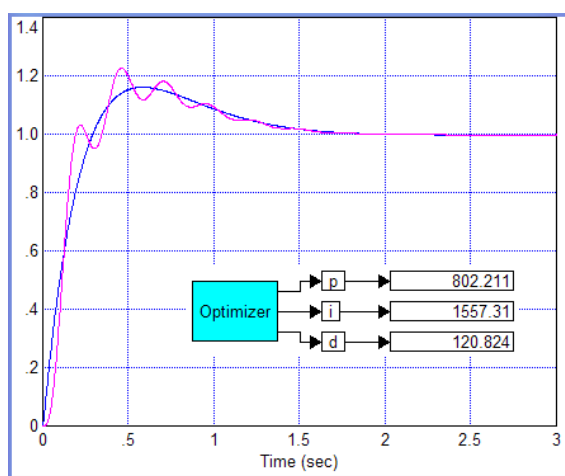


Рис. 10. Переходный процесс в системах с моделью (1) (синий) и с моделью (2), (4) при использовании регулятора, рассчитанного по модели (2), (4)

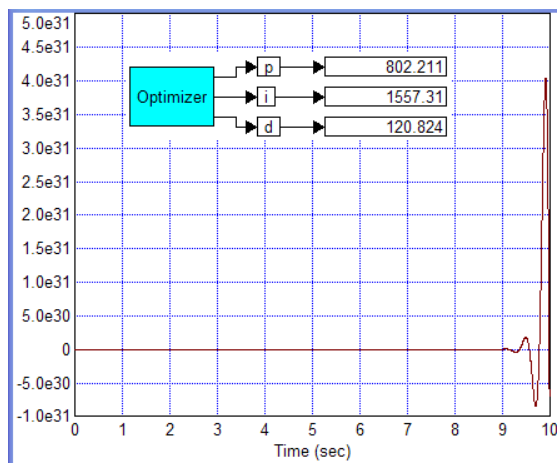


Рис. 11. Переходный процесс в системе с моделью (2), (5) при использовании регулятора, рассчитанного по модели (2), (4)

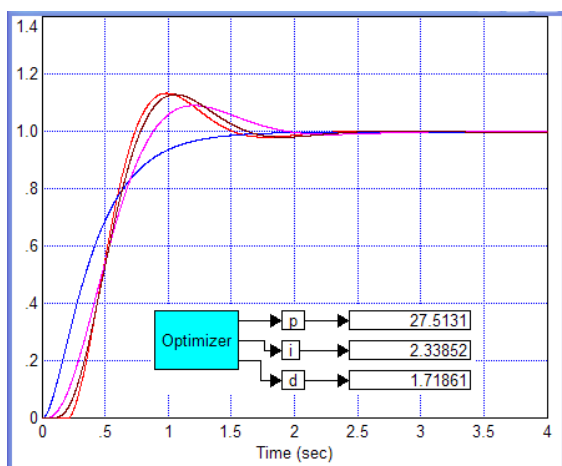


Рис. 12. Переходный процесс в системах со всеми четырьмя моделями при использовании регулятора, рассчитанного по модели (2), (5): красный – (2), (3); синий – (1); розовый – (2), (4), черный – (2), (5)

Вывод 4. Если регулятор рассчитывать по модели с использованием ПФОД из (5), то все полученные системы устойчивы со всеми возможными вариантами рассмотренных моделей. Кроме того, можно заметить, что почти во всех случаях переходные процессы не хуже, чем в случае использования этой расчетной модели. В системе с моделью (2), (3) переходные процесс характеризуется несущественно большим перерегулированием и при этом несущественно большим быстродействием, эти отличия пренебрежимо малы.

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании проведенного модельного исследования можно сделать общий вывод о следующем:

Вывод 5. При идентификации объекта, как правило, удовлетворяются принятием такой передаточной функции, которая имеет наиболее простой вид. Эта идеальная гипотеза принципиально не верна (для бесконечного диапазона частот), поэтому результат ее использования для численной оптимизации регулятора может оказаться неприменимым к реальной системе с реальным объектом.

Для иллюстрации проблемы на Рис. 13 и 14 показаны условно логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ) и логарифмическая фазочастотная характеристика (ЛФЧХ). Указанный гипотетический вид принимаемых ЛАЧХ и ЛФЧХ условно показан на Рис. 13 и 14 синими линиями.

Возможные крайние границы реальных ЛАЧХ и ЛФЧХ показаны линиями 2 и 3.

Модель (2), (3) не изменяет ЛАЧХ, но видоизменяет ЛФЧХ в наивысшей степени. Остальные модели изменяют обе эти характеристики, но при этом модель (2), (4)

изменяет ЛФЧХ в меньшей степени, чем модель (2), (5).

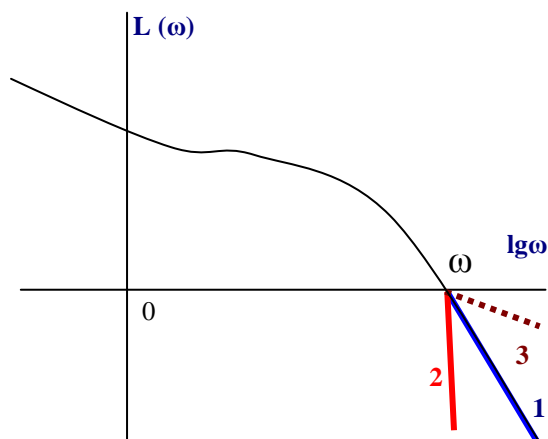


Рис. 13. Пример асимптотической амплитудно-частотной характеристики в логарифмическом масштабе: 1 – гипотеза ограниченного порядка объекта; 2 – гипотеза усеченной ЛАЧХ (наихудший вариант, нижняя граница), 3 – верхняя граница возможного вида истинной характеристики

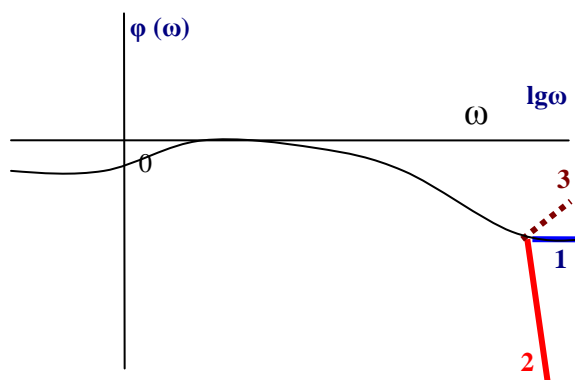


Рис. 14. Пример асимптотической фазочастотной характеристики в логарифмическом масштабе: 1 – гипотеза ограниченного порядка объекта; 2 – гипотеза усеченной ЛФЧХ (наихудший вариант, нижняя граница), 3 – верхняя граница возможного вида истинной характеристики

Вывод 6. Использование передаточной функции с ограниченным быстродействием в качестве добавки к усеченной модели дает свой полезный эффект, а именно: результаты численной оптимизации регулятора с использованием полученной модели применимы к большей части возможных реальных характеристик объекта, что дает основания предполагать, что они применимы и к реальному объекту. Наиболее эффективны в этом случае ПФОД с более резким затуханием фазочастотной характеристики, а именно: звено чистого запаздывания или фильтр четвертого порядка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному заданию №2014/138, тема проекта «Новые структуры, модели и алгоритмы для прорывных методов управления техническими системами на основе наукоемких результатов интеллектуальной деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Никулин Е.А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем. Изд-во БХВ-Петербург, 2004. - 601 с.
- [2] Заворин А. Н., Ядрышников О. Д. Исследования влияния высокочастотной области ЛАЧХ на качество переходных процессов на примере систем с минимально-фазовыми звеньями / Сб. науч. тр. НГТУ. – 2011. – № 3 (65). – С. 19–36.
- [3] Жмудь В. А. Моделирование, исследование и оптимизация замкнутых систем автоматического управления. Новосибирск, Изд-во НГТУ, 2012. 335 с.
- [4] Жмудь В.А. Динамика мехатронных систем: учеб. пособие / В.А. Жмудь, Г.А. Французова, А.С. Востриков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 176 с. ISBN 978-5-7782-2415-5.
- [5] А.А. Воевода, В.А. Жмудь. Сходимость алгоритмов оптимизации регулятора для объекта с ограничителем и с запаздыванием. Научный вестник НГТУ. - 2007. - N 4(29). с.179-184.
- [6] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored “The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics”, 10 – 13 September, 2011, Additional volume, pp.40–43.
- [7] A.A. Voevoda, V.A. Zhmud, R.Y. Ishimtsev, V.M. Semibalamut. The modeling tests of the new PID-regulators structures. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2009. P.165 – 168.
- [8] V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov, A.V. Polishchuk, A.N. Zavorin. Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. 2012. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.
- [9] V.A. Zhmud, A.V. Liapidevskiy, E.V. Prokhorenko. The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.
- [10] V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>
- [11] V.A. Zhmud, A.V. Polishchuk, A.A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007,

Gujarat, India. pp. 254-263.

- [12] В.А. Жмудь, А.Н. Заворин. Метод проектирования энергосберегающих регуляторов для сложных объектов с частично неизвестной моделью. В кн.: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XVI Международной конференции 30 июня – 03 июля 2014 г., Самара. Россия. С. 557–567.
- [13] V.A. Zhmud, A.N. Zavorin. Metodi di ottimizzazione del controllo numerico su una modelli troncati. Italian Science Review. 2014; 4(13). PP. 686-689. Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Zhmud.pdf> and <http://www.ias-journal.org/archives/april-2014>
- [14] А.С. Востриков, А.А. Воевода, В.А. Жмудь. Эффект понижения порядка системы при управлении по методу разделения движений. Научный вестник НГТУ. - 2005. - N 3(21). с.3-21.
- [15] А.А. Воевода, В.А. Жмудь. Сохранение и повышение порядка асимптотического уравнения системы при управлении по методу разделения движений. Научный вестник НГТУ. - 2006. - N 1(22). с.3-9.



Александр Николаевич Заворин – аспирант кафедры Автоматики НГТУ, автор более 17 научных статей. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, оптимальные и адаптивные системы, оптимизация, многоканальные системы.
E-mail: pisatel1987@mail.ru



Вадим Аркадьевич Жмудь – заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника.
E-mail: oao_nips@bk.ru

About Truncated Model of Controlled Object

A.N. ZAVORIN, V.A. ZHMUD

Abstract: This paper considers the problem of incomplete identification, which should be solved by using the method of numerical optimization controllers for real objects. The problem is that there is always such a high-most portion of the model which is not determined as the result of identification. Usually, it is considered such that corresponds to the simplest model, i.e., for example, it is believed that the high-frequency region does not have any kinks logarithmic amplitude-frequency characteristics and the additional phase shift increments. Although this

hypothesis and provides the most simple record of the object model, it is not true. Therefore, measures are needed to achieve compliance with the result of the optimization of its practical application. The article proposes an effective method of solution of this problem.

Key words: automatic control, controller, single-channel system, the truncated identification, astatic system, minimum-phase units, frequency method, the analytical method.

REFERENCES

- [1] E.A. Nikulin. Fundamentals of the theory of automatic control. Frequency methods of analysis and synthesis systems. Publishing House of the BHV-Petersburg, 2004. - 601 p.
- [2] A.N. Zavorin, O.D. Yadrishnikov. Studies of the effect of high-frequency field LACHH the quality of transients on the example of systems with minimum-phase units / Coll. scientific. tr. NSTU. - 2011. - № 3 (65). - p. 19-36.
- [3] V.A. Zhmud. Simulation study and optimization of closed systems of automatic control. Novosibirsk, Publishing House of the NSTU, 2012. 335 p.
- [4] V.A. Zhmud, G.A. Frantsuzova, A.S. Vostrikov. Dynamics of mechatronic systems: Proc. Manual. Novosibirsk: Publishing House of the NSTU, 2014. - 176 p. ISBN 978-5-7782-2415-5.
- [5] A.A. Voevoda, V.A. Zhmud. The convergence of the optimization algorithms for object control with limiter and delay. Scientific Bulletin of the NSTU. - 2007. - N 4 (29). p.179-184.
- [6] V. A. Zhmud. The Use of the Feedback Control Systems in Laser Physics Researching Experiments. // Proceedings of RFBR and DST Sponsored "The 2-nd Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics", 10 – 13 September, 2011, Additional volume, p.40–43.
- [7] A.A. Voevoda, V.A. Zhmud, R.Y. Ishimtsev, V.M. Semibalamut. The modeling tests of the new PID-regulators structures. 2009. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling, ASM 2009. P.165 – 168.
- [8] V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov, A.V. Poloshchuk, A.N. Zavorin. Modern key technologies in automatics: Structures and numerical optimization of regulators. 2012. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.
- [9] V.A. Zhmud, A.V. Liapidevskiy, E.V. Prokhorenko. The design of the feedback systems by means of the modeling and optimization in the program vissim 5.0/6. 2010. Proceedings of the IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control. PP. 27–32.
- [10] V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. Proceedings of the 8-th International Forum on Strategic Technology 2013 (IFOST-2013), vol. II, 28 June – 1 July. Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia. IEEE organized. 2013. P. 265 – 270. <http://www.must.edu.mn/IFOST2013/>
- [11] V.A. Zhmud, A.V. Polishchuk, A.A. Voevoda, R. V. Rao. The Tuning of the PID-Regulator for Automatic Control System of Thermo Energetic Equipment // Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME-2011), June 06-08, 2011. Surat – 395 007, Gujarat, India. pp. 254-263.
- [12] V.A. Zhmud, A.N. Zavorin. Method of designing energy-efficient controllers for complex objects with partially unknown model. Proc. : The control and modeling in complex systems. Proceedings of the XVI International Conference June 30 - July 3, 2014, Samara. Russia. p. 557-567.
- [13] V.A. Zhmud, Zavorin A.N. Metodi di ottimizzazione del controllo numerico su una modelli troncati. Italian Science Review. 2014; 4(13). PP. 686-689. Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Zhmud.pdf> and <http://www.ias-journal.org/archives/april-2014>
- [14] A.S. Vostrikov, A.A. Voevoda, V.A. Zhmud. The effect of reducing the order of the system that is controlled by the method of separation of motions. Scientific Bulletin of the NSTU. - 2005. - N 3 (21). p.3–21.
- [15] A.A. Voevoda, V.A. Zhmud. Maintenance and improvement of the order of the asymptotic equation of the system that is controlled by the method of separation of motions. Scientific Bulletin of the NSTU. - 2006. - N 1 (22). p.3–9.

IV. Измерительные средства и системы

Содержание раздела:

- А.В. Ескин, А.Л. Печников, В.Г. Трубин. Использование платформы STM32VLDISCOVERY для построения простой системы сбора и обработки данных. Автоматика и программная инженерия. 2014. № 4 (10). С. 66–73. ФГБОУ ВПО НГТУ, (Новосибирск, Россия).

Использование платформы *STM32VLDISCOVERY* для построения простой системы сбора и обработки данных

А.В. Ескин, А.Л. Печников, В.Г. Трубин
ФГБОУ ВПО НГТУ

Аннотация: Для применения эффективного алгоритма управления системой автоматического регулирования важно изучение свойств объекта управления до построения самой системы. Эту задачу обычно решают системы сбора и обработки данных (ССОД), которые, зачастую реализованы на печатных платах в корпусе персонального компьютера или в виде отдельные устройства. Стоимость таких плат достаточно высока и иногда применение их неоправданно для простых объектов регулирования. Предложено решение этой задачи с меньшими затратами времени и материальных средств. Это справедливо для систем с небольшим количеством контролируемых величин (до 12), и с медленным изменением полезного сигнала (до 1 кГц). Данное решение будет полезно на этапе создания прототипов устройств с цифровым управлением, где требуется наличие возможности сохранять показания датчиков от времени в текстовом виде для последующей обработки (например, построении графиков в *Excel*).

Ключевые слова: система сбора и обработки данных, АЦП, компьютер, измерения, микроконтроллер, микропроцессор.

ВВЕДЕНИЕ

В статье предлагается простое решение создания системы сбора и обработки данных (ССОД) на основе платформы, название которой вынесено в заголовок.

Предлагаемая система состоит на аппаратном уровне из следующих основных частей:

- Отладочной платы *STM32VLDISCOVERY* на базе микроконтроллера *STM32F100RBT6B* фирмы *STMicroelectronics* с ядром *ARM Cortex M3*;

- Преобразователя интерфейсов *PL2303 USB ↔ TTL* на базе микросхемы *PL2303HX* фирмы *Prolific*;

- Переменного резистора имитирующего работу датчика.

На программном уровне система состоит из двух программ:

- На стороне персонального компьютера: одна из стандартных программ терминалов последовательно порта *RS232*;

- На стороне микроконтроллера: управляющей программы по пересылке данных из регистров АЦП в модуль УАПП для отправки в персональный компьютер.

Про отладочную плату *STM32VLDISCOVERY* и микроконтроллер *STM32F100RBT6B* написано в различных источниках уже достаточно [1], [2]. На периферии микроконтроллера, применяемой для решения поставленной задачи, остановимся более подробно.

1. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРИФЕРИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА *STM32F100RBT6B*

Набор периферии микроконтроллера (МК) достаточно типичен для данного класса устройств [3]. Но есть среди этого многообразия и специфические для микроконтроллеров технические решения, такие, например, как контроллер прямого доступа к памяти КППД (*Direct Memory Access DMA*).

Применительно к решаемой задаче, интерес представляют модуль универсального асинхронного приёмника передатчика УСАПП (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter – USART*) и модуль аналого-цифрового преобразователя АЦП (*Analog-to-Digital converter, ADC*). Оба этих модуля можно подсоединить к КППД и сократить объём написанного кода программы для микроконтроллера.

В дополнение к этим двум модулям может потребоваться применение, для запуска АЦП, таймера. Таймеры также в достаточном количестве имеются в составе микроконтроллера.

Используемый АЦП является двенадцатиразрядным АЦП последовательного приближения, который может работать на максимальной частоте 12 МГц (что при минимальном времени выборки даёт время преобразования в 1,17 мкс). К нему можно

подключить до 16 внешних каналов. Кроме этого, есть дополнительно два внутренних канала для оцифровки температуры кристалла микроконтроллера (сигнал датчика температуры и уровень опорного напряжения питания датчика). Предусмотрена возможность запуска процесса преобразования на аппаратном уровне от внешнего (подключаемого к выводу отладочной платы) источника. Разнообразные режимы работы позволяют задавать различные последовательности оцифровки каналов, что перекрывает большую часть задач по оцифровке данных. В устройстве имеется аналоговое устройство контроля превышения установленных порогов (*Analog Watchdog*), которое позволяет на аппаратном уровне отслеживать значения измеряемой величины, предотвращая выход её за установленные рамки, что очень полезно для задач диагностики неисправностей внешнего датчика. Время выборки сигнала для каждого канала задается индивидуально и лежит в диапазоне от 1,5 до 239,5 тактовых импульсов работы АЦП. Кроме возможности подключения к КППД каждое событие, возникающее внутри АЦП, может генерировать прерывание. Для получения качественных результатов измерений перед включением АЦП необходимо однократно провести его калибровку. Более полную информацию по настройке АЦП можете получить в [4, 3].

Возможности УАПП также несколько шире стандартных и допускают работу по протоколу *Smartcard*, а также в сетях *LIN* и *IrDA*. Имеется возможность аппаратного управления потоком данных при помощи линий *RTS* и *CTS*. Также используется применение числа с фиксированной запятой для задания скорости передачи данных. Это даёт меньшую ошибку при работе устройства. Так же как и АЦП УАПП имеет возможность генерирования запросы к КППД и контроллеру прерываний.

Для связи с преобразователем *PL2303 USB ↔ TTL* нет необходимости прибегать ко всему описанному набору функций, достаточно простого асинхронного интерфейса.

2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ *PL2303 USB ↔ TTL*

Описанный вариант практически ничем не уступает подобным преобразователям этого класса, предлагаемым на рынке. Его внешний вид представлен на *Рис. 1* [5].

Как можно заметить этот модуль имеет два разъема: *USB* для подключения к персональному компьютеру и 4-х контактную штыревую линейку для связи с *STM32DISCOVERY*. Контакты штыревой линейки подписаны: «*Vcc*» - питание +5 В от шины *USB* персонального компьютера, «*RXD*» - вход приемника преобразователя, «*TXD*» -

выход передатчика преобразователя и «*GND*» - нулевой провод источника питания.

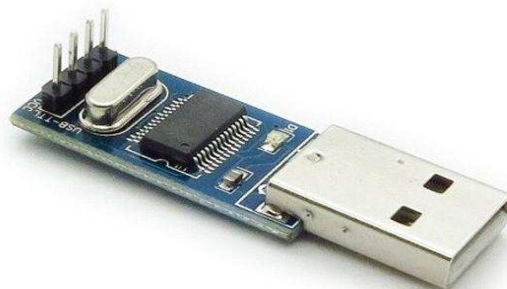


Рис. 1. Внешний вид преобразователя *PL2303 USB ↔ TTL*

На плате имеется лишь одна микросхема преобразователя *PL2303HX* фирмы *Prolific Technology*, на которую имеется документация [6]. Все подобные преобразователи обычно строятся на таких микросхемах, которые значительно упрощают использование *USB* порта. При подключении модуля к компьютеру и при отсутствии замыканий, на плате загорается красный светодиод, сигнализирующий о наличии питания по шине *USB*.

Для нормальной работы устройства в системе необходимо установить драйвер *PL2303HX*, дистрибутив которого можно найти на сайте *Prolific Technology* [7]. Установка драйвера обычно не вызывает трудностей. После установки, в системе должен появиться новый виртуальный *COM*-порт, наличие которого для операционных систем *Windows*, можно проверить в диспетчере устройств. Подключение преобразователя к отладочной плате можно осуществить при помощи стандартных соединительных проводов [8]. Для соединения с модулем понадобится только три провода. На плате модуля они должны быть подключены к выводам «*TXD*», «*RXD*» и «*GND*», а на отладочной плате к выводам обозначенным как «*PA10*», «*PA9*» и «*GND*» соответственно.

3. СБОРКА СИСТЕМЫ

В качестве датчика можно использовать обычный переменный резистор, который, как и преобразователь, подключается с помощью соединительных проводов к плате *STM32VLDISCOVERY*. Для этих целей хорошо подходят переменные резисторы. Резистор следует подключить следующим образом: один из крайних выводов подключается, при помощи проводника, к выводу, обозначенному на отладочной плате «*3V3*», а другой, к выводу «*GND*». Средний контакт подключается к любому из выводов (в зависимости от используемого АЦП канала) *PA0 – PA7*, *PB0*, *PB1*, *PC0 – PC5* (соответствуют каналам с 0 по

15). Программой микроконтроллера используется вывод PA1. При подключении следует быть аккуратным, чтобы не использовать уже занятый вывод. Дело в том, что на плате STM32VLDISCOVERY уже произведены некоторые внутренние подключения выводов микроконтроллера, так, например, PA0 используется для управления

встроенной кнопкой, поэтому перед подключением следует ознакомиться с документацией на плату STM32VLDISCOVERY [9].

В результате всех подключений должна получиться конструкция изображённая на Рис. 2.

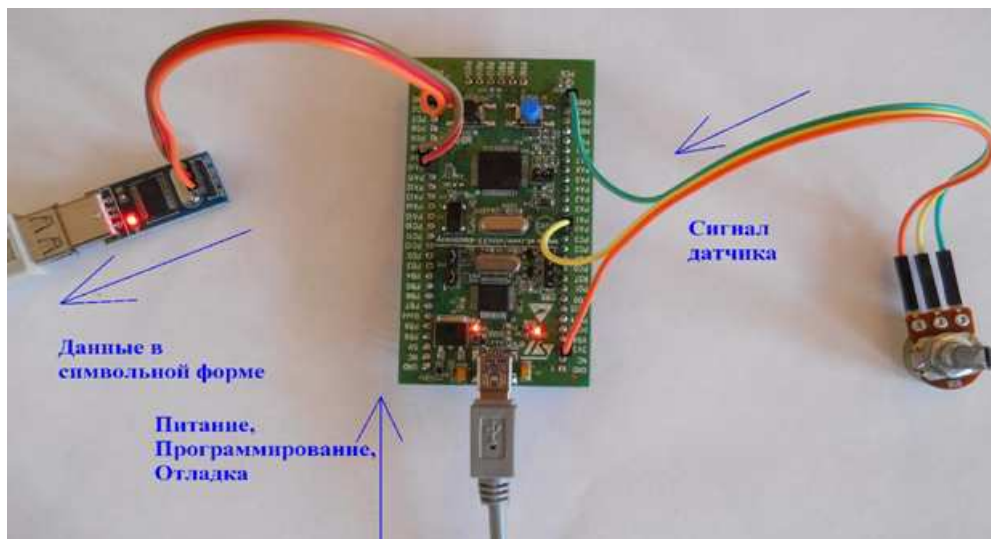


Рис. 2. Собранная система сбора данных на базе платы STM32VLDISCOVERY

Таблица подключения проводов приведена в Таблице 1. Обязательно следует проверить правильность подключения проводов, поскольку при неправильном подключении

можно вывести из строя плату. Все коммутации следует осуществлять при выключенном питании устройств.

Таблица 1
Описание подключения проводов к плате STM32VLDISCOVERY

| STM32VLDISCOVERY | PL2303 USB ↔ TTL / Переменный резистор | Описание / примечание |
|------------------|--|---|
| PA10 | PL2303 USB ↔ TTL TXD | Линия приёма данных с точки зрения МК |
| PA9 | PL2303 USB ↔ TTL RXD | Линия передачи данных с точки зрения МК |
| GND | PL2303 USB ↔ TTL GND | Общий |
| 3V3 | Крайний вывод переменного резистора | Любой |
| PA1 | Средний вывод переменного резистора | Вход канала 1 АЦП МК |
| GND | Крайний вывод переменного резистора | Любой |

После подключения переменного резистора и преобразователя сборка аппаратной части системы заканчивается и можно приступить к программной части. Основная трудность заключается в написании программы для микроконтроллера и её отладке. По этой теме можно найти много литературы, в том числе в интернете, но как вариант, обратиться к статье [1]. Чтобы не писать программу с самого начала, уже имеется заготовка программы, которую можно получить от преподавателя.

Эта программа позволяет измерять напряжение с переменного резистора,

подключённого к внешнему выводу PA1 микроконтроллера, и выводить данные в компьютер через УАПП, при этом мигает светодиод на отладочной плате.

Для сбора данных со стороны персонального компьютера можно использовать любую программу - терминал. В стандартной поставке операционной системы Windows в версиях до Windows 7 использовался для этих целей HyperTerminal, но в новых версиях его исключили из стандартной поставки [10]. К счастью эта программа свободно распространяется в сети, откуда её можно легко

загрузить на свой компьютер.

В сети интернет можно также найти другие программные продукты аналогичные *HyperTerminal*. Среди них особо хочется выделить бесплатную программу *Terminal v1.9* от автора *Br@y++* [11]. Эта программа включает

в себя удобный интерфейс по настройке параметров работы *COM*-порта, а также расширенные возможности по управлению поступающим потоком данных из коммуникационного порта. Внешний вид программы представлен на *Рис. 3*.

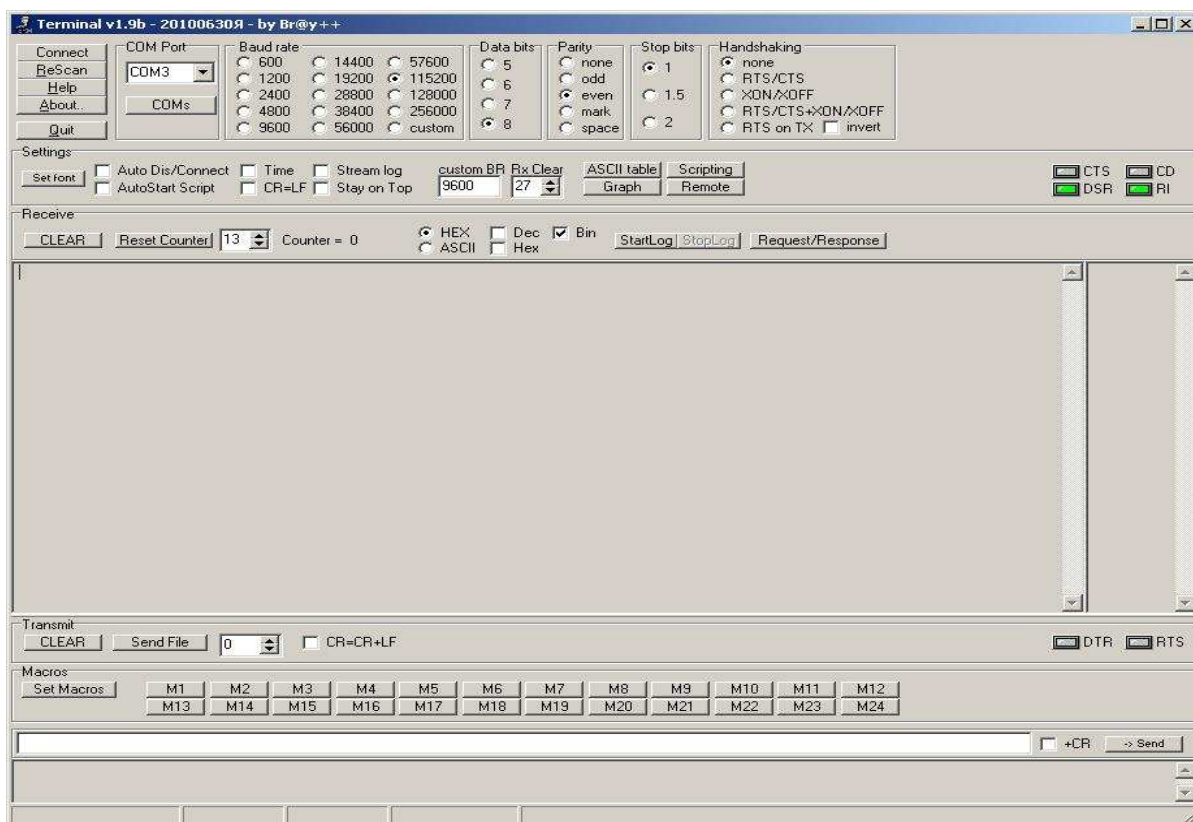


Рис. 3. Внешний вид программы Terminal м 1.9 от автора Br@y++

4. ЗАПУСК СИСТЕМЫ, ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Для запуска системы следует подключить преобразователь *PL2303 USB ↔ TTL* к компьютеру. Если преобразователь подключен в первый раз, то выполняется автоматическая установка драйверов из интернета, как показано на *Рис. 4*. Данное действие справедливо, если у пользователя установлена система *Windows 7*. Если же у пользователя установлена система *Windows XP*, то необходимо скачать и установить драйверы вручную.

Далее следует определить, какой *COM*-порт

появился в системе: Панель управления → Диспетчер устройств → Порты (*COM* и *LPT*).

На *Рис. 5* таким портом является *COM33*. Поскольку не все программы могут работать с большими номерами *COM*-портов, то лучше изменить номер на любой свободный от *COM2* до *COM6*. Для этого достаточно дважды щёлкнуть на иконке порта, номер которого требуется изменить. После этого можно переходить на вкладку «Параметры порта», нажать «Дополнительно». В выпадающем меню можно изменить номер. Если будет выдано информационное сообщение, то следует нажать «Да».

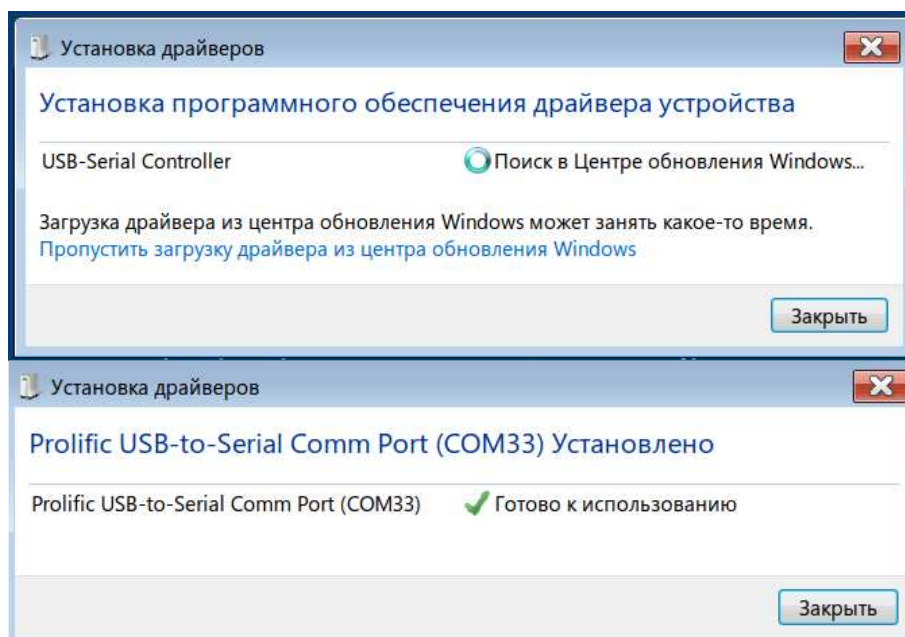


Рис. 4. Установка драйверов преобразователя

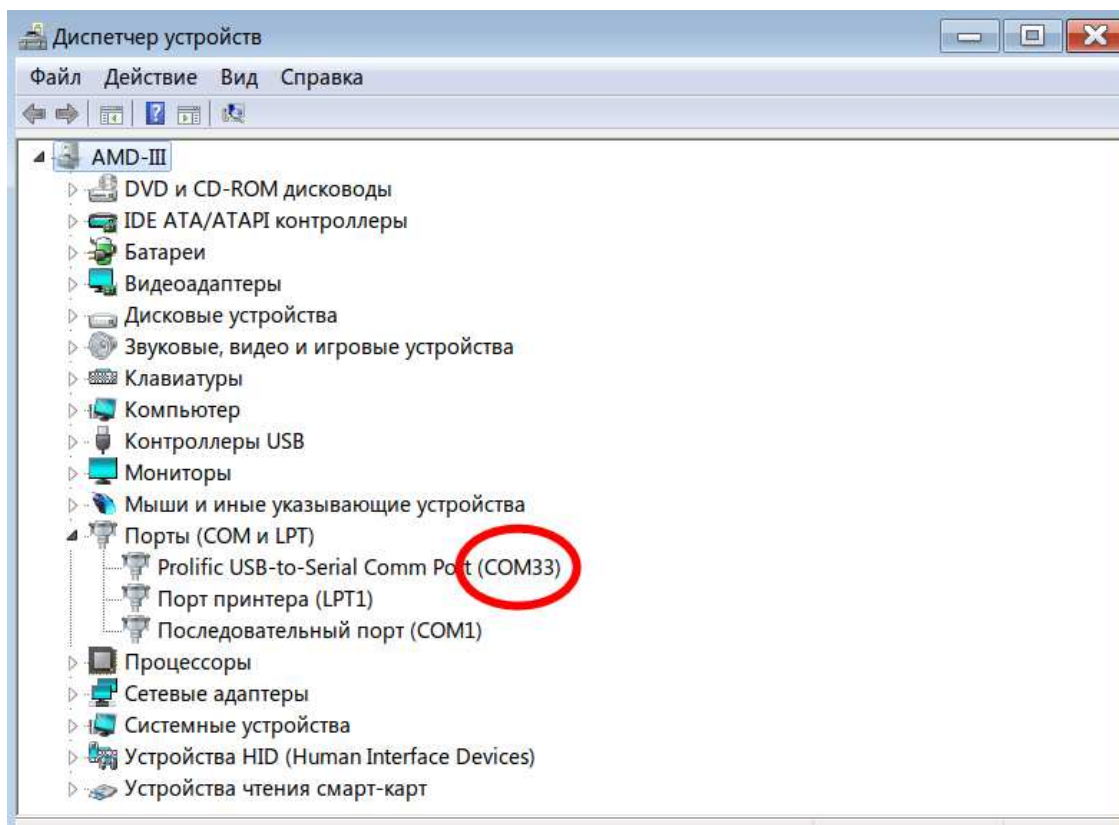


Рис. 5. Определение номера COM-порта

Далее следует убедиться, что на *STM32VLDISCOVERY* перемычки *CN3:1–CN3:2*, *CN3:3–CN3:4* установлены, а там, где *CN2 SWD*, перемычек нет, как показано на *Рис. 6*. Также

требуется подключить устройство к *USB*. Появившееся при автостарте окно можно просто закрыть.

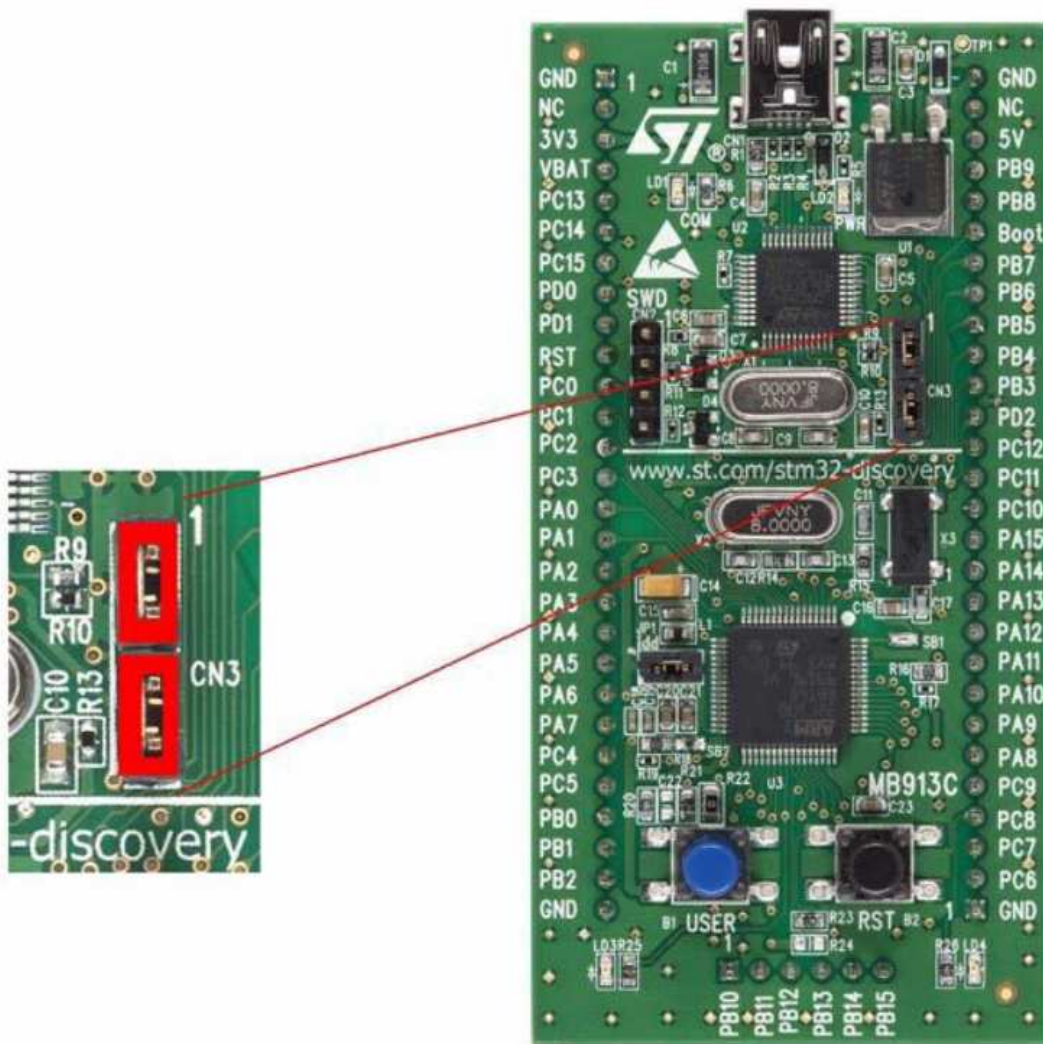


Рис. 6. Положение перемычек

При необходимости требуется компилировать и загрузить программу в *STM32VLDISCOVERY*. После этого необходимо запустить программу *Terminal*. Следует выбрать нужный *COM*-порт, нажать «Connect». Пользователь должен увидеть столбец с

цифрами. Поскольку АЦП в МК двенадцатиразрядный, то диапазон чисел будет от 0 до 4095. Далее достаточно выделить числа мышкой, нажать правую кнопку мышки и выбрать «Копировать».

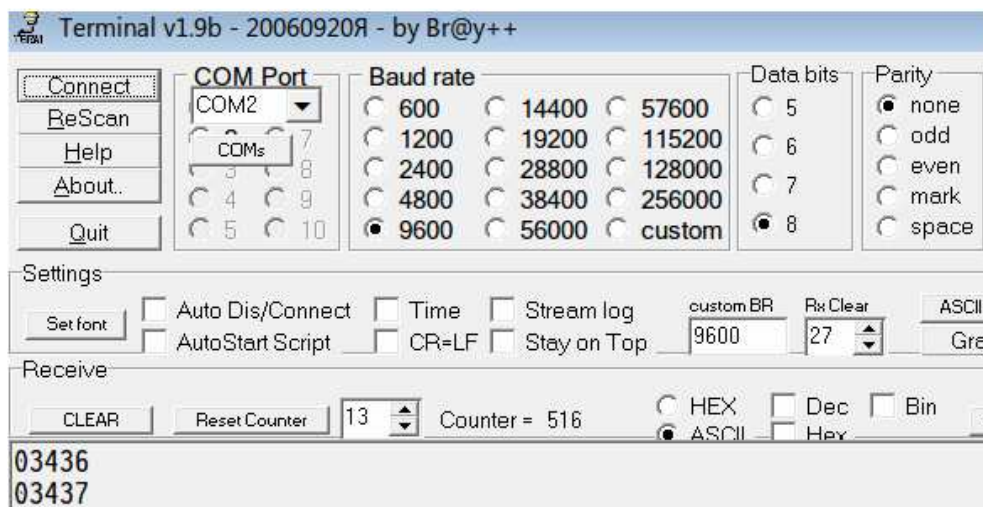


Рис. 7. Данные с АЦП МК

Полученные данные можно вставить из буфера обмена, например, в таблицу *Excel*. Это

позволяет построить график по полученным данным, например, как показано на *Рис. 8*.

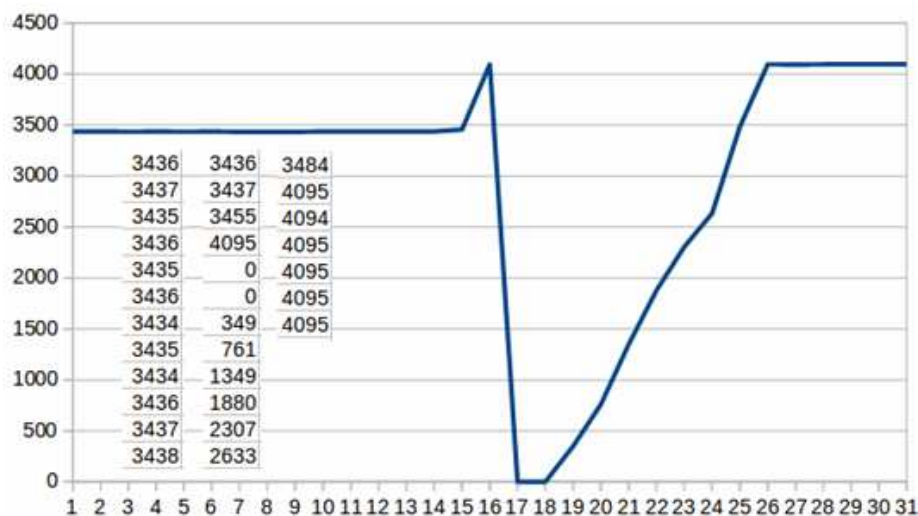


Рис. 8. Данные с АЦП МК и график изменения сигнала

После окончания работы обязательно следует отключить от *USB STM32VLDISCOVERY* и преобразователь.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А.В. Ескин, В.А. Жмудь, В.Г. Трубин *STM32VLDISCOVERY* – средство для быстрой разработки опытных образцов цифровых систем управления ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск, Россия. Автоматика и программная инженерия. 2013. №3 (5). С. 32–39. ФГБОУ ВПО НГТУ(Новосибирск, Россия). URL: <http://www.nips.ru/images/stories/zhournal-API/6/aipi-3-2013-6.pdf>
- [2] Ванцев Д.В. Демонстрационная плата *STM32VLDISCOVERY*. Руководство пользователя. URL: http://mcs.ucoz.ru/publ/stm32/stm32_apparatnoe_ob_espechenie/demonstracionnaja_plata_stm32vl_discovery_rukovodstvo_polzovatelja/28-1-0-19 (дата обращения 5.02.14).
- [3] DS6517: Low & medium-density value line, advanced ARM-based 32-bit MCU with 16 to 128 KB Flash, 12 timers, ADC, DAC & 8 comm interfaces. Datasheet production data. URL: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00251732.pdf> (дата обращения 5.02.14).
- [4] RM0041: STM32F100xx advanced ARM-based 32-bit MCUs. URL: http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/refere_nse_manual/CD00246267.pdf (дата обращения 5.02.14).
- [5] PL2303 USB To TTL Module Model: IM120525011. ITEAD Intelligent Systems Co.Ltd. URL: <http://imall.iteadstudio.com/im120525011.html> (дата обращения 5.02.14).
- [6] PL-2303HX Edition (Chip Rev D)USB to Serial Bridge Controller. Product Datasheet. URL: http://www.prolific.com.tw/UserFiles/files/ds_pl2303HXD_v1_4_4.pdf (дата обращения 5.02.14).
- [7] Prolific Technology Inc. Smart I/O > Serial / Parallel. URL: <http://www.prolific.com.tw/US/ShowProduct.aspx?pcid=41&showlevel=0017-0037-0041> (дата обращения 5.02.14).
- [8] Ebay. 40PCS Dupont Wire Color Jumper Cable 2.54mm 1P-1P Female to Female For Arduino. URL: http://www.ebay.com/itm/40PCS-Dupont-Wire-Color-Jumper-Cable-2-54mm-1P-1P-Female-to-Female-For-Arduino-/400555980658?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item5d42ff3772. (дата обращения 5.02.14).
- [9] UM0919: STM32VLDISCOVERY STM32 value line Discovery. URL: http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/user_manual/CD00267113.pdf. (дата обращения 5.02.14).
- [10] Справка Microsoft Windows. Что произошло с программой HyperTerminal URL: <http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows/what-happened-hyperterminal#1TC=windows-7>. (дата обращения 5.02.14).
- [11] Terminal. Com port development tool. URL: <https://sites.google.com/site/terminalbpp/>. (дата обращения 5.02.14).



Алексей Викторович Ескин - ведущий инженер ООО «КБ Автоматика»,
E-mail: kba-elma@bk.ru



Печников Андрей Львович, вед. инженер ООО «КБ Автоматика». Сфера интересов - разработка специализированной электроники.



Виталий Геннадьевич Трубин, зав. лаб. кафедры Автоматики НГТУ, директор ООО «КБ Автоматика».
E-mail: trubin@ngs.ru

The Use of Platform STM32VLDISCOVERY for Making of Simple Data Acquisition System

A.V. ESKIN, A.L. PECHNIKOV, V.G. TRUBIN

Abstract: In order to apply an effective control algorithm of the automatic control system, it is important to study the properties of the control object to design the whole system. This problem is

usually solved by data acquisition system (DAS), which are often implemented on circuit boards in the body of a personal computer or as a separate device. The cost of these boards is rather high and sometimes use of them is unnecessarily for control of simple objects. The paper proposes a solution of this problem with takes less time and less material resources. This is true for systems with a small number of controlled values (not more then 12), and with a slow variation of the useful signal (1 kHz). This decision will be useful at the stage of prototyping devices with digital control, where it is required the possibility of sensor readings from time to time in text format for further processing (for egxample, for curves plotting in Excel).

Key words: data acquisition system, ADC, computer, measurement, microcontroller, microprocessor.

**V. Популярные статьи.
Введение в специальность.**

Содержание раздела:

- В.А. Жмудь. Отличие фундаментальной метрологии от классической. Автоматика и программная инженерия. 2014. N 4(10). С. 76–80. ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия).
- В.А. Жмудь. Связь уравнений Томаса-Ферми и Риккати. Автоматика и программная инженерия 2014. №4 (10). С. 81–84. ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия).

Отличие фундаментальной метрологии от классической

В.А. Жмудь. ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия)

Abstract: В статье даны основные термины фундаментальной метрологии и отличие ее от классической метрологии. Статья предназначена абитуриентам и студентам младших курсов.

Ключевые слова: Фундаментальная метрология, классическая метрология, измерения, точность, ошибка, прецизионные измерения

ВВЕДЕНИЕ

Метрология – это наука об измерениях.

Задача классической метрологии состоит, как считается в измерении различных физических величин.

Следует помнить, что методов прямых измерений не существует, за редчайшим исключением. Под прямым измерением можно понимать такое действие, которое позволяет непосредственно получить значение искомой величины, без сравнения с эталоном и без необходимых вычислений. Можно привести пример прямого измерения: подсчет целого количества предметов.

Например, если производить подсчет монет по количеству, это можно в какой-то степени считать «прямым измерением», но это не имеет отношения к метрологии.

Подсчет суммы денег, образуемой монетами различных достоинств, уже не будет «прямым измерением», поскольку следует подсчитать отдельно монеты различных достоинств, потом эти количества умножить на достоинства монет, полученные произведения сложить. Тем самым после необходимых «экспериментальных» действий следует осуществить еще и «аналитические» действия, то есть расчеты.

Некоторые исследователи ошибочно относят, например, измерения частоты к прямым измерениям. Тому имеются основания, но, увы, ошибочные. Действительно, если частотой называют количество импульсов за единицу интервала времени, то измерение частоты является прямым подсчетом количества импульсов, которые попали в измерительный интервал, равный единичному интервалу времени. Таким интервалом может быть, например, одна секунда, тысяча секунд и так далее. Количество импульсов даст непосредственно значение частоты, выраженное в Герцах, килогерцах и так далее.

Все же такой метод измерения также не является прямым. В действительности

осуществляется измерение соотношения между измеряемой частотой и частотой некоторого эталона. Действительно, для того, чтобы задать интервал времени, на протяжении которого осуществляется подсчет количества импульсов измеряемой частоты, требуется некоторая эталонная (образцовая) частота. Как правило, это – высокочастотный высокостабильный генератор, с выхода которого импульсы поступают на счетчик – делитель частоты. Например, если используется генератор частоты 10 МГц, для получения интервала длительностью 1 с, требуется разделить эту частоту на 10 000 000. Если генератор формирует частоту с погрешностью, то и измерительный интервал будет сформирован с погрешностью, поэтому приходится согласиться, что частотомер этого типа также не измеряет частоту непосредственно, а осуществляет сравнение измеряемой частоты с эталонной частотой, то есть отыскивает коэффициент пропорциональности измеряемой величины к эталонной величине, или обратный коэффициент.

Косвенным измерением называют измерение тех величин, которые не представляют непосредственного интереса, но позволяют вычислить интересующие величины.

Пример 1. Пусть интерес представляет сила взаимодействия двух тел. К одному из тел можно прикрепить прибор для измерения силы, основанный на законе Гука. По растяжению пружины можно определить силу. На приборе может иметься шкала, прокалиброванная непосредственно в единицах силы. Поэтому у исследователя, использующего данный прибор, может создаться впечатление, что измеряется непосредственно сила. Однако все же измеряется величина растяжения пружины в сравнении с имеющейся шкалой. Сила определяется по этому растяжению, поэтому прибор предварительно следует калибровать, или технология производства пружины такова, что коэффициент растяжения известен заранее с погрешностью в пределах допустимой величины.

Пример 2. Пусть интерес представляет сила взаимодействия двух частиц. Можно зафиксировать траекторию частицы, из которой можно вычислить скорость и ускорение, а из ускорения вычислить силу, зная массу. Отметим, что на каждой операции вычисления могут вноситься математические погрешности. Также могут вноситься погрешности метода.

Кроме того, могут приноситься ошибки концептуальные, которые являются наиболее проблемными. К этому вопросу мы вернемся ниже.

1. КЛАССИЧЕСКАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Метрология основана на следующих основных задачах:

1. Формирование эталонов основных физических единиц: времени, длины, массы, и так далее.

2. Создание и аттестация вторичных эталонов этих физических единиц.

3. Разработка, исследование и внедрение методов измерения, которое состоит в сопоставлении измеряемой физической величины с эталоном, результатом которого является получение численной меры соотношения измеряемой величины к эталону.

4. Измерение погрешностей воспроизводства эталонов.

5. Измерение погрешности метода измерения (изучение ошибок сопоставления физических величин и их эталонов)

6. Формирование правил учета всех компонент погрешности в вычислении погрешности результата измерения.

7. Разработка, апробация и верификация методов измерения вторичных величин, являющихся результатом вычисления из величин, получаемых непосредственными измерениями.

Можно отдельно выделить задачу формирования первичного эталона и метода его аттестации и все остальные.

Первую группу задач отнесем к фундаментальной метрологии, остальные – к классической метрологии. Первая задача – строго научная, остальные задачи – научно-технические или даже просто технические, инженерные.

Возможность создания первичного эталона, методы его аттестации и погрешность формируемой эталонной величины не исследуется в классической метрологии. Этими вопросами занимается фундаментальная метрология.

Классическая метрология определяет погрешности, вносимые всеми факторами, действующими в процедуре измерения. Она разделяет статистические погрешности и максимальные. Статистическая погрешность – это ожидаемая «в среднем» погрешность измерения, которая возникнет, если все факторы будут действовать независимо, и не в одну и ту же сторону. Максимальная погрешность вычисляется в предположении, что все факторы, вызывающие погрешность, действуют в одном и том же направлении, например, каждый из них приводит к занижению результата на максимально возможную величину при самых неблагоприятных сочетаниях их действия.

2. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Основная задача фундаментальной метрологии может быть сформулирована следующим образом: Требуется оценить погрешность формирования заданных эталонных величин в условиях отсутствия более точных эталонов (стандартов) данных величин. Иными словами, стоит задача аттестации первичных эталонов.

Также к задаче фундаментальной метрологии относится исследование методов сопоставления вторичных стандартов с этим первичным стандартом [1, 2].

Следует различать применяемые для описания свойств первичного стандарта численные характеристики.

Погрешность – отличие формируемой величины от истинного ее значения. Эту величину невозможно измерить никакими способами, поскольку первичный эталон – это наилучшая мера интересующей величины, все другие методы и средства измерения только хуже этого устройства. Погрешность можно лишь оценить теоретически или исследовать статистически в рамках некоторых гипотез. Погрешность может быть абсолютная или относительная. **Абсолютная погрешность** измеряется в единицах измеряемой величины, **относительная погрешность** равна отношению абсолютной погрешности к самой измеряемой величине (если эта величина не нулевая).

Нестабильность – величина отклонения формируемого значения от своего глобального среднего. Поскольку измерить глобальное среднее также не просто, эту величину также не просто измерить. Практикуют измерения нестабильности за различные интервалы времени, например, за 100, 1000, 10 000 секунд и так далее.

Невоспроизводимость – величина отличия сформированного значения эталонной величины от случая к случаю, от включения к включению. Эту величину также измерить достаточно не просто, но можно ее оценить по величине нестабильности в предположении выполнения некоторых гипотез, например, гипотезы эргодичности, что означает, что осреднение по множеству устройств статистически эквивалентно осреднению по времени сигнала от единственного устройства. Оснований для того, чтобы считать гипотезу эргодичности верной, как правило, не достаточно, но приходится ее принимать за отсутствием лучших подходов к этой проблеме.

Точность – величина, обратная относительной погрешности. Иногда ошибочно отождествляют погрешность и точность, например, утверждая: «Точность составляет десять в минус четырнадцатой степени». Такое определение ошибочно. Следует говорить либо

«Относительная погрешность составляет десять в минус четырнадцатой степени», либо «Точность составляет десять в четырнадцатой степени». Только при такой терминологии «повышение точности» будет соответствовать тому смыслу, который вкладывается в эту формулировку авторами.

Стабильность – аналогично точности, величина, обратно пропорциональная относительной нестабильности.

Воспроизводимость – аналогично величина, обратно пропорциональная относительной невоспроизводимости.

3. ПРИМЕНЯЕМЫЙ МЕТОД АТТЕСТАЦИИ ПЕРВИЧНЫХ ЭТАЛОНОВ

Традиционно для аттестации первичных эталонов рассматривается задача взаимной поверки большого количества идентичных эталонов, называемого в теории вероятности «ансамблем» идентичных устройств.

Решение этой задачи опирается на тот факт, что измерение разницы формируемых эталонами величин может быть сделано с достаточной точностью, за счет того, что в измерительных системах присутствует ограниченная снизу относительная погрешность, а не абсолютная.

Пример 3. Лазерные частотные эталоны формируют сигнал порядка $F_L = 10^{14}$ Гц. Для измерения этой величины с погрешностью не более $\Delta F = 1$ Гц требуется устройство, у которого погрешность была бы не больше. Это соответствует относительной погрешности (то есть отношению абсолютной погрешности к измеряемой величине) порядка $\delta F = \Delta F / F_L = 10^{-14}$. Если указанный эталон является наилучшим на данном этапе развития техники, то не может существовать измерителей частоты с такой погрешностью. Имеется возможность сформировать разностную частоту. Допустим, ее значение должно быть также на уровне $\Delta F = 1$ Гц. Измерять частоту 1 Гц с погрешностью 1 Гц не проблема. Однако в этом случае важно знать знак этой частоты, то есть следует знать, какой из двух сравниваемых стандартов частоты формирует частоту большую, чем другой. Более простое решение будет в случае, если мы можем перенести эту разностную частоту на некоторую несущую частоту, которая наиболее удобна для измерений. Это может быть любая частота в диапазоне от 1 КГц до 100 МГц, поскольку измерения частот в этом диапазоне осуществляются наиболее простым путем. Например, эта частота равна $F_0 = 1$ МГц. Измерение такой частоты с погрешностью $\Delta F = 1$ Гц уже не представляет никакой проблемы. Относительная погрешность для такого измерения составляет всего лишь $\delta F = \Delta F / F_0 = 10^{-6}$. Имеются частотомеры, погрешность которых существенно ниже.

Таким образом, задача измерения разницы формируемых двумя эталонами величин может быть решена, если возможно выполнение следующих шагов: а) формирование разностной частоты с одновременным добавлением несущей частоты, результат которого характеризовался бы погрешностью, как минимум, на порядок меньше, чем требуемая погрешность измерения; б) измерение результата с погрешностью, не превышающей требуемый максимум. Эти условия выполняются, поэтому измерение разностной частоты двух частотных эталонов в целом обеспечивается с приемлемой точностью в требуемом частотном диапазоне. Некоторые детали этих измерений требуют дальнейших научных исследований. Это относится к статистике этих разностных частот при осреднении за различные временные интервалы, от минимальных (0,001 с и менее) до максимальных (1000 с и более).

4. О КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ОШИБКАХ

Концептуальные ошибки – это ошибки, которые вносит концепция (теория) измерения. Бывает, что авторы, чрезвычайно тщательно анализирующие все методические и инструментальные источники ошибки, не замечают концептуальной ошибки.

По некоторым вопросам можно утверждать, что наука до сих пор не имеет достаточных оснований для того, чтобы сделать однозначный выбор в пользу той или иной теории (точнее сказать «гипотезы»), а без этого концептуальные ошибки неизбежны.

Пример 4. Можно лазерными методами измерять изменения длины двух плеч интерферометра, и обратить внимание на то, что в результатах измерения присутствует колебания с суточным периодом и с полусуточным периодом [3]. Естественно предположить, что эти колебания вызваны периодическими изменениями ориентации Земли относительно Солнца. Однако следует учесть, что могут также действовать и другие факторы. Например, установка для измерений питается от электросети, которая питает также находящийся неподалеку поселок. Потребление электроэнергии жителями также имеет суточные колебания: в темное время суток она потребляется для освещения, ночью оно резко снижается, также во время приготовления пищи потребление возрастает. Эти периодические изменения нагрузки строго связаны со временем суток. Если генератор недостаточно мощный, или если подводящие проводники обладают недостаточной электропроводностью, то эти периодические колебания потребления энергии могут повлиять на напряжение питания лазерной системы. В свою очередь изменения напряжения питания лазерной системы может вызвать небольшие колебания частоты

излучения, которые также скажутся на результатах измерений. Поэтому исследователям необходимо тщательно исследовать все возможные причины изменений измеряемых величин. Детальные исследования позволили исключить этот фактор из измерений.

Пример 5. При измерении частоты счетным методом, например, за время, равное 100 с, можно получить только целое количество периодов измеряемой частоты. Отличие на один импульс даст отличие частоты на величину 0,01 Гц. Из этого можно заключить, что результаты измерения будут дискретными с шагом в 0,01 Гц. Это – методическая погрешность, которая не имеет ничего общего с природой измеряемой физической величины. Однако эта дискретность присуща любому частотомеру, который использует этот метод измерения. Поэтому можно ошибочно предположить, что указанная дискретность является неотъемлемым свойством частоты как таковой, то есть предположить, что частота принципиально изменяется дискретно. Если время измерения увеличить в 10 раз, погрешность снизится в 10 раз. И наоборот, если время измерения уменьшить в 10 раз, погрешность возрастет в 10 раз. Тем самым можно указать, что произведение погрешности на время осреднения является константой, то есть можно усмотреть некий «принцип неопределенности» для измерения частоты. На самом деле это может относиться только к методике измерения. При другой методике эта погрешность может существенно снижена. В частности, при использовании тех же измерительных интервалов погрешность может быть снижена в 1000 раз и более [4, 5].

Пример 6. Известно, что траектория заряженных частиц, движущихся с релятивистскими скоростями (то есть со скоростями, соизмеримыми со скоростью света), такова, что если рассчитать ускорение, в нем появляется релятивистский коэффициент. Этот коэффициент принято ставить в знаменатель и относить к массе, а силу взаимодействия принято считать независимой от скорости частицы. В таком предположении масса частицы, скорость которой равна скорости света, равна бесконечности. Но имеет право на существование и другая гипотеза, которая состоит в том, что данный коэффициент следует относить к силе. В этом предположении масса подвижной частицы остается неизменной, а сила ослабляется; в пределе при скорости частицы, равной скорости света, сила электромагнитного взаимодействия падает до нуля. С позиции эксперимента обе гипотезы равноправны [6].

Пример 7. По траектории частицы можно вычислить ее скорость, если знать время существования этой частицы. Если полученная скорость оказывается выше, чем скорость света,

то имеют право на существования две гипотезы. Первая гипотеза, принятая в теории относительности, утверждает, что при движении частицы с релятивистской скоростью время в системе, связанной с этой частицей, замедляется. Из этого может следовать, что при том же самом времени жизни частицы фактическое время ее существования в неподвижной системе отсчета увеличится, поэтому якобы действительная скорость частицы отнюдь не превышает скорость света. Вторая гипотеза, которая теорией относительности отвергается, состоит в том, что данный эксперимент доказывает, что скорость частицы превышает скорость света. Этот эксперимент согласно второй гипотезе опровергает утверждение теории относительности о том, что частица не может двигаться со скоростью большей, чем скорость света. Проблема состоит в том, что никакой эксперимент в классе рассмотренных в этом примере экспериментов не может дать основания в пользу выбора первой или второй гипотезы. Эти обе гипотезы имеют право на существование в классе рассмотренных экспериментов [6].

Таким образом, мы видим, что результат измерения существенно зависит не только от погрешностей первичных эталонов, погрешностей сличения вторичных эталонов с первичными, погрешностей сличения измеряемой величины со вторичными эталонами, погрешностей расчета, но также и от выбранной гипотезы о механизмах исследуемого явления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] В.А.Жмудь. Разработка автоматизированной системы адаптивного управления спектрометром сверхвысокого разрешения и мобильным стандартом частоты на его основе. - Гос. научно-техническая программа «Фундаментальная метрология» - Сб. отчетов за 1996 г. Новосибирск, 1996, с.158-162.
- [2] В.А.Жмудь. Автоматизированные системы управления полупроводниковыми лазерами для прецизионной спектроскопии. - Гос. научно-техническая программа «Фундаментальная метрология» - Сб. отчетов за 1997 г. Новосибирск, 1998, с.173-177.
- [3] Орлов В.А., Фомин Ю.Н., Семибаламут В.М., Терешкин Д.О., Жмудь В.А. Комплекс для измерения сверхмалых приливных деформаций скальных пород на основе He-Ne-лазера. Автоматика и программная инженерия. 2014. № 3 (9). С. 54–65. НГТУ, ИЛФ, Геофизическая служба СО РАН (Новосибирск, Россия).
- [4] Патент РФ N 2210785 (приоритет от 13.07.01.) Цифровой частотомер. В.А. Васильев, В.А. Жмудь, А.М. Гончаренко. Оpubл.: Гос. реестр изобретений РФ. Бюлл. N23, 20.08.03. G01 R25/00, H03 D13/00
- [5] А.М. Гончаренко, В.А. Жмудь. Цифровой частотомер. Патент РФ на изобретение

N2278390. G01R 23/02. Оpubл. Бюлл. N17, от 20.06.06.

E-mail: oao_nips@bk.ru

- [6] В.А. Жмудь. Теорема Котельникова-Найвиста-Шеннона, Принцип Неопределенности и Теория Относительности. Автоматика и программная инженерия 2014. №1 (7). С. 127–136.



Вадим Жмудь – заведующий кафедрой Автоматики в НГТУ, профессор, доктор технических наук, автор 200 научных статей. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника.

The Difference between Basic Metrology and Classical One

VADIM ZHMUD

Abstract: The paper gives the main determinations of basic metrology and its difference from the classical one. The paper is addressed to abiturients and students of the first courses.

Key words: Basic metrology, classical metrology, measurements, accuracy, error, precision measurements

Связь уравнений Томаса-Ферми и Риккати

В.А. Жмудь
ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск

Аннотация: Уравнение Томаса-Ферми [1] разработано для описания электронной структуры системы многих тел. Писатель Леонардо Шаша в [2] описывает поразительный случай с одним из молодых, рано ушедших из жизни физиков-теоретиков Этторе Майорана, учеником Э. Ферми. Этот молодой ученый якобы преобразовал уравнение Томаса-Ферми в уравнение Риккати с целью расчета необходимых коэффициентов таблицы. В статье обсуждается вероятный источник родства этих уравнений.

Ключевые слова: физика, теория автоматизации, обратная связь, энергетические уровни, уравнение Томаса-Ферми, уравнение Риккати, Майорана, Ферми

ВВЕДЕНИЕ

Не только ученых, но и просто любознательных людей всегда завораживают факты гениальных предсказаний, открытий «на кончике пера», отыскания простых решений сложных задач.

Тем более удивительным должен быть случай простого решения задачи, над которой ученые бьются более ста лет, и так и не могут найти красивого, ясного, полностью логически обоснованного и экспериментально доказанного решения задачи. Речь идет о задаче движения электронов в атомах. Это в равной степени относится к отдельным атомам, и к атомам, образующим систему, как в кристаллах твердых тел.

Одно из возможных теоретических решений этой задачи изложено в теории Томаса-Ферми [2]. Эта теория столь сложна, что без владения сложнейшим математическим аппаратом ее можно понять лишь в общих чертах. Расчеты с помощью этой теории также чрезвычайно сложны.

Тем удивительней случай, который описывает Леонардо Шаша: «Ферми тогда работал над статистической моделью, названной позже моделью Томаса-Ферми. Он и Майорана сразу же заговорили о ведшихся в институте исследованиях; Ферми описал модель в общих чертах и показал Майоране выдержки из своих недавних работ на эту тему – в частности, сводную таблицу числовых значений так называемого потенциала Ферми. Майорана выслушал с интересом, кое-что попросил разъяснить и ушел, мыслей и намерений своих никак не обнаружив. На следующий день около полудня он снова явился в институт, прошел прямо в кабинет Ферми и без лишних слов попросил сводку, которую видел накануне всего несколько мгновений. Получив ее, он вынул из кармана листок с аналогичной таблицей, рассчитанной им дома за истекшие сутки; насколько помнит Сегре, нелинейное уравнение второго порядка Томаса-Ферми он преобразовал в уравнение

Риккати, которое затем интегрировал численно. Майорана сличил таблицы, убедился, что они полностью совпадают, и сказал, что сводка Ферми верна...» То есть он пришел проверить не правильность таблицы, рассчитанной им за последние двадцать четыре часа (при том, что часть времени он потратил на сон), а правильность той, на которую у Ферми ушло бог знает сколько дней. К тому же неизвестно, пришла ли ему в голову идея преобразовать уравнение Томаса-Ферми в уравнение Риккати невольно, сама собой, или же ему пришлось еще над этим думать. Во всяком случае, после того, как Ферми выдержал испытание, Майорана перешел на физический факультет» [2].

Есть основания, что родство уравнения Риккати и уравнения Томаса-Ферми должны иметь связь, и эта связь не случайна, а именно: она основана на природе тех явлений, для описания которых используется уравнение Томаса-Ферми.

1. ПРЕДМЕТ, К КОТОРОМУ ОТНОСИТСЯ УРАВНЕНИЕ ТОМАСА-ФЕРМИ

Теория Томаса-Ферми имеет своим предметом движение электронов вокруг атомов. Эта теория относится к классу квантово-механических теорий. Она пытается описать структуру распределения электронов около атома на основе энергетических соображений. В теории используются понятия кинетической и потенциальной энергии электрона, а также полной энергии, равной сумме этих энергий.

Кинетическая энергия определяется скоростью электрона, она равна половине произведения его массы на квадрат скорости.

Потенциальная энергия определяется силой притяжения электрона к ядру или к нескольким ядрам. Наряду с электрическим притяжением имеет место гравитационное притяжение, которым, вероятно, можно пренебречь, хотя этот вопрос остается открытым. Существуют теории, в которых сделаны попытки вывести гравитационное притяжение из электромагнитного взаимодействия, существуют и иные теории, например, пытающиеся осуществить обратный переход. В настоящее время общепринятой теории, которая бы позволяла вывести один из видов указанного взаимодействия из другого, не существует.

Природа любого дифференциального уравнения в физике может быть объяснена через приращения обобщенных координат. Приращения, или вариации, леги в основу математического анализа и теории дифференциальных уравнений.

При этом можно составить картину состояния системы в фиксированный момент, как бы замороженной системы. Далее дается некоторое малое приращение во времени, по которому вычисляется малое приращение всех других параметров движения в системе, которые являются следствием действия сил в исходном состоянии. Далее вычисляется разница между новым состоянием и исходным, что называется «приращением». Это

приращение делится на приращение во времени. Полученное выражение рассматриваем при условии сколь угодно малого уменьшения приращения во времени. То есть выводится математическое выражение для предела отношения приращения исследуемых величин к приращению времени при устремлении приращения времени к нулю.

2. ОДНА ИЗ ФОРМ УРАВНЕНИЯ РИККАТИ И ИСТОЧНИК ЕЕ ПОЯВЛЕНИЯ

Специалистам по автоматическому управлению уравнение Риккати известно из теории линейного оптимального управления [4].

Поскольку не оспаривается, что любое материальное тело (в том числе и электрон) может двигаться лишь с ограниченной скоростью, то и ускорение любого материального тела может быть лишь ограничено по величине. Из этого можно сделать вывод, что если фактическую траекторию электрона можно было бы знать и записать её как функцию времени, то производная этой траектории по времени также должна быть непрерывной, ограниченной по величине. Поэтому достаточно малому приращению времени будет соответствовать также малое приращение скорости и положения электрона. Если от этого приращения времени взять фиксированную долю, то приращение скорости и ускорения можно рассчитать, как такую же долю от ранее вычисленных приращений скорости и ускорения. То есть в первом приближении любое небольшое перемещение электрона может быть описано линейной функцией. Это справедливо лишь для малого приращения времени и это никогда не справедливо для большого приращения времени.

Эту мысль можно распространить на очень многие явления в природе (возможно, что на все). А именно: для многих зависимостей, реализуемых в реальности, можно указать столь малые приращения времени, что эти зависимости можно описывать линейными функциями, и при этом для них же можно указать такие столь большие приращения времени, что эти зависимости уже никак нельзя описывать линейными функциями.

Теория автоматического управления рассматривает функционирование объектов вблизи равновесного состояния, то есть такое, когда отклонения выходной величины от предписанного значения невелики. В этих условиях, как правило, систему также можно считать линейной. Этим объясняется широкое распространение методов анализа линейных систем.

Аппарат анализа линейных систем может быть основан на дифференциальных уравнениях.

Например, уравнение объекта может быть записано в виде:

$$\dot{X} = AX + BU, \quad (1)$$

$$Y = CX. \quad (2)$$

Здесь X – вектор состояния, Y – вектор выходных величин, U – вектор управляющих сигналов, A, B, C – матричные передаточные функции.

Решение задачи управления состоит в отыскании управляющего воздействия U , которое бы обеспечило равенство выходной величины Y вектору предписанных значений V .

Используем символ дифференцирования s , тогда в операторной форме получим:

$$sX = AX + BU. \quad (3)$$

Вычтем из обеих частей уравнения первое слагаемое правой части:

$$sX - AX = BU. \quad (4)$$

Вынесем X за скобки. При этом при s остается множителем единичная матрица I той же размерности, что и матрица A :

$$(sI - A)X = BU. \quad (5)$$

Вычислим из этого уравнения X , подставим в (2):

$$X = (sI - A)^{-1}BU. \quad (6)$$

$$Y = C(sI - A)^{-1}BU. \quad (7)$$

Приравняем Y к V , откуда можно вычислить U :

$$V = C(sI - A)^{-1}BU. \quad (8)$$

Уравнение (8) является одной из форм уравнения Риккати.

Вывод 1. Уравнение Риккати появляется при описании поведения замкнутой динамической системы.

3. ПОЧЕМУ УРАВНЕНИЕ РИККАТИ МОЖЕТ ПОЯВЛЯТЬСЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНА

Теория автоматического управления описывает системы, в которых имеются два обязательных признака:

1. Наличие отрицательной обратной связи.
2. Наличие динамических свойств, то есть зависимость отклика хотя бы одного элемента в контуре от времени.

Посмотрим, имеются ли указанные признаки в системе из электрона и, по меньшей мере, одного центра притяжения (ядра).

Для простоты рассмотрим задачу на плоскости. Пусть в центре системы координат расположено положительно заряженное ядро. Масса ядра в сравнении с массой электрона такова, что изменением положения ядра вследствие движения электрона можно пренебречь.

Пусть электрон движется со скоростью v в направлении, которое не совпадает с направлением на центр ядра, как показано на *Рис. 1*. При этом вектор скорости v и центр ядра лежат в одной плоскости. Проведем из центра ядра ось, обозначим ее ось X . Также из центра ядра проведем ось, ортогональную оси X , и обозначим ее Y . Проекция вектора p из центра ядра к электрону на оси X и Y обозначим, соответственно, x и y . В случае движения электрона эти проекции будут изменяться как функции времени t .

Положение электрона описывается координатами $\{x(t), y(t)\}$. Зададим бесконечно малое приращение времени Δt . Новые координаты равны сумме старого положения и приращения. Приращения равны произведению производных координат на приращение времени.

$$x(t + \Delta t) = x(t) + \dot{x}(t)\Delta t. \quad (9)$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + \dot{y}(t)\Delta t. \quad (10)$$

Начальные значения скорости равны производным от координат, новые значения скорости равны сумме начальных значений и произведению их производных на приращение времени:

$$\dot{x}(t + \Delta t) = \dot{x}(t) + \ddot{x}(t)\Delta t. \quad (11)$$

$$\dot{y}(t + \Delta t) = \dot{y}(t) + \ddot{y}(t)\Delta t. \quad (12)$$

Вторая производная координаты, то есть первая производная скорости – это ускорение, которое равно силе, деленной на массу. В свою очередь сила обратно пропорциональна расстоянию в квадрате:

$$\ddot{x}(t) = \ddot{\rho}(t) \cos \alpha. \quad (13)$$

$$\ddot{y}(t) = \ddot{\rho}(t) \sin \alpha. \quad (14)$$

$$\ddot{\rho}(t) = a(t) = F(t)/m. \quad (15)$$

$$F(t) = \frac{f_0 k(t)}{x^2(t) + y^2(t)}. \quad (16)$$

Здесь f_0 – значение силы на единичном расстоянии при нулевой скорости электрона, $k(t)$ – введенный нами коэффициент, зависящий от скорости электрона [5]. При скорости электрона, равной скорости света C , этот коэффициент обращается в нуль, при нулевой скорости этот коэффициент равен единице:

$$k(t) = \sqrt{1 - \frac{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t)}{C^2}}. \quad (17)$$

Соотношение (17) справедливо лишь на достаточно больших расстояниях между электроном и ядром, так что размерами ядра можно пренебречь. В противном случае следует добавить коэффициент, уменьшающийся от единицы до нуля при уменьшении расстояния между электроном и центром ядра от величины радиуса ядра до нуля.

Очевидно, что уравнения (9) – (17) описывают замкнутый контур влияния величин, входящих в них, то есть координат, скоростей и ускорений. Действительно, координаты зависят от скорости, скорости зависят от ускорений, а ускорения зависят от координат и от скорости. Даже если бы не было зависимости ускорений от скорости (которую некоторые читатели могут оспорить), все равно замкнутый цикл остается.

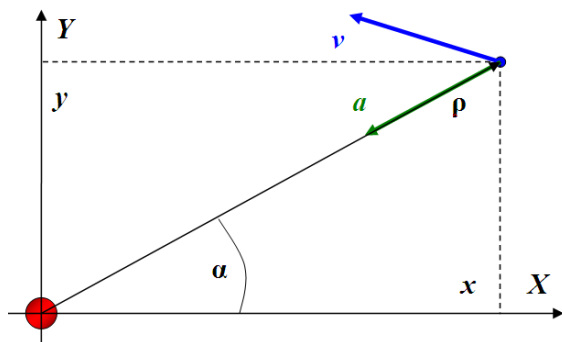


Рис. 1. Простейший пример расположения электрона и ядра, а также направление скорости и ускорения электрона

Вывод 2. Таким образом, можно сделать достаточно обоснованный вывод, что уравнения, описывающие движение электрона даже вблизи одного центра притяжения (ядра), имеют в первом приближении вид уравнений Риккати. Если от этих уравнений перейти к энергетическим соотношениям, они должны быть близки к уравнениям Томаса–Ферми в той мере, в какой эти уравнения в действительности соответствуют истинной природе рассматриваемых движений.

ОБСУЖДЕНИЕ

В теоретической физике зачастую уравнения, описывающие явления, не выводились на основании рассмотрения моделей явлений, а отыскивались на основании требуемых свойств решений этих уравнений.

В частности, известный заранее результат, который состоит в том, что решения уравнений должны быть дискретными, привел к предложению уравнений Шрёдингера. Шрёдингер отыскал требуемый математический аппарат в теоретических исследованиях, используемых в теории автоматического управления. Однако это не натолкнуло исследователей на идею о том, что теория движения электрона около ядра должна строиться с привлечением теории автоматического управления, которая детально исследует поведение замкнутых систем, в которых учитывается запаздывание и прочие динамические особенности элементов.

В данной статье показано, что именно эта теория должна использоваться при решении этих задач.

В теоретической физике, основанной на использовании теории автоматического управления, потенциально содержатся следующие преимущества:

1. Могут быть выявлены и рассчитаны условия, при которых движение отрицательно заряженной частицы около положительно заряженного ядра отличается от известных видов планетарных траекторий. Если набор планетарных траекторий содержит лишь параболу, гиперболу, спираль, эллипс и окружность, то набор траекторий, который может быть обоснован на базе теории автоматического управления, включает автоколебательные циклы, в которых амплитуда и частота колебаний не зависит от начальных условий.

2. Вследствие указанного отличия могут получаться дискретные решения задач вычисления траекторий электронов в атомах [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Указаны весомые основания для взаимосвязи уравнений Риккати с уравнениями Томаса–Ферми. Приведены аргументы для использования теории автоматического управления в развитии теоретической физики в области динамики элементарных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Теория Томаса–Ферми. Википедия. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория Томаса — Ферми](https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_Томаса_—_Ферми)
- [2] Леонардо Шаша. Исчезновение Майораны - <http://coollib.net/b/251730/read>
- [3] Уравнение Риккати. Википедия. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнение Риккати](https://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнение_Риккати)
- [4] Линейные оптимальные системы управления – Х. Квакернаак, Р. [http://www.vuzlib.ru/books/6638-Линейные оптимальные системы управления – Х. Квакернаак, Р](http://www.vuzlib.ru/books/6638-Линейные_оптимальные_системы_управления_—_Х._Квакернаак,_Р)
- [5] V.A. Zhmud, S.V. Bugrov. The modeling of the electron movements inside the atom on the base of the non-quantum physics. Proceedings of the 18th IASTED International Conference “Applied

Simulation and Modeling” (ASM 2009). Sept. 7-9, 2009. Palma de Mallorca, Spain. p.17–23.



Вадим Аркадьевич Жмуд – заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника.
E-mail: oao_nips@bk.ru

many-body systems. Writer Leonardo Sciascia has [2] describes a striking case with one of the young scientists in the field of theoretical physicists, Ettore Majorana, a disciple Enrico Fermi. This yang scientist, who died early, allegedly transformed Eq uation of Thomas-Fermi into Riccati equation to calculate the required coefficients of the table. The article discusses the likely source of kinship of these equations.

Key words: physics, the theory of automation, feedback, enerogetic levels, the Thomas-Fermi equation, Riccati equation, Marjorana, Fermi.

Connection of the Thomas-Fermi and Riccati

V.A. ZHMUD

Abstract. Thomas-Fermi equation [1] is designed to describe the electronic structure of

**VI. Дискуссии. Форум.
К сведению авторов.**

Содержание раздела:

- В.А. Жмудь. 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. ФГБОУ ВПО НГТУ (Новосибирск, Россия).
- Требования к публикациям в научном электронном журнале «Автоматика и программная инженерия» Автоматика и программная инженерия 2014. №4 (10). С. 142–143.

О природе релятивистской концепции поправки к данным от глобальных систем GPS и ГЛОНАСС: взгляд с позиции теории замкнутых систем (автоматики)

В.А. Жмудь
ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск

Аннотация: Статья продолжает дискуссию об использовании релятивистских поправок к обрабатываемым данным от глобальных космических систем, таких как GPS и ГЛОНАСС [1]. Множество отдельных фактов указывают на ошибочность теории относительности. Объединение этих фактов вместе уверенно доказывает абсолютную ошибочность релятивистского подхода к этой проблеме.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, GPS, релятивизм, красное смещение, атом, автоматика

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] установлено, что поправки на основе специальной теории относительности (СТО) к результатам измерений с помощью систем GPS и ГЛОНАСС не требуются. СТО считается доказанной теорией, которую необходимо применять при решении задач в области физики элементарных частиц и в области развития Вселенной. Как это ни парадоксально, эта теория основана на экспериментах, выполненных ни в наноразмерном масштабе, ни в космическом масштабе, а в масштабе лаборатории.

Основной эксперимент, породивший ее, был выполнен в условиях, где разница между классической теорией и СТО пренебрежимо мала (далее мы покажем, что ее результат объясняется просто и без отказа от эфира). Но выводы СТО были распространены на события, которые невозможно исследовать экспериментально с целью принятия решения, справедливы они или нет. Необходим решающий эксперимент для выяснения истинности или ошибочности СТО. Даже некоторые сторонники СТО, такие, как Л. Бриллюэн (*L. Brillouin*), признавали сомнительность некоторых доводов в ее пользу [2].

У нас есть основания для следующих выводов:

1. Основания для СТО ошибочны.
2. Два основных и два дополнительных аргумента в поддержку СТО ошибочны.
3. Существует возможность осуществить

решающий эксперимент, доказывающий или опровергающий СТО окончательно.

4. Как минимум, один эксперимент уже доказал, что СТО ошибочна.

5. Квантовая физика противоречит СТО, следовательно, невозможно, чтобы обе эти теории были справедливыми.

6. Многие физические события необъяснимы при допущении СТО, но они легко могут быть объяснены при отказе от нее.

Далее обсудим аргументы за СТО и против нее.

1. ОСНОВА ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ: ОПЫТ МАЙКЕЛЬСОНА И МОРЛИ

Опыт Майкельсона-Морли (*Michelson–Morley*, далее – опыт Майкельсона) должен был обнаружить «Эфирный ветер», но его ожидаемого влияния не было выявлено [3, p.24–26]. Это послужило причиной для принятия СТО, предложенной А. Эйнштейном (*A. Einstein*). Трактовка результатов этого опыта ошибочна.

Мысленный эксперимент Максвелла (Maxwell). В книге [2] обсуждается мысленный эксперимент Максвелла с целью обнаружения эфирного ветра, предложенный в 1878 г. Максвеллом. Автор рассматривает закрытый вагон, длина которого составляет $2l$, который движется с постоянной скоростью v относительно покоящейся системы отсчета. В покоящейся системе скорость света равна c в любом направлении. В середине вагона помещен источник света. Если скорость света в эфире равна c , то в направлении движения вагона скорость света относительно вагона будет равна $c_1 = c - v$, а в противоположном направлении она будет равна $c_2 = c + v$. Следовательно, свет должен достичь задней стенки вагона раньше, чем передней. Величина запаздывания луча в направлении движения относительно луча в заднем направлении приведена в книге и равна:

$$\Delta t = \frac{2lv}{c^2 - v^2}. \quad (1)$$

Сказано, что по этой задержке может быть

определена скорость вагона по следующему соотношению:

$$v = \frac{c^2 \Delta t}{2l} \quad (2)$$

Этот эксперимент невозможно использовать для данных целей. Измерение одновременности каких-либо событий в удаленных точках невозможно с требуемой точностью. В этом эксперименте следует использовать свет для синхронизации событий (или часов), поскольку не известно других более быстрых средств передачи информации на расстояние. Например, поместим точку измерения в центр вагона. В этом случае время, необходимое пучку света для того, чтобы достичь передней стенки и вернуться назад равно времени, необходимому пучку света для того, чтобы достичь задней стенки и вернуться назад к центру. Оно равно следующей величине:

$$t = \frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v} = \frac{2l}{c(1-v^2/c^2)} \quad (3)$$

Не существует иного способ измерить одновременность этих событий, кроме использования света, но способ с использованием света, как мы видим, также не пригоден для этих целей.

Вывод 1: Интерферометр с равными параллельными плечами, в которых свет движется в направлении движения этого интерферометра и обратно, не позволяет выявить влияние эфирного ветра, если $v \ll c$.

Опыт Майкельсона. В [3, 4] обсуждается опыт Майкельсона (*Michelson*) (ОМ). Трактовка его результата послужила основанием для принятия специальной и общей теории относительности (СТО и ОТО). Этот опыт является *единственным экспериментальным основанием* СТО. В ОМ свет движется в двух ортогональных плечах, как показано на Рис. 1. В соответствии с теорией ОМ, луч 1 проходит свой путь за время t_2 , а луч 2 проходит свой путь за время t_2 :

$$t_2 = \frac{l_2}{c-v} + \frac{l_2}{c+v} = \frac{2l_2}{c(1-v^2/c^2)} \quad (4)$$

$$t_1 = \frac{2l_1}{c\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (5)$$

Эти величины зависят от абсолютной скорости лаборатории относительно гипотетического эфира. Поскольку Земля движется со скоростью $V = 30 \text{ км/с}$, а длина плеч равна $l_1+l_2=10 \text{ м}$, то оценка разницы во времени составляет $\delta t = 3 \cdot 10^{-16} \text{ с}$. Однако важно помнить, что интерферометр измеряет не скорость света, а разность фаз света. Она оценивается по сдвигу интерференционных полос.

Вывод 2: Интерферометр Майкельсона не позволяет выявить изменения скорости света, поскольку он выявляет лишь приращения разности фаз двух пучков света.

Следствие 1: Любое утверждение об изменении или о постоянстве скорости света не следует из опыта Майкельсона.

Следствие 2: Утверждение, что скорость света одинакова во всех направлениях, не следует из опыта Майкельсона.

Следствие 3: Утверждение, что скорость света не зависит от скорости лаборатории относительно гипотетического эфира, не является корректным следствием из Майкельсона.

Альберт Майкельсон ожидал, что движение эфира вызовет сдвиг интерференционных полос, но никакого сдвига не было обнаружено [3, 4]. Этот факт интерпретировался как доказательство отсутствия эфира. Такая гипотеза предполагает, что скорость свет постоянна в любой системе, что абсурдно, поскольку скорость света должна быть конкретной для любой объективной системы и для любого объективного измерения. Эта абсурдная гипотеза принята в СТО (и ОТО), поскольку ее автор настаивал, что это – реальный факт, который доказан многократно многими экспериментами. Но факт состоит в том, что в опыте Майкельсона скорость света не измеряется. А в тех опытах, где скорость света измеряется, она не измеряется с достаточной точностью, чтобы утверждать ее постоянство.

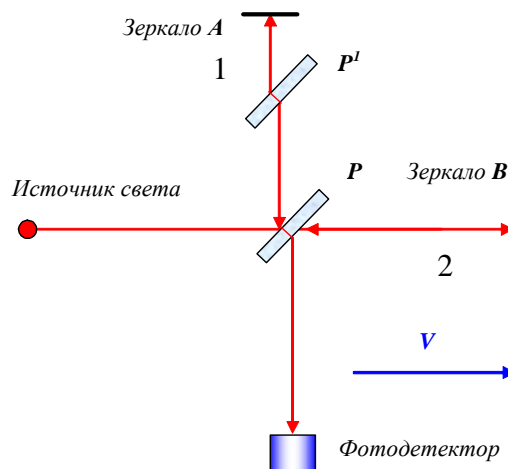


Рис. 1. Установка для опыта Майкельсона [3, 4]: P – стеклянная пластинка

Кроме того, в тех опытах, где измеряется именно скорость света, не исследуется ее зависимость от скорости лаборатории. Все известные эксперименты по измерению скорости света основаны на гипотезе, что скорость света постоянна во всех направлениях. И не имеется никаких экспериментальных доказательств этой гипотезы. Реально измеряется лишь разность фаз на пути в обе стороны. Поэтому если скорость света в прямом и обратном направлениях не совпадает, не известно ни одного опыта, который бы позволил выявить этот факт.

Для объяснения результата ОМ может быть выдвинуто несколько альтернативных гипотез:

1. Эфир движется вместе с телами, такими как Земля. Это – «гипотеза увлечения эфира».
2. Каждое движущееся сквозь эфир тело укорачивается в размерах, и это приращение длины компенсирует влияние «эфирного ветра» на приращение разности фаз. Это – гипотеза Лоренца (*Lorentz*) и Фицджеральда (*Fitzgerald*).
3. Общая скорость света – это векторная сумма скорости света от неподвижного источника и скорости источника. Это – гипотеза Ритца (*Ritz*).
4. Не существует никакого эфира или иной среды, ответственной за распространение света. Это – *гипотеза* Эйнштейна (*Einstein*).
5. Истинные геометрические размеры тела (включая компоненты интерферометра) не инварианты по отношению к скорости этого тела относительно эфира, без такого же утверждения в отношении элементарных частиц (вне какой-либо зависимости от такого утверждения в отношении элементарных частиц). Это – *наша гипотеза*.

Опровержение *первой гипотезы* слабо представлено в литературе. Эта гипотеза едва ли справедлива, поскольку это означало бы, что где-то эфир может накапливаться, а где-то разрежаться. Это противоречит исходной концепции о том, что эфир – это более изначальная субстанция, нежели твердые тела и даже нежели элементарные частицы.

Вторая гипотеза (гипотеза Лоренца) была отвергнута без достаточных аргументов. Эта гипотеза не была отвергнута на основе *научного опровержения*; она была лишь отвергнута как не столь изящное объяснение результата ОМ, как СТО. Сам Лоренц признавал, что СТО – это более «проработанная теория». Это был *субъективный* выбор Лоренца. Тем не менее, *его гипотеза была фактически принята* как следствие СТО [2–5]. Одно из следствий СТО – это утверждение, что длина движущегося тела сокращается относительно этой величины в покоящейся системе, причем именно в соответствии с теми соотношениями, которые выдвигал Лоренц. Следовательно, *гипотеза Лоренца неявным образом полностью принята*. Но если это утверждение справедливо, то нет никакой необходимости ни в каких дополнительных объяснениях результатов ОМ. С принятием гипотезы Лоренца физика могла бы оставить эфир и много иных важных фундаментальных законов, которые были разрушены и упразднены принятием СТО. Но если СТО предполагает такое же сокращение движущихся тел, как предлагает гипотеза Лоренца, тогда СТО – это излишнее добавочное теоретическое построение. Причем, это добавочное построение не имеет под собой никакой экспериментальной основы, поскольку вся экспериментальная основа заканчивается утверждением о сокраще-

нии плеч интерферометра в направлении движения лаборатории. И ничего экспериментального не остается как доказательство (или хотя бы основание) для всех остальных утверждений СТО. Поэтому нет никакой необходимости в принятии СТО. Гипотеза Лоренца достаточна для решения всех «проблем», возникающих вследствие результата ОМ. При этом Лоренц, прежде всего, утверждал, что сокращаются даже элементарные частицы, хотя из опыта Майкельсона это отнюдь не следует, и объяснение результата этого опыта этого не требует.

Третья гипотеза (гипотеза Ритца) была отброшена на основе утверждения, что не существует «мигающих звезд», тогда как из гипотезы Ритца следовало бы, что такие «мигающие звезды» должны существовать как простое следствие, например, поступательного движения звезды относительно Солнечной системы. При этом частота мигания могла бы быть любой – от самой высокой до самой низкой. Тем не менее, сейчас известно, что мигающие звезды найдены, они существуют реально. Они были обнаружены, это – квазары и пульсары. Следовательно, отбрасывание гипотезы Ритца осуществлено без достаточных оснований. Возможно, это ошибка. Современные научные сведения опровергают основания для этого отбрасывания, напротив, они дают доказательства справедливости гипотезы Ритца. (Мы лишь добавим, что она справедлива в отношении фазовой скорости, и что именно фазовая скорость влияет на интерференционные полосы, именно с фазовой скоростью имеет дело опыт Майкельсона).

Четвертая гипотеза (гипотеза Эйнштейна) была принята большинством физиков-теоретиков. Эйнштейновское объяснение опыта Майкельсона – это основа теории относительности. Но эта теория слишком фантастична, *ее ошибочность уже доказана*. Мы покажем это в настоящей статье.

Пятая гипотеза широко не обсуждалась, поскольку и не выдвигалась. Эта гипотеза не требует изменений масштабов элементарных частиц в отличие от гипотезы Лоренца. Данная гипотеза также и не запрещает этого. Этот вопрос просто не лежит в области следствий опыта Майкельсона. Мы покажем, что эта гипотеза не только хорошо обоснована (имеет теоретически обоснованную причину не только как следствие опыта Майкельсона), но любой здравомыслящий физик просто вынужден будет признать, что она должна быть справедливой на основе современных концепций строения любого твердого тела.

2. ПРИЧИНЫ ПРИНЯТИЯ ГИПОТЕЗЫ ЭЙНШТЕЙНА

Л. Бриллюен (*L. Brillouin*) отмечал, что при том, что он считал заключения Эйнштейна справедливыми, все же используемые в них преобразования Лоренца – это только математический аппарат. Они не могут быть обнаружены экспериментально, они не имеют никакого физического смысла [2]. Мы обсудим, почему теория без какого-либо физического смысла стала столь популярной.

Первой причиной этого было *кажущееся отсутствие альтернативных гипотез*. Пятая гипотеза не выдвигалась, гипотеза Ритца была отмечена вследствие отсутствия знаний о мигающих звездах, гипотеза Лоренца показалась безосновательной (несмотря на то, что гипотеза Эйнштейна не имела больше оснований и использовала больше допущений, включая также и допущение Лоренца, но уже как следствие).

Второй причиной была *кажущаяся корректность выводов*. Никто не обнаружил противоречия между фактами, что интерферометр *измеряет разность фаз*, а теория относительности *постулирует инвариантность (постоянство) скорости света*. Никто не выявил то противоречие, что интерферометр работает в воздухе (а его отдельные прозрачные элементы сделаны из стекла), то есть *свет движется в среде*, тогда как теория относительности постулирует *«постоянство скорости света в пустоте»*, то есть в условиях принципиального отсутствия среды. Никто не обнаружил, что *длина интерферометра не является независимой от существенных условий эксперимента*. Эта зависимость существует, причем она не гипотетическая: она является естественным следствием известных физических сведений о природе твердых тел.

Третьей причиной была *кажущаяся корректность в отношении пустоты (вакуума)*. Опыт Майкельсона был поставлен в воздухе, а не в пустоте. Концепция СТО для воздуха не такова же, как для полной пустоты, получившей название «вакуума» с утверждением, что в такой пустоте нет никакой покоящейся светонесущей среды. Никакая теория не утверждает и не может утверждать, что скорость света в воздухе постоянна и не зависит от скорости воздуха относительно источника света. Никакая теория не может этого утверждать, поскольку такое утверждение опровергнуто экспериментально. В соответствии с опытом Физо (*Fizeau*) [3, 6] скорость любой светонесущей среды влияет на скорость света в ней, следовательно, скорость воздуха должна изменять света внутри интерферометра. Кроме того, пластины в интерферометре сделаны из стекла, это далеко не вакуум. Их

движение должно вызывать изменение скорости света внутри них. Теперь ошибочность этой кажущейся корректности полностью доказана.

Четвертой причиной было пренебрежение факта, связанного с тем, что интерферометр Майкельсона не находится в инерциальной системе отсчета, тогда как *специальная* теория относительности имеет дело только с такими системами. То есть теория, построенная на результатах опыта, не применима к условиям этого опыта.

3. ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ОПРОВЕРЖЕНИЕ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Автор получил патент на интерферометр, заполненный светопроводной средой для решающего физического эксперимента, связанного с теорией относительности [7]. Этот интерферометр аналогичен интерферометру Майкельсона, но он заполнен светопроводящей средой. Заполнение может быть полностью или частично, так чтобы в этой среде свет каждого плеча проходил одинаковый путь. В декларации полезности этого устройства сказано, что устройство необходимо для проверки теории относительности, поскольку прогноз результата его использования с позиции первого постулата отличается от прогноза с позиции второго постулата. Если интерферометр, показанный на *Рис. 1*, заполнить средой, прозрачной для света, то мы получим интерферометр, для которого невозможно в полной мере тождественным образом применить постулаты теории относительности таким образом, чтобы не возникло противоречия.

Для начала *временно* согласимся, что на коротких интервалах времени с определенной погрешностью движение Земли можно признать приблизительно равномерным. За время одних суток Земля проходит $1/356$ своей круговой орбиты, которую можно приблизительно считать прямолинейной. То есть на коротких интервалах движение Земли можно считать поступательным. На таком же основании движение лаборатории на поверхности Земли на интервале 10–20 с можно считать примерно поступательным движением. Такое предположение без достаточных оснований принимал Эйнштейн при трактовке опыта Майкельсона с помощью теории относительности, поэтому оно допустимо и для нас при рассмотрении того же эксперимента в тех же условиях.

Устройство расположено в лаборатории. Лаборатория движется совместно с планетой Земля. Поскольку Земля еще и вращается, следовательно, ориентация устройства относительно направления движения Земли изменяется во времени (приблизительно с суточной периодичностью). Следовательно, скорость света в этом интерферометре досто-

верно изменяется, поскольку известно, что она зависит от скорости среды в соответствии с результатами опыта Физо [3, 6].

Если интерферометрическая картина останется такой же, без сдвига, следовательно, вовсе не «отсутствие среды» является причиной этого результата, поскольку среда в данном случае достоверно присутствует. Следовательно, гипотеза Эйнштейна о том, что опыт Майкельсона опровергает наличие светонесущей среды, называемой ранее эфиром, ошибочна. Действительно, СТО утверждает, что скорость света постоянна «в пустоте» во всех направлениях. Также СТО утверждает, что это утверждение следует из результата опыта Майкельсона, поскольку иначе якобы невозможно объяснить этот результат. Если же такой же в точности результат получается при явном наличии среды, в которой достоверно скорость света зависит от скорости этой среды, и скорость среды достоверно изменяется, а положение интерференционных полос не изменяется, то, следовательно, все это теоретическое построение СТО – явная ошибка. Теория относительности будет опровергнута, если интерференционные полосы не будут перемещаться при движении такого интерферометра в различных направлениях. Утверждение о том, что «отсутствие среды» является единственной причиной стабильности интерференционных, полос будет опровергнуто.

«Отсутствие среды» будет недостаточным объяснением этого феномена, если указанный феномен будет иметь место при достоверном наличии среды, то есть без указанного «отсутствия среды».

Следствие 4: Если при движении интерферометра [7] интерференционные полосы в нем не смещаются, следовательно, теория относительности ошибочна.

С другой стороны, в соответствии с другим постулатом теории относительности, никакой эксперимент внутри движущейся лаборатории не может отличить постоянное равномерное движение от полного покоя.

Поэтому если в интерферометре [7] при его движении (равномерном прямолинейном) в различные стороны будет выявлено смещение интерференционных полос, то такое смещение опровергнет второй постулат теории относительности. Действительно, если утверждается, что никакими опытами такое движение выявить нельзя, и при этом эксперимент позволяет выявить такое движение по наличию сдвига полос, следовательно, этот постулат ошибочен.

Следствие 5: Если при движении интерферометра [7] интерференционные полосы в нем смещаются, следовательно, теория относительности ошибочна.

Объединяя Следствие 4 и Следствие 5, получаем Следствие 6.

Следствие 6: Независимо от результатов эксперимента с интерферометром [7], только вследствие возможности его существования, теория относительности ошибочна.

Действительно, поскольку такой интерферометр существует, и он может быть приведен в равномерное прямолинейное движение в различных направлениях, с различной его ориентацией по отношению к таким направлениям, то наличие или отсутствие сдвига интерференционных полос является полным множеством всех возможных результатов эксперимента с таким интерферометром. Не может быть результата, который бы не опровергал либо первый, либо второй постулат СТО. Результат либо опровергнет утверждение об отсутствии светопроводящей среды, либо опровергнет невозможность отличить покоящуюся систему от движущейся равномерно прямолинейно. Наш прогноз состоит в том, что перемещений интерференционных полос не будет, то есть теория относительности ошибочна в том, что отрицает светонесущую среду, которая покоится лишь в одной системе отсчета. На самом деле такая среда имеется, и лишь в системе отсчета, связанной с этой средой, скорость света в вакууме постоянна во всех направлениях.

4. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЯТОЙ ГИПОТЕЗЫ

Известно, что твердые тела имеют протяженность, которая зависит от температуры [8]. Это объясняется теорией о том, что атомы в кристаллической решетке располагаются в соответствии с равновесием действующих на них сил. Эти силы действуют аналогично пружинам, как показано на *Рис. 2*. На атомы действуют силы притяжения. В частности, это силы гравитационного притяжения ядер. Также на атомы действуют силы отталкивания.

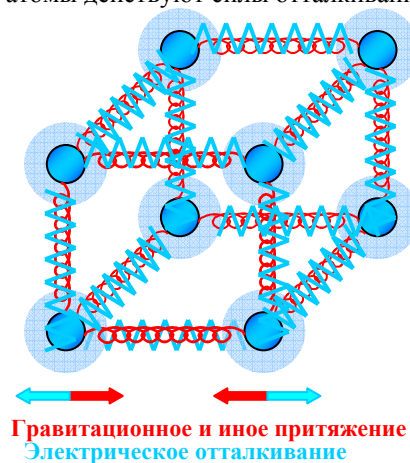


Рис. 2. Аналогия между силами, удерживающими атомы внутри кристаллической решетки на их местах и некоторым подобием пружин

В частности, это силы электрического отталкивания электронных облаков друг от друга. Также могут действовать силы отталкивания электрически заряженных ядер и силы притяжения ядер к электронным облакам соседних атомов.

Размеры твердых физических тел находятся **в прямой зависимости** от взаимодействия атомов. Эти взаимодействия осуществляются **посредством электромагнитных сил** притяжения и отталкивания. А поля этих сил распространяются со скоростью света, поскольку природа света такова же, как природа этих сил, а именно – электромагнитная.

Условия эксперимента изменяются вследствие изменения скорости лаборатории. Эксперимент изучает зависимость результата возможных изменений скорости света, следовательно, исследователи должны были допустить возможность изменения этой скорости. Но в этом случае они должны были допустить и возможность изменения геометрических размеров всех твердых тел как следствие этих изменений скорости света. Это необходимое следствие, поскольку атом состоит из электрических частиц (что было известно во время опыта Майкельсона), и никаких иных причин постоянства размеров атомов и молекул, кроме условий равновесия сил при взаимодействии этих заряженных быть не может. А эти условия должны зависеть от скорости распространения этого взаимодействия. И это взаимодействие именно электромагнитное. Если допустить существенное или даже определяющее влияние сил гравитационного взаимодействия, то логично допустить (или, во всяком случае, нельзя исключить), что на скорость распространения гравитационного влияния среда влияет так же, как на скорость света. Это логично, поскольку эфир может быть той средой, которая поддерживает распространение электрических и гравитационных сил. При этом не требуется, чтобы скорость распространения этих сил совпала (хотя это и не исключается), достаточно лишь одинакового влияния скорости среды на скорость распространения этих сил.

Поэтому **изменения размеров твердых тел при изменении скорости лаборатории следовало допустить изначально**. Следовательно, длину интерферометра нельзя считать инвариантной в опыте Майкельсона. Любое твердое тело – это только система атомов, которые находятся в относительном равновесии под действием суммы всех сил, чье действие распространяется со скоростью света. Если скорость изменяется, то условия равновесия должны соответствующим образом изменяться. Следовательно, равновесие будет восстановлено при иных условиях, при новых расстояниях между атомами (и, при новых размерах атома, так как атом – тоже система из заряженных частиц).

Поэтому мы видим, что четвертая гипотеза (гипотеза Эйнштейна) явно противоречива, следовательно, ошибочна по Следствию 6. При этом пятая гипотеза достоверно справедлива, поскольку основана на физической структуре твердых тел (включая кристаллы).

Наконец, сам Эйнштейн признал, что эфир существует [5, с.682-829] хотя он настаивал, что скорость света в нем – это одна и та же фиксированная величина в любой инерциальной системе отсчета, и она не может быть определена как таковая, безотносительно массивного тела.

Но мы не можем принять такое парадоксальное определение эфира, поскольку мы достоверно знаем, что свет в космическом пространстве распространяется с некоторой конкретной скоростью. И следует отметить предположение, что свет нуждается в некотором массивном теле для того, чтобы распространяться в пространстве. Согласно теории относительности, система отсчета может быть привязана лишь к какому-либо массивному телу. Если тела нет, система не может существовать. А если свет не нуждается в массивном теле, он не может нуждаться и в системе отсчета для своего распространения. Необходимость системы отсчета – это проблема измерения скорости света учеными, но это не проблема света, его физической сущности. Свет не нуждается в системе, он нуждается в среде, в которой он распространяется в виде волны.

Любая система отсчета – это наш **субъективный инструмент** для измерения скорости (положения и так далее). Но свет от звезд – это **объективная реальность**. Он объективно распространяется на протяжении некоторого времени для того, чтобы пройти некоторое расстояние. Объективная реальность не может зависеть от субъективного инструмента. Субъективный инструмент может влиять на результат измерения свойств объективной реальности. Система отсчета может влиять на результат измерения скорости света, поскольку измерение может быть сделано с ошибкой, и ошибка может зависеть от инструментария. Но процесс, который происходит, не зависит от человека, в таком отдалении от человека, что человек не в силах повлиять на этот процесс, не может зависеть от произвольного выбора человека. Звезда могла излучить свет, когда не существовало ни человека, ни Земли, ни Солнца. Этот свет распространяется без какой-либо связи с тем, какую систему отсчета может выбрать человек для измерения скорости этого света. К моменту прибытия этого света на Землю звезда, явившаяся его источником, может перестать существовать. Поэтому нельзя исключить такую ситуацию, при которой Звезда уже перестала существовать, а Земля еще не начала свое существование. В этот период для соответствующей порции света не существует

ни источник этого излучения, ни приемник этого излучения. Но время шло, и свет продолжал свое движение от места зарождения к месту, где он будет зафиксирован. Совершенно очевидно, что для распространения света, ему не нужно длительное существование ни источника, ни приемника. После излучения свет теряет связь со своим источником, до попадания на приемник свет еще не имеет связи со своим приемником. Следовательно, в ходе своего распространения, свет не имеет связи ни с источником, ни с приемником.

По предположению Эйнштейна, если нет системы отсчета, то нет ни времени, ни пространства. Следовательно, при уничтожении источника света, свет, ранее излученный этим источником, не может существовать и не может распространяться, если только не существует иное физическое тело, которое может служить основой для иной системы отсчета. Но требование иного физического тела абсурдно, поскольку оно нужно лишь для привязки координат в пространстве, никакого физического взаимодействия это тело со светом не осуществляет. Классическая физика, основанная на крайне большом количестве экспериментов, утверждает, что если тело не участвует во взаимодействии, оно не влияет на процесс. Взаимодействие и влияние – это синонимы. Никакая система отсчета не взаимодействует со светом, следовательно, она не может влиять на свет. Тело, к которому привязывают данную систему, также чаще всего не взаимодействует со светом, следовательно, и оно не может влиять на процесс распространения света.

Следствие 7: Свет звезд распространяется, не зависимо от наших измерений, от наших возможностей этих измерений и от нашей интерпретации этого явления.

На относительно небольших расстояниях это не столь очевидно, но не в меньшей степени справедливо: свет после излучения теряет связь с источником, и до момента попадания на твердое тело не имеет связи и с ним.

5. СОЗИДАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЯТОЙ ГИПОТЕЗЫ

Таким образом, *результат опыта Майкельсона может быть объяснен с помощью* сформулированной нами *пятой гипотезы. Эта гипотеза допускает эфир как среду, ответственную за распространение электромагнитных полей и колебаний, в частности, света.* Волновая теория полностью достаточна для объяснения всех известных физических явлений со светом, включая эффект Комптона (*Compton*) и другие. Опыт Майкельсона не доказывает равенства скорости света во всех направлениях в вакууме (в пустоте, в эфире). Он доказывает лишь

независимость результата измерения приращения разности фаз в двух плечах от небольшой (в сравнении со скоростью света) скорости лаборатории. Следует учитывать, что сам интерферометр сделан из реальных материалов, а не из идеального «пространства». Эти материалы не являются инвариантными по своим свойствам к движению лаборатории. Размеры интерферометра вполне могут зависеть от движения лаборатории. Из этого не следует делать выводы о сокращении пространства. Пространство – это абстрактная мера расстояний. Пространство не может сокращаться, поскольку любая мера может изменять свои параметры лишь относительно другой меры, но не относительно самой себя. Пространственные размеры фундаментальны, первичны по отношению к любым размерам физических тел.

Точно также время – есть мера скорости процессов и движения, время не может сокращаться или растягиваться, изменять скорость движения процессов могут только физические объекты, но не само время. Ускорение или замедление времени могло бы иметь место лишь в том случае, если бы время было физической реальностью, а не базовым фундаментальным понятием, относительно которого только и можно применять понятие ускорение или замедление.

Вакуум (или в ранней терминологии эфир) обладает многими свойствами: это не просто «пустота», не «отсутствие чего бы то ни было». Пустота не может быть возмущена, следовательно, в пустоте не могут распространяться никакие волны, в том числе электромагнитные.

Вакуум не оказывает никакого сопротивления равномерному прямолинейному движению никакого физического тела. Но он демонстрирует сопротивление его изменениям. Вакуум ответственен за скорость распространения электромагнитных и гравитационных волн (взаимодействия). Заряженные и незаряженные частицы взаимодействуют друг с другом не непосредственно, а посредством своих полей. И эти электромагнитные и гравитационные поля на протяжении некоторого времени распространяют свою энергию вне этих частиц, то есть в пространстве, в вакууме. Эта среда способна передавать энергию, хотя она и впитывает энергию в себя и не излучает энергию из себя. Следовательно, частицы фактически не взаимодействуют между собой, а взаимодействуют только с полем, а поле взаимодействует с частицами. При таком рассмотрении многое объясняется.

В частности, взаимодействия частицы с полем и взаимодействие одной частицы с другой частицей – это фактически один и тот же вид взаимодействия, только во втором случае это – два наложенных друг на друга взаимодействия – первой частицы с полем и полем со

второй частицей (и обратно). Это позволяет понять, почему гравитационная масса равна инерционной массе любого тела (современная теория считает этот факт необъясненным до настоящего времени). Если гравитация реализуется рассматриваемым путем, то сначала одно тело испускает волну взаимодействия в среду (вакуум), затем другое тело притягивается к этой волне. И обратным путем происходит притягивание первого тела ко второму. В этом случае нет причин того, почему бы исходное тело также не взаимодействовало с той волной, которую оно излучило в поле. Вследствие этого тело должно притягиваться к собственному образу, который излучается в вакуум в виде гравитационного поля. Тем самым тело стремится сохранить свое положение в той точке, где оно находится. Поэтому инерционная масса является тем же самым свойством, которым является гравитационная масса тела. А различные виды проявления этих масс, по сути, являются двумя гранями одного и того же процесса – взаимодействия массивного тела с вакуумом (эфиром) и с распространяющимся в нем гравитационным полем. То есть инерция – это «автогравитация». Утверждение, что инерционная масса и гравитационная масса имеют различную физическую природу [3, с.173], ошибочно. Это по сути одно и то же свойство, которое проявляется в различных следствиях.

Вспомним, что свойство инерции является способностью тела не только сохранять свой покой, но и сохранять равномерное прямолинейное движение. Из этого следует, что скорость распространения гравитационных волн подчиняется гипотезе Ритца. Действительно, такое может быть объяснено лишь тем, что при равномерном прямолинейном движении скорость гравитационного поля по направлению движения тела выше, чем в противоположном направлении. Поэтому центр излучения гравитационных волн не остается позади движущегося объекта, а движется вместе с ним. Это утверждение относится к фазовой скорости гравитационных волн, точно так же, как гипотеза Ритца справедлива в отношении фазовой скорости электромагнитных волн.

Аналогично самоиндукция и индукция имеют одну и ту же природу. Самоиндукция – это взаимодействие движущейся заряженной частицы со своим собственным электрическим полем. А традиционная индукция – это взаимодействие поля одной частицы или многих частиц с другой частицей. В обоих случаях, как гравитационное, так и электрическое поле – это средство взаимодействия тел, и оба эти поля распространяются посредством среды, называемой вакуум или «эфир». Это не просто пустое пространство. Эта среда имеет конкретные свойства, такие как скорость распространения в ней гравитационного и электромагнитного полей. Эта скорость имеет конкретное значение

относительно покоящейся среды лишь в одной единственной системе отсчета, фундаментально покоящейся. Покоящиеся в этой системе физические тела, по-видимому, имеют наибольшие геометрические размеры: если такое тело начнет двигаться, его размеры, возможно, изменятся в меньшую сторону, не субъективно, а объективно. То есть размеры тела, будучи измерены в любой системе отсчета, объективно должны дать один и тот же результат измерения. Но метод измерения может породить ошибку измерения.

Мы предлагаем *Таблицу 1*, на которой представлены предлагаемые аналогии гравитационных и электрических полей, а также эффекты от них в различных случаях.

Таблица 1.

Предлагаемые аналогии полей и явлений

| | |
|--------------------------------|--|
| Электростатическое поле | Гравитационное поле |
| Электромагнитные волны | Гравитационные волны |
| Взаимная индукция | Взаимное гравитационное взаимодействие |
| Самоиндукция заряженных частиц | Инерция тел с массой (авто-гравитация) |

Постулаты Эйнштейна препятствуют пониманию некоторых фундаментальных законов природы. Мы уже показали, что без ограничения на скорость элементарных частиц мы можем объяснить мы можем объяснить «необъяснимые феномены» движения электронов внутри атомов. А именно: мы можем объяснить с позиции классической физики, принимая во внимание ограниченную скорость распространения электромагнитного поля, почему орбиты электронов в атомах зависят только от заряда ядра, и не зависят от стартовых условий движения электрона к ядру [9]. Планетарная модель не дает такого объяснения. Также мы можем объяснить, почему эти орбиты стационарны, что такое температура атома (какому движению электронов соответствует повышение температуры атома). Также мы можем объяснить, почему атом в стационарном состоянии может оставаться сколь угодно долго, не излучая никакой энергии, несмотря на то, что электроны в нем движутся с ускорением, а классическая электродинамика утверждает, что при движении заряженной частицы с ускорением она обязательно излучает электромагнитное поле. Также мы можем объяснить, почему орбиты электронов по энергетическим уровням изменяются не плавно, а дискретно, не прибегая к ошибочной гипотезе о том, что энергия как таковая принципиально имеет дискретный характер. Мы можем объяснить, почему каждому виду атома и каждому виду молекулы присущи определенные фиксированные для них спектры излучения, поскольку это – следствие фиксированных энергетических уровней орбит. Фиксированные уровни орбит первичны по отношению к

спектрам излучения атомов, а не наоборот, как принято считать в квантовой физике. Поэтому понятно, что атом может поглотить любое количество энергии из определенного диапазона, а не строго фиксированные значения такой энергии. Если бы квантовая теория была бы справедливой, то все спектры всех атомов строго совпадали бы, излучение происходило бы всегда на одной и той же частоте или на кратной этой частоте, мир не был бы таким многоцветным, каким он является. Каждый атом мог бы излучить лишь целое число квантов и поглотить лишь целое число таких же квантов, не зависимо от заряда его ядра, поскольку величина кванта энергии должна была бы быть универсальной физической константой. Коль скоро в расчет значения величины кванта энергии вводится частота, и коль скоро частота не является дискретной величиной, а может принимать любое значение, следовательно, так называемый квант энергии может принимать произвольное значение. Следовательно, квант не является неотъемлемым свойством энергии как таковой. Величина кванта есть следствие структуры атома, а не наоборот.

Для того, чтобы объяснить, почему электроны, движущиеся с существенным ускорением, не излучают электромагнитной энергии, достаточно допустить возможность их движения со скоростью, превышающей скорость света. В этом случае электрон может догнать и поглотить полностью всю ранее излученную энергию на втором цикле своего движения [9]. Релятивистская физика принципиально не может объяснить, почему движущийся с ускорением электрон не излучает электромагнитной энергии. Но если бы электрон излучал, он бы терял энергию по мере своего существования на орбите. Следовательно, любая орбита постепенно сходилась бы к центру, то есть любой электрон по прошествии некоторого времени обязательно падал бы на ядро. В этом случае он уже не смог бы оторваться от ядра никогда, поскольку сила притяжения обратно пропорциональна расстоянию между заряженными частицами, и при нулевом расстоянии эта сила возрастала бы до бесконечности. Следовательно, любая рекомбинация заряженных частиц была бы окончательна и в этом смысле фатальна. В результате по прошествии некоторого времени все электроны вступили бы в рекомбинацию с положительно заряженными ядрами, в мире перестали бы существовать атомы, а остались бы лишь нейтрально заряженные ядра. Этим ядрам ничто не мешало бы приближаться друг к другу под действием гравитационных сил. Единоразы сблизившись, они также составили бы нерушимую систему, поскольку гравитационные силы также обратно пропорциональны расстоянию между частицами. То есть силы гравитации при сближении нейтральных ядер также достигли бы

предельно больших величин, и препятствовали бы распаду таких сгустков. Этот процесс шел бы лавинообразно с нарастанием, поскольку, чем большая масса сконцентрирована в точке пространства, тем больше сила притяжения со стороны этой массы на все внешние тела. Большие сгустки притягивали бы меньшие, это этого они становились бы больше, их сфера действия расширялась бы, поэтому вся масса Вселенной со временем собралась бы в одной точке, превратившись в одну «Черную дыру», и это было бы концом существования Вселенной.

Но этого не происходит по следующим причинам.

Движение электрона к ядру не является устойчивым процессом. Оно происходит с ускорением. Релятивистская поправка к массе, взятая из эксперимента, ошибочна, хотя эксперимент не ошибочен. С ростом скорости ускорение, получаемое частицей от поля, уменьшается, вовсе не потому, что увеличивается масса частицы. Это происходит потому, что ослабляется сила воздействия на эту частицу этого поля. Это совершенно естественно, поскольку поле распространяется с ограниченной скоростью – со скоростью света.

Поэтому при движении электрона со скоростью света поле ядра перестает его притягивать, далее он движется с постоянной скоростью, равной скорости света. После прохождения ядра электрон начинает тормозиться, поэтому он удаляется от ядра на фиксированное расстояние, которое задается его максимальной потенциальной энергией, а она, в свою очередь, равна кинетической энергии электрона в момент нахождения в центре ядра. Это определяет условия стационарности размера атома. Кинетическая энергия электрона в центре ядра равна $E = mc^2/2$, поэтому потенциальная энергия электрона на максимальном удалении от ядра также должна быть равна этой величине. Никакой зависимости от начальных условий движения здесь быть не может.

Поэтому электрон совершает в атоме автоколебания, то есть колебания, траектория и частота которых зависят лишь от уравнений движения, но не зависят от начальных условий. Эти уравнения движения зависят от скорости света, от массы и заряда электрона, от заряда ядра и от движения остальных электронов вблизи этого ядра, и больше ни от чего.

Существуют стационарные орбиты, на которых электроны могут пребывать сколь угодно долго, не теряя и не получая энергию. Если электрон будет находиться дальше этой орбиты, он займет ее, излучив лишнюю энергию в окружающее пространство – в среду, в эфир, в вакуум (что является синонимами). Если электрон находится ближе, чем следует, к ядру, он приобретет энергию от других частиц посредством среды, эфира, заняв свое стационарное положение. Если электрон на

стационарной орбите приобретет небольшую энергию, он может начать совершать колебания около стационарной орбиты, излучив эту энергию обратно в эфир в виде теплового излучения. Если же вследствие большой доли такой порции внешней энергии электрон перейдет на другую квазистационарную орбиту, то при возвращении на исходную орбиту он излучит фиксированную порцию излучения, которая и задает спектр излучения данного атома. Природа кванта кроется в разнице энергетических уровней стационарных и квазистационарных орбит атома, а не в природе энергии как таковой.

Мы видим, что отказ от теории относительности позволяет по-новому взглянуть на «загадочные» феномены, которые могут стать менее загадочными.

Теория относительности не может объяснить многие явления. По мере появления новых экспериментальных данных эта теория пополняется все новыми и новыми постулатами. Постулаты являются плохим инструментарием теории, их обилие препятствует исследованию природы, пониманию ее процессов. Чем меньше постулатов в теории, тем она лучше. Когда теория не может объяснить явление через аналогию, модель или математический расчет, она вынуждена внести это явление в качестве постулата. Когда мы можем дать объяснение через механизм явления или его модель, потребность в постулатах отпадает. Если же мы имеем две или более альтернативных теории для одного и того же явления, и затрудняемся сделать выбор между ними, необходим критический эксперимент, который бы дал основание для окончательного выбора одной теории из множества гипотез.

6. ДОПУСТИМОСТЬ ПРИРАВНИВАНИЯ ВОЗДУХА И ВАКУУМА

Вся теория относительности основана на допущении, что результат опыта Майкельсона может быть обсужден так, как будто он выполнен в вакууме. Но он выполнялся в среде. Здесь кроется фундаментальная ошибка. Теория декларирует постоянство скорости света в вакууме, независимость именно этой скорости от применяемой системы отсчета. Но невозможно предположить постоянство скорости света в воздухе, ее независимость от системы отсчета. Воздух имеет конкретную скорость. Эта скорость влияет на скорость света, что доказано опытом Физо. Теория относительности постулирует, что «в пустом пространстве» невозможно определить, покоится ли она, или движется. Но этот не справедливо в отношении пространства, заполненного средой, в частности, воздухом. В газе имеются молекулы. Их центр масс покоится лишь в единственной системе отсчета. И он не

покоится ни в одной другой системе. По Эйнштейну в вакууме невозможно указать привилегированную систему отсчета. Но в воздухе выбор такой системы единственен и не сложен. Такая система должна быть привязана к воздуху. Воздух – это среда. Никогда не возникает возможностей предположить покой этой среды в нескольких системах отсчета, движущихся друг относительно друга. Следовательно, в воздухе произвольность выбора невозможна. Эйнштейн необоснованно пренебрегает свойствами воздуха влиять на направление и скорость света. В земных условиях можно назвать множество физических явлений, при которых движение света в существенной мере зависит от воздуха, от его состояния, о его движения, температуры, плотности и так далее.

Коэффициент рефракции воздуха принципиально не равен этому коэффициенту в вакууме. Как бы ни был он близок к нему, их отличие имеет место, оно оказывает большое влияние на многие эффекты.

Скорость света в воздухе близка к скорости света в вакууме, но не равна ей. Легко измеряется зависимость скорости света от частоты. Свет различной частоты движется в воздухе с различной скоростью. Оптические эффекты в атмосфере принципиально недостижимы в вакууме. Из этого следует, что оптические явления в вакууме не могут быть такими же, как в атмосфере.

Если бы свет в атмосфере двигался как в вакууме, многие широко известные явления были бы другими:

1. Небо выглядело бы черным, а не голубым.
2. Солнце выглядело бы белым и в зените, и на рассвете, и на закате. Тогда как в зените оно выглядит желтым, а на рассвете и закате – красным, на море также можно наблюдать зеленый луч после заката основного диска.
3. Не было бы миражей.
4. Тени были бы резкими и черными.
5. Звезды были бы видны не только ночью, но и днем.

Также если бы атмосфера не влияла бы на движение света, астрономические наблюдения были бы иными:

1. Не была бы открыта атмосфера Венеры, которая открыта Ломоносовым именно по изменению пути света от солнечного диска.
2. Не было бы обнаружено отклонение света звезд при прохождении его вблизи Солнца при наблюдении в моменты полного солнечного затмения. Это явление ошибочно получило объяснение так называемыми «гравитационными линзами». Это также связано с тем, что Эйнштейн ошибочно пренебрегал эффектами атмосферы на ход лучей света, не принимал в расчет атмосферу Солнца (или даже не знал о ее существовании).

Вывод 3: Опыт Майкельсона при корректной научной интерпретации не может быть базисом для теории относительности.

7. ОБ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ И НЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ОТСЧЕТА

Вся теория относительности подразделяется на два раздела: специальная (СТО) и общая (ОТО).

Специальная теория относительности имеет дело только с инерциальными системами отсчета.

Общая теория относительности является попыткой расширения трактовок СТО на случай не инерциальных систем отсчета.

Опыт Майкельсона осуществлялся в не инерциальной системе отсчета.

Поэтому опыт Майкельсона в любом случае не может быть основанием (а тем более доказательством) специальной теории относительности, если не «проложен мостик» от СТО к ОТО.

Эйнштейн это, по-видимому, понимал, но не афишировал. Этим можно объяснить его упорные попытки создания ОТО.

Существует достаточно большое количество физиков, которые признают справедливость СТО, но их оптимизм не распространяется на ОТО, то есть ОТО они не признают, либо предпочитают не обсуждать. К таким физикам относился, по-видимому, Бриллюен, если судить по его книге [2].

Но логика любой физической теории состоит в том, что невозможно признать истинность ее для инерциальных систем, не осуществив ее расширения на случай неинерциальных систем отсчета. Это является неизбежным следствием того факта, что *инерциальных систем отсчета в природе не существует*. Поэтому если мы имеем теорию, которая справедлива лишь в отношении инерциальных систем, и которую нельзя расширить на неинерциальные системы, то надо признать, что мы не имеем теории вовсе.

Опыт Майкельсона производился в не инерциальной системе – на Земле, которая задействована во множестве движений, ни одно из которых не является равномерным прямолинейным. Земля совершает вращения около собственной оси, Земля совершает круговые вращения вокруг Солнца, земля вместе с Солнцем совершает обращение вокруг центра Галактики.

Инерциальная система – это такая система, в которой тело в отсутствии внешних сил будет двигаться сколь угодно долго равномерно и прямолинейно.

Инерциальная система может теоретически существовать лишь при отсутствии каких-либо массивных тел. Если поблизости не имеется массивного тела, то возникает вопрос: «С какой

физической реальностью можно увязать эту систему отсчета?» Теория Ньютона увязывала систему координат (а не систему отсчета) с пространством. В этом была своя логика: если мы допускаем, что существует покоящееся пространство, то в нем мы можем поместить покоящуюся систему координат. Все движения тел, а также распространение волн, которые происходят в пространстве, мы можем измерять в отношении к этой системе отсчета, то есть по отношению к этому пространству.

В теории относительности этой возможности нет. Эйнштейн отрицает возможность выделенной системы координат или системы отсчета. Отметим, что современная трактовка теории относительности все равно пришла к необходимости признания такой системы, в которой уравнения движения получаются наиболее простыми, и эта система условно принимается покоящейся, без признания покоящейся системы теория относительности так и не смогла обойтись.

Если, согласно одному из двух важнейших постулатов СТО, невозможно отличить покоящуюся систему от движущейся равномерно прямолинейно, то мы утратили возможность привязки системы координат к пространству как таковому, поскольку силой воображения Эйнштейна таковое пространство, как и среда, из рассмотрения изъяты.

Поэтому далее мы не можем (вслед за Эйнштейном) пользоваться понятием «система координат» применительно к теории относительности. В теории относительности имеется лишь понятие «система отсчета». Эта система характеризуется тем, что она привязана к достаточно массивному телу. Это тело должно быть таким массивным, чтобы перемещением его при взаимодействии с остальными телами этой системы можно было бы пренебречь.

При таком подходе мы сразу же приходим к тому, что рассмотрение любого явления с применением теории относительности не может быть точным по определению. Мы должны найти массивное тело, перемещением которого мы можем пренебречь, но таких тел не может существовать в природе, поскольку все тела, так или иначе, движутся.

Допустим, мы выбираем Солнечную систему, и привязываем систему координат к Солнцу, а именно: помещаем центр системы координат в центре масс Солнца.

Все расстояния мы будем отсчитывать именно от Солнца.

Мы сразу же приходим к нарушению первого закона Ньютона. Действительно, если по первому закону Ньютона действия физических тел друг на друга равны по величине и противоположны по знаку, то вследствие притяжения Солнцем планеты Земля, само Солнце также должно притягиваться к Земле, поэтому оно должно совершать некоторые отклонения от своего

среднего положения. Понятно, что эти отклонения будут пренебрежимо малы, но при рассмотрении явления в системе отсчета мы могли бы вычислить эти отклонения и описать движение Солнца. Наряду с Землей имеются и другие планеты, поэтому центр масс Солнца совершает такие движения, чтобы центр масс всей Солнечной системы оставался в относительном покое. Вот что дало бы рассмотрение этих процессов в системе координат по Ньютону. Но в системе отсчета по Эйнштейну мы обязаны привязать эту систему к центру масс массивного тела, то есть Солнца, поэтому положение Солнца должно оставаться неизменным при всех движениях остальных планет. Следовательно, мы экспериментально получили бы (совершая измерения относительно центра масс Солнца) тот результат, что никакие движения планет не влияют на положение Солнца. Это было бы эквивалентно тому, что в плане инерционности масса Солнца равняется бесконечности, но в плане гравитации масса Солнца не равняется бесконечности, поскольку сила притяжения к нему всех планет ограничена, и ее можно измерить.

Итак, переходя от системы отсчета (связанной с пространством) к системе координат (связанной с массивным телом) мы теряем справедливость первого закона Ньютона и теряем связь между инерционной и гравитационной массы самого массивного тела в системе. Это тело становится особым, оно перестает подчиняться физическим законам. При выборе другого тела мы изменим ситуацию. Но если при рассмотрении солнечной системы выбор почти естественен, то при рассмотрении системы из двух тел соизмеримой массы этот выбор перестает быть естественным. Мы можем привязать систему отсчета к массе первого тела, к массе второго тела или к чему-то еще. Логично было бы, возможно, привязать эту систему к центру масс всех тел в системе, но тогда спрашивается: почему мы не поступаем так при рассмотрении Солнечной системы? Кроме того, Эйнштейн такой рекомендации не дает. Как, например, следует поступать, если масса второго тела на 10%, или на 50% меньше массы первого тела? Следует ли предпочесть центр масс этих тел, или все же выбрать одно тело?

При этом возникает та проблема, что в случае относительного движения этих тел расстояние ними не может быть измерено до тех пор, пока мы не выберем систему отсчета (это по Эйнштейну). А если мы еще не измерили расстояние между телами, то каким образом мы сможем найти центр масс этих тел? В системе, связанной с одним телом, центр масс находится в одной точке, а в системе, связанной с другим телом, этот центр масс будет в другой точке.

Вблизи массивного тела мы имеем два варианта рассмотрения задачи:

1. Либо мы должны привязать систему координат к чему-то, не связанному с этим телом, например, к центру масс всех тел.

2. Либо привязать систему к центру масс наиболее массивного тела.

В первом случае мы не можем этого сделать вследствие невозможности определения этого центра масс до выбора системы координат. Во втором случае наиболее массивного тела может и не оказаться, например, массы тел могут быть соизмеримы. Кроме того, при этом нарушается первый закон Ньютона для выбранного тела.

Обсудим, что такое инерциальная система как таковая.

По определению классической физики, тело может покоиться или двигаться равномерно прямолинейно. В этом определении предполагается, что существует единственная покоящаяся система координат. Далее – безотносительно какого-либо физического тела может быть введено в рассмотрение сколько угодно инерциальных систем координат. Любая система координат, которая движется равномерно прямолинейно относительно покоящейся системы координат, является инерциальной. Кроме того, в качестве следствия можно утверждать, что любая система координат, которая движется равномерно прямолинейно относительно какой-либо инерциальной системы координат, также является инерциальной системой координат. При этом не принимается в расчет никакого массивного тела. Любое тело, массивное или не массивное, движется в соответствии с законами природы, а описание этих законов природы осуществляется с использованием любой системы координат. Системы координат равноправны в том смысле, что все физические законы в них одинаковы. Это не касается скорости распространения поля. Если система отсчета движется, ее геометрические размеры не изменяются. Из этого не следует, что движение физического тела не может приводить к изменению его геометрических размеров. Рассмотренные выше основания могут трактоваться как достаточные для предположения, что размеры тела могут изменяться. Исходя из этого, если мы будем использовать физическое тело в качестве эталона длины, мы можем допустить ошибку измерения, порождаемую изменениями размеров этого физического тела.

Поэтому если для измерения изменяющейся величины (длины волны света) мы используем изменяющуюся же меру (длину плеча интерферометра), и при движении не выявляем разницы между измерениями в движущейся и в покоящейся системе, из этого вовсе не следует, что такой разницы принципиально нет. Невозможность измерить что-либо не доказывает отсутствие этого, это утверждение справедливо к изменениям размеров тел при их движении.

Рассмотрим для иллюстрации два примера.

Пример 1. Допустим, в качестве меры длины мы избрали металлическую линейку. Далее поставим задачу измерения коэффициента теплового расширения какого-либо тела. Для начала измерим длину тела с помощью линейки, после чего нагреем тело и повторим измерения с помощью той же линейки. Линейка нагреется так же, как и тело. Например, линейка изготовлена из инвара, а тело изготовлено из меди. Мы выявим тепловое расширение, поскольку инвар почти не обладает тепловым расширением, а медь обладает. Если мы теперь заходим измерить тепловое расширение инвара, то мы его не обнаружим, поскольку линейка обладает таким же коэффициентом расширения, как и исследуемый объект. При этом мы можем достоверно знать, что инвар также обладает тепловым расширением. Мы знаем это потому, что обладаем более стабильными мерами длины.

Пример 2. Если бы в нашем распоряжении были только медные предметы, и линейка также была бы медной, то в результате измерений мы бы не смогли выявить линейного расширения ни одного предмета, поскольку все предметы обладали бы одинаковым тепловым коэффициентом расширения.

Из Примера 2 мы видим, что может существовать физическая зависимость, которая не может быть выявлена теми видами экспериментов, которые обладают методическими ошибками, приводящими к тому, что исследуемое явление и мера для его исследования изменяются одинаковым образом. При этом из Примера 1 мы видим, что если бы мы располагали более совершенными инструментами, мы могли бы эти зависимости выявить зафиксировать.

Вывод 4. Невозможность выявления какого-либо явления не доказывает отсутствия этого явления. Может существовать класс явлений, который не может быть обнаружен с использованием ограниченного инструментария. Даже если явление принципиально не может быть обнаружено, это не доказывает, что явления нет. Можно теоретически предсказать возможность существования таких явлений.

Вывод 5. Если в известном нам классе экспериментов мы не можем отличить покоящуюся систему от системы, двигающейся равномерно прямолинейно, из этого не следует, что покоящаяся система принципиально отсутствует.

Вывод 6. Если для какой-либо системы координат мы не можем указать, совершает ли она какое-либо движение, или покоится, то в рамках исследуемых явлений мы можем считать ее покоящейся. Как правило, можно построить сколько угодно покоящихся систем, но если одна такая система выбрана, то все остальные покоящиеся системы покоятся относительно этой системы и относительно друг друга. В этом

смысле можно говорить, что с точностью до выбора начала координат и направления ориентации осей, покоящаяся система может быть только одна. Все остальные системы координат совершают, какое-либо движение относительно этой системы координат. Если это движение равномерное прямолинейное, то каждая ось такой движущейся системы остается параллельной самой себе. Каждая точка движется по прямой и за равные отрезки времени проходит равные расстояния. Такая движущаяся система отсчета является инерциальной, как и покоящаяся система.

Пример 3. Поместим в инерциальную систему координат уединенное тело. На это тело не действуют внешние силы. Тело будет сохранять свой покой, если оно покоилось, либо будет сохранять равномерное прямолинейное движение, если оно двигалось равномерно прямолинейно. Если тело вращалось, оно также будет сохранять параметры своего вращения. Если рядом с телом проходит луч света, этот луч распространяется прямолинейно. Скорость распространения этого луча света в вакууме равна фиксированной величине, она равна во всех направлениях только в покоящейся системе, поскольку данный пример рассматривается с позиции классической физики, не релятивистской, и мы говорим о системе координат, а не о системе отсчета. Если тело испускает свет, он распространяется прямолинейно в данной системе координат. Если движущееся тело испускает свет, скорость распространения света должен зависеть лишь от скорости среды в системе координат, но не от скорости движения тела, хотя фазовая скорость зависит именно от скорости тела, что можно показать как следствие доплеровского сдвига частоты при движении источника света.

Итак, в Примере 3 не возникает никаких парадоксов. Уединенное тело может двигаться равномерно прямолинейно или покоиться. Если мы возьмем два тела, то они будут, как минимум, взаимодействовать вследствие гравитационного притяжения. Парадоксов не возникает. Одно тело двигалось бы равномерно прямолинейно. А тот факт, что ни одно из тел не движется равномерно и прямолинейно, легко объясняется тем, что ни одно из этих тел не является телом в отсутствии сторонних сил – на каждое тело действует сторонняя сила.

Пример 4. Рассмотрим систему отсчета по Эйнштейну, привязанную к массивному телу, например, к центру Земли. Рядом с поверхностью Земли никакое тело не будет двигаться равномерно и прямолинейно в отсутствии сторонних сил. В данной системе имеется сила, направленная к центру, это – сила гравитационного притяжения к массивному телу, выбранному для привязки к нему системы отсчета. В этой системе ни одно тело не будет покоиться, предоставленное самому себе. Этому мешает массивное тело. Но системы без такого

массивного тела существовать не может. Тогда спрашивается: как можно получить инерциальную систему отсчета по Эйнштейну?

Пример 5. Пусть мы привязали систему отсчета к Земле. Поскольку Земля вращается, то либо такая система отсчета будет вращаться совместно с телом, либо не будет. Первый случай более естественен, поскольку для второго варианта нужны какие-то внешние объекты, сообщающие нам о том, что Земля вращается, например, звезды. То есть в таком случае одного массивного тела не достаточно для выбора системы отсчета, нужны еще удаленные тела. Покоятся ли они? Можем ли мы знать, что они покоятся? Все ли они покоятся? Вопросов больше чем ответов, решения нет. В исходной покоящейся системе координат из Примера 3 такая новая система отсчета является вращающейся полярной системой. Если из центра этой новой системы испускается малый объект и движется прямолинейно в этой вращающейся системе отсчета, то в исходной системе координат Примера 3 это тело движется по спирали. Наоборот, если в исходной системе координат Примера 3 из центра этого массивного тела движется по прямой малый объект, то во вращающейся системе отсчета (связанной с Землей) такой малый объект будет двигаться по спирали. Ключевой вопрос состоит в том, как будет двигаться свет в каждой из двух рассматриваемых систем. По опыту мы знаем, что не можем своими ощущениями выявить вращение Земли, нам кажется, что поверхность Земли покоится. Поскольку мы не можем выявить этого вращения, мы могли бы привязать бы к Земле систему отсчета, она по нашим ощущениям была бы покоящейся. Коль скоро Земля вращается, то каждая порция света, испускаемая с Земли, должна распространяться прямолинейно не в системе, связанной с Землей, а в системе, связанной с Солнцем. Но если мы считаем Землю покоящейся, то мы должны считать, что свет от Земли распространяется прямолинейно относительно системы координат, привязанной к Земле. Это дает криволинейное распространение в системе, которая была бы привязана не к Земле, а к Солнцу. Аналогично имеет место и искривление пути света от звезд, если мы наблюдаем их из системы, которая на самом деле вращается. Указанные искривления пути света получили название абберации. Для того, чтобы описать причину абберации, мы вынуждены прибегать к рассмотрению покоящейся системы координат. Там самым мы указываем, что существует такая система, в которой абберации не было бы. Следовательно, существует такая система, которая обладает признаками покоя, в сравнении с другими системами, обладающими признаками движения. А именно: система, в которой не был бы абберации, покоится, а система, в которой абберация имеется, не

покоится.

Если две движущиеся друг относительно друга системы на обладают абберацией, это говорит лишь о том, что чувствительности наших приборов не достаточно для того, чтобы отличить движущуюся систему от покоящейся. Но можно исходить из обратного определения. Если одна система движется настолько быстро, что абберация будет достоверно выявлена, мы можем утверждать, что существует система отсчета, которая явно не покоится. То есть если мы и не смогли достоверно выявить покой, то мы смогли достоверно выявить движение. Если и не существует абсолютный покой, то, по крайней мере, существует абсолютное движение, то есть такая система, которая явно не может считаться покоящейся. Поэтому мы могли бы определить покой как такое состояние, которое не позволяет выявить признаки хотя бы какого-либо движения. Именно в такой системе мы можем считать, что свет распространяется во все стороны с одинаковой скоростью и прямолинейно. При таком допущении мы сделали бы наименьшую ошибку из всех возможных. Допущение, что свет движется с одинаковой скоростью во всех других системах в таком случае ошибочно, поскольку ошибка от такого допущения была бы больше, чем указанное допущение.

Мы понимаем, что имеет место движение Солнца внутри галактики, и движение галактики. Но если в рамках наших ограниченных задач в ограниченном времени и пространстве такое движение никак не проявляется, допущение о том, что Солнце совместно со всеми планетами покоится, то есть о том, что центр масс Солнечной системы находится в центре системы координат, могло бы быть наиболее верным.

Пример 6. Рассмотрим спутник на стационарной орбите Земли как условно инерциальную систему отсчета – на малых интервалах времени и в малой области пространства. Гравитационной силой притяжения к спутнику каких-либо предметов можно пренебречь. Рядом со спутником можем поместить какое-либо тело. Если оно движется с той же скоростью, что и спутник, то в системе, связанной со спутником, это тело «покоится». Если мы сообщим этому телу небольшую скорость, то тело будет двигаться с этой скоростью далее, не замедляясь и не ускоряясь. В первом приближении будет казаться, что тело удаляется от спутника по прямой траектории. Если теперь рассмотреть эту ситуацию на большом интервале времени, то выяснится, что траектория этого тела далеко не прямая линия. Если скорость направлена по направлению движения спутника, траектория будет круговой, по прошествии некоторого времени это тело может совершить ровно на один оборот больше и догнать спутник сзади. Если направление движения противоположно, то спутник может

догнать тело. При значительной скорости, тело может со временем удаляться от Земли все дальше и дальше, либо приближаться к Земле все ближе и ближе. В системе, связанной со спутником, это будет далеко не прямолинейное движение. Если же направление приданной скорости не совпадает с направлением движения спутника, движение будет еще более сложным: тело будет двигаться в другой плоскости, например, оно может многократно пересекать орбиту спутника, либо удаляться от Земли, или приближаться к ней, но по траектории, которая будет весьма сложной в системе, связанной со спутником. Итак, мы можем приближенно указать почти инерциальную систему отсчета, которая ведет себя так же как инерциальная система лишь на малых временах и пространствах. Это же справедливо и в отношении системы, связанной с Землей, и в отношении системы, связанной с Солнцем, и так далее – даже в отношении системы, связанной с центром Вселенной.

Пример 7. Рассмотрим систему из Примера 6, но будем ставить опыты не с предметами, а со светом. Включим источник света и направим луч света по ходу спутника. Этот луч будет направлен на некоторую точку к какой-то из звезд. Назовем ее Звезда №1. Даже если бы Земля покоилась, вследствие движения спутника он развернется по отношению к Земле, следовательно, луч света далее будет направлен на другую звезду, и так далее – прочертит какую-то траекторию. После того, как спутник совершит полный оборот, если движением Земли пренебречь в сравнении с движением спутника, можно сказать, что спутник вновь вернется в ту же точку с той же пространственной ориентацией. В этом случае луч света будет вновь направлен на первую Звезду №1, куда он был направлен в момент включения источника света. Можно ли утверждать, что луч света распространяется от спутника прямолинейно? Очевидно, что нет. Следовательно, в указанной почти инерциальной системе свет все же не распространяется прямолинейно.

Пример 8. Перенесемся из космоса на поверхность Земли, в лабораторию. Рассмотрим, в каких условиях осуществлялся опыт Майкельсона. Поскольку лазерных источников в те времена не было, использовался свет от звезды. Звезда как источник света имеет то преимущество, что волновой фронт света с высокой точностью плоский. Но свет от звезды не когерентный. Поэтому интерференция достигается лишь при строго нулевой разности хода. Именно для этого в схеме имеется стеклянная пластинка P^1 , которая вносит в луч 1 такой же сдвиг фазы, который вносит пластинка P в луч 2 (см. Рис. 1). Мы уже знаем, что в системе отсчета, связанной с интерферометром, свет распространяется не прямолинейно, поскольку такая система ничем принципиально

не отличается от рассмотренной выше системы, связанной со спутником. Но при трактовке этого опыта нигде не говорится о том, что свет распространяется не прямолинейно. Мало того: в теории относительности Эйнштейн утверждает, что никакими опытами внутри лаборатории нельзя отличить движущуюся систему от покоящейся. Это утверждение сформулировано на основе только лишь трактовки опыта Майкельсона. Но в опыте Майкельсона не было эксперимента «только внутри лаборатории», поскольку свет брался от далекого внешнего источника. Эта система не была инерциальной, она не была замкнутой, она не была заполнена вакуумом, в ней легко выявлялось движение (хотя бы по наблюдениям положения звезд). Как же получилось, что при рассмотрении опыта с неинерциальной системой делаются выводы в отношении инерциальной системы? Почему при рассмотрении опыта, не ограниченного только размерами лаборатории, делается вывод об опыте только в пределах лаборатории? Почему при измерении приращения разности фаз света делается вывод о постоянстве скорости света во всех направлениях? Почему при рассмотрении вращающейся лаборатории делается вывод о движении света в системе, которая свободна от вращения? Не кроется ли тут еще какой-нибудь глобальной ошибки или нескольких ошибок.

Ответ положительный: такие ошибки еще имеются.

Во-первых, опыты в лаборатории, если не считать истории распространения света от звезды, производятся лишь в ограниченном времени и пространстве. Этот опыт не дает никаких оснований для того, чтобы утверждать, что свет обладает постоянной скоростью на протяжении всего своего пути. Свет, как мы видим, может распространяться от весьма далеких звезд. Не из чего не следует, что свет не теряет своей энергии. Напротив, поскольку он распространяется не в вакууме, а в межзвездном газе, сколь бы он ни был разреженным, газ обладает дисперсией. Следовательно, свет теряет свою энергию. Это должно приводить к снижению частоты. То есть это должно вызывать увеличение длины волны в красную область. Опыт Майкельсона не дает никаких материалов для экспериментальных выводов относительно постоянства скорости света при его распространении на гигантские расстояния за гигантские интервалы времени. Если даже опыт Майкельсона явился, по мнению автора, теории относительности достаточной экспериментальной базой, этот опыт все же может быть признан экспериментальной базой для этого вывода в отношении свойств света. Для такого вывода следовало использовать другие экспериментальные сведения. И они имеются. Эффект Хаббла доказывает, что свет от звезд имеет красное смещение, и это смещение тем выше, чем дальше эти звезды. Следовательно,

теория относительности не вправе утверждать обратного, тем более, что она за экспериментальную основу не брала результаты этого экспериментального наблюдения (эффект Хаббла).

Во-вторых, лаборатория с интерферометром Майкельсона, не двигалась со скоростью, близкой к скорости света, или хотя бы соизмеримой с ней. Поэтому результаты данного эксперимента не дают оснований утверждать что-либо в отношении движения инерциальной системы отсчета со скоростью, соизмеримой со скоростью света. Вполне может оказаться, что эффект, который никак не проявляется при движении со скоростью, равной скорости движения Солнечной системы, может проявиться при движении со скоростью в десятки или в сотни раз большей. Какими бы ни были уравнения, полученные экспериментально в фиксированных условиях, и с какой бы высокой точностью они не подтверждались экспериментально, никогда нельзя быть уверенным, что если величины скоростей в десятки или сотни раз увеличатся, то природа влияния этих скоростей на эффекты проявится более значительно. Например, если имел бы место эффект, пропорциональный релятивистской поправке в четвертой или в восьмой степени, он никак не проявился бы при тех условиях, при которых ставился и ставится опыт Майкельсона.

В частности, можно утверждать, что при малых скоростях интерферометра перемещения интерференционных полос не выявляется. Но из этого далеко не следует, что если интерферометр разогнать до скорости, например, равной половине скорости света, также не будет никакого эффекта. Таких экспериментов никто не ставил, и ставить не может. Возможно, что и для скоростей, равных одной десятой или одной сотой скорости света результаты изменились бы качественно.

Пример 9. Так, например, тепловое расширение жидкостей можно в ограниченных температурных диапазонах описать линейной зависимостью. Этот закон нельзя распространять на весь возможный диапазон температур. Например, вода имеет наивысшую плотность при температуре около -4° , она расширяется и при охлаждении, и при нагревании относительно этой точки. Нелинейных зависимостей в природе множество, и почти все они в малых пределах могут быть приближенно описаны линейными зависимостями. Поэтому недопустимо по экспериментальным сведениям в узком диапазоне величин утверждать, что выявленная зависимость (или выявленное отсутствие зависимости) доказано для всех значений исследуемых величин.

Исходя из гипотезы изменения физических размеров твердых тел вследствие движения этих тел относительно покоящейся системы (и,

следовательно, относительно среды, эфира), можно сделать вывод, что при относительно малых скоростях интерферометра в опыте Майкельсона не будет выявлено перемещений интерференционных полос. Но если интерферометр движется со скоростью света, то свет одного из плеч вообще никогда не достигнет фотоприемника. Поэтому движение объекта со скоростью света должно качественно изменить ситуацию. В случае принятия такой гипотезы ни одно тело не может двигаться со скоростью света, сохраняя свои связи, которые организованы силами, распространяющимися со скоростью света. Это утверждение не является запретом на движение со скоростью света, это всего лишь прогноз, что твердые тела при такой скорости могут не сохранить свою физическую форму. Возможно, что и атомы не смогут сохранить свои электронные облака, но это отнюдь не запрещает движение электронов, ядер атомов и атомов как таковых (с крайне ослабленными связями) участвовать в таком движении. Например, в подвешенном маятнике длина нити определяет расстояние между точкой закрепления маятника и грузом. Но если маятник вместе с опорой, на которую он подвешен, начнет падать с ускорением свободного падения, груз перестанет натягивать нить, нить перестанет определять расстояние между грузом и точкой закрепления. Но это расстояние может остаться почти таким же, сам маятник не перестанет существовать, хотя силы, определяющие его структуру, в рамках этой отдельно рассматриваемой системы перестанут действовать. Точно также атом при движении со скоростью света частично может остаться все тем же атомом, но какие-то связи могут временно перестать действовать, поскольку поля, переносящие эти связи, не будут успевать переносить эти взаимодействия.

8. ТАК НАЗЫВАЕМЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Академик А. Петров в предисловии к книге Бриллюэна [2] указывал, что в отношении общей теории относительности, имеется мнение о том, что это мощное построение основано на таких шатких экспериментальных основаниях, что ее можно было бы назвать Колоссом на глиняных ногах. Фактически только два астрономических наблюдения (смещение перигелия Меркурия и отклонение света вблизи солнечного диска) и наблюдение красного смещения вблизи больших масс (что может быть объяснено без привлечения теории относительности) – этим исчерпывается вся «экспериментальная основа» общей теории относительности. Он же указывал, что нет

никакого экспериментального подтверждения главных постулатов этой теории, которые приравнивают гравитационные поля к искривлениям пространственно-временного континуума; не существует экспериментальных измерений базовых величин этой теории, например, энергии гравитационного поля [2, с. 6].

Итак, утверждается о трех экспериментальных базисах для теории относительности. При этом один из них (красное смещение) таковым не является, поскольку может быть объяснен без теории относительности [2, с. 6]. Некоторые авторы добавляют к этому эксперимент Хевеле-Китинга (*Hafele-Keating*) [10, 11]. Поэтому целесообразно рассмотреть все эти «базисы» детально.

8.1. Красное смещение звездного света

Сдвиг спектра света звезд в красную область не является доказательством теории относительности. Он может быть объяснен классической волновой теорией. Физика, основанная на теории относительности, считает, что скорость света постоянна независимо от времени и расстояния, которое этот свет двигался. Это относится к вакууму. В космосе между звездами отнюдь не вакуум. Каким бы ни был разреженным газ в межзвездном пространстве, он имеется. Каким бы малым ни было влияние этого газа, он влияет. Расстояния, которые проходит свет, астрономически велики. Каким бы малым не был эффект, на таких гигантских расстояниях он накапливается до величины, которая достоверно выявляется при анализе спектра свечения этих звезд. Не по результатам опыта Майкельсона следует делать вывод о скорости света, который прошел гигантские расстояния, а именно по астрономическим наблюдениям. А эти наблюдения доказывают: свет приобретает красное смещение при распространении на астрономические расстояния за астрономически большие интервалы времени. Новая теория могла бы использовать этот факт, и она была бы верной. Теория относительности не использовала этот факт, поэтому ей пришлось искать другие причины для объяснения красного смещения. Эти причины недостоверны и ошибочны: вселенная не может расширяться при отсутствии внешних сил. Тем более она не может расширяться с ускорением. Внешние силы не найдены и не могут быть найдены. Гипотетическая «темная масса» не могла бы служить источником таких сил, даже если бы и существовала, поскольку, как известно из школьного курса физики внутри полого астероида сила гравитации равна нулю. Аналогично, если бы вселенная была окружена темной массой, гравитация от этой массы

уравновесила бы друг друга, и ее результирующее действие было бы равным нулю.

В красном смещении не только нет ничего парадоксального, если его корректно интерпретировать, но было бы парадоксально, если бы красного смещения не было обнаружено. Электромагнитные волны в воздухе затухают, так почему же свет в разреженном воздухе не должен затухать? Затухание волн состоит в потере ими энергии, что порождает увеличение длины волны. Это можно наблюдать на поверхности озера. Этот же эффект наблюдается при изучении спектра звезд. Каждая волна распространяется в среде. Поскольку между звездами имеется не вакуум, а разреженный газ, даже нет необходимости привлечения теории эфира, достаточно признать, что электромагнитное излучение при распространении в среде сопровождается рассеянием, называемым дисперсией. Известно, что солнечный свет в атмосфере Земли вследствие дисперсии распространяется не так, как он распространялся бы при отсутствии атмосферы. Это дает окраску неба. По сути, такое же явление происходит со светом от звезд, только масштаб этого явления иной, поскольку газ намного более разрежен, а источники света гораздо дальше.

Если бы ученые решали вопрос о том, теряет ли свет свою энергию по мере распространения в пространстве, следовало бы проанализировать свет звезд. Выявленное красное смещение дало бы положительный ответ на этот вопрос.

Сам Эйнштейн долгое время не соглашался признать расширение Вселенной. Но, в конце концов, он не устоял, поскольку иначе ему пришлось бы отказаться от теории относительности, чего он сделать не мог.

Вывод 7: Красное смещение не является доказательством теории относительности.

8.2. О так называемых «гравитационных линзах»

В книге Румера с соавторами [3, с. 206-207] сказано, что общая теория относительности ведет к заключению, что свет, проходя вблизи тяжелых масс, отклоняется в гравитационных полях этих тел. При этом общая теория относительности дает несколько иной результат, нежели специальная теория относительности. Отклонение света звезд, проходящих вблизи Солнца на Землю, может быть наблюденно только во время полного солнечного затмения, когда звезды становятся видимыми рядом с тем местом, где находится Солнце. Утверждается, что такие наблюдения вполне согласуются с предсказанным теоретическим результатом в $1,57''$ (угловых секунд). Сам Эйнштейн рассматривал это наблюдение как окончательное экспериментальное доказательство общей теории относительности.

В интерпретации Эйнштейна и других авторов это отклонение приписывается воздействию гравитации на свет. Утверждается, что других причин отклонения света быть не может. При этом полностью игнорируется тот широко известный факт, который можно было бы легко предсказать даже если бы он не был известен, что Солнце окружено вовсе не вакуумом, а плотным газовым образованием – атмосферой Солнца [12–14]. Плотность этой атмосферы определяется гравитацией Солнца, которое на многие порядки выше, чем гравитация Земли. Естественно, что плотность этой атмосферы намного выше плотности Земли. Но даже атмосфера Земли, как мы знаем, действует как линза, что можно наблюдать при рассмотрении размеров Солнца и Луны при их видимом расположении у горизонта. Наличие газовой линзы около Солнца является единственным и достаточным объяснением искривления движения света от звезд к Земле.

Эйнштейн игнорировал или не знал тот факт, что *Солнце не окружено вакуумом*. Один человек, занимающийся решением фундаментальных задач физики, может упустить из виду какой-то важный факт. Но не понятно, почему остальные физики также игнорируют этот факт.

Л. Бриллюэн писал, что теория рассматривает пространство около Солнца как вакуум, хотя наблюдаются большие выбросы вещества из Солнца [2, с.83]. В результате Бриллюэн исключил гравитационные линзы из числа доказательств общей теории относительности. На нынешнем этапе науки астрономией и физикой занимаются одни и те же ученые, эта область исследований относится к так называемой астрофизике. Как астрономы они должны интересоваться сведениями, которые элементарно просто найти в любом справочнике по астрономии (статья «Атмосфера Солнца»). Ни в одном справочнике по физике нет статьи «Атмосфера Солнца», зато есть статьи о гравитационных линзах.

Бриллюэн говорил, что всегда полезно исследовать граничные области D_1 применимости теории T_1 пересекающиеся с граничными областями D_2 применимости теории T_2 . Такие исследования позволяют выявить недостатки каждой из теорий [7, 23]. Не следует бояться пересмотра преобладающей теории. Следует признать, что иногда даже самые маститые ученые ошибаются в самых очевидных фактах и развивают достаточно спорные теории. Даже Эйнштейн ошибочно трактовал Солнце как раскаленный шар, окруженный вакуумом (см. Рис. 4) [3–5]. Это очевидная ошибка, поскольку Солнце окружено газовой сферой – атмосферой Солнца [12–14]. Поэтому физики должны признать, что, как минимум, приводимый аргумент в пользу теории относительности, состоящий в так называемых гравитационных линзах, со всей очевидностью ошибочен. Это явление

объясняется газовой линзой из атмосферы Солнца (см. Рис. 5) [9]. Поэтому утверждение о гипотетических гравитационных линзах, и о том, что только с их помощью можно объяснить наблюдаемое явление, ошибочно.

Можно было бы утверждать, что имеет место оба эффекта, но для этого следовало бы, во-первых, оценить эффект от газовой линзы, во-вторых, вычислить разницу между наблюдаемым эффектом и эффектом от газовой линзы, в-третьих, если бы таковая разница имела место, то именно ее следовало бы сравнить с теоретическим прогнозом теории относительности. Поскольку весь эффект относится именно к действию гравитационной линзы, и поскольку утверждается, что другого объяснения быть не может, это доказывает несостоятельность такой теории.

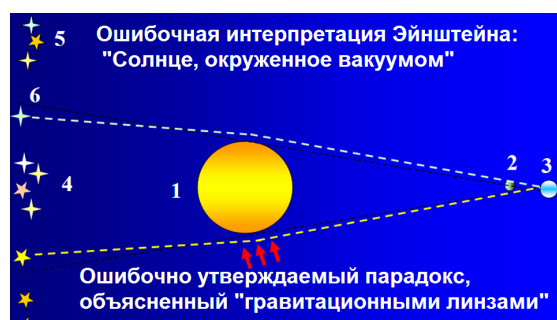


Рис. 4. Ошибочная интерпретация Эйнштейна ситуации с Солнцем, звездами и их светом: 1 – Солнце; 2 – Луна, 3 – Земля; 4 – невидимые звезды; 5 – видимые звезды, 6 – видимая звезда, которая не должна быть видна, если бы не было эффекта линзы

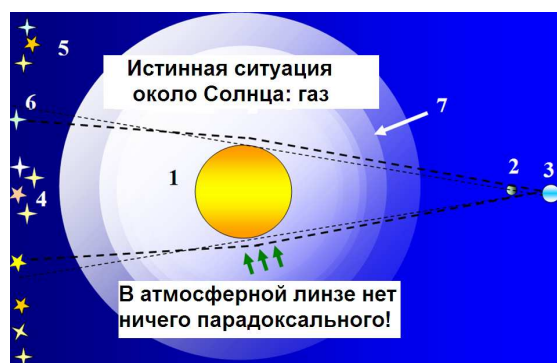


Рис. 5. Скорректированная нами интерпретация феномена с газовой линзой вокруг Солнца, искривляющей путь света от звезд: 1 – 6 – то же, что на Рис. 4; 7 – атмосфера Солнца.

Вывод 8: Отклонение света звезд вблизи Солнца не является доказательством теории относительности.

8.3. Сдвиг перигелия Меркурия

Бриллюэн писал, что согласие с теорией по сдвигу перигелия Меркурия кажется хорошим, но Дик (*Dicke*) показал в работе [15], что это в

значительной степени случайное совпадение [2, с. 83]. Эйнштейн предложил некоторые вычисления этих величин только на основе предположения, что это событие является периодическим. Он был убежден, что его теория может объяснить несоответствие классической теорией и наблюдаемым фактом. Он был уверен, что основа отклонения состоит в несовершенстве классической теории. Но он не предложил никакого логического или математического объяснения, почему теория относительности предсказала бы или позволила бы вычислить это смещение, он просто декларировал, что теория относительности более точна (только по его мнению, разумеется), и поэтому она может помочь справиться с этой проблемой [2]. Он писал, что расчет дает для Меркурия вращение перигелия на $43''$ на столетие, тогда как астроному отмечают $45'' \pm 5''$ как необъяснимая разница между наблюдением и теорией Ньютона. Это по его мнению означает полное согласие с теорией. Далее он писал, что для Земли и Марса астрономы отмечают соответственно, $11''$ и $9''$ на столетие, тогда как его формула дает только $4''$ и $1''$, соответственно. Однако, поскольку эксцентриситет этих орбит мал, данные величины, по его мнению, не достаточно достоверны. Эйнштейн привел некоторую таблицу. Мы повторим ее с добавлением левой колонки (см *Таблицу 2*), где Т – теория, Е – эксперимент, М – статическая ошибка эксперимента, D – разница между теорией и экспериментальным результатом.

Для Земли и Венеры разница между теорией и наблюдением равна ошибке наблюдения, причем для Венеры эта величина составляет 140 % от практического результата или 57,8 % от теоретического результата. Это очень сомнительное «доказательство» теории. Ошибка эксперимента столь высока, как если бы она специально вычислялась до такой величины, чтобы обеспечить согласование с теорией в пределах этой ошибки. Для Меркурия эта ошибка составляет примерно 1 % предсказанной величины, но она при этом в 6,5 раз больше, чем разница между теорией и экспериментом. То есть предсказание для Меркурия отличается на доли процента.

Таблица 2. Сдвиг перигелия: факты и теория

| Планета | Т | Е | М | D |
|----------|-------|-------|------|--------|
| Меркурий | 43.03 | 43.11 | 0.45 | - 0.07 |
| Венера | 8.3 | 3.4 | 4.8 | 4.9 |
| Земля | 3.8 | 5.0 | 1.2 | - 1.2 |

Это не корректный прогноз, поскольку *Эйнштейн заранее знал результат при подготовке теоретического «прогноза»* этого результата. *Этот прогноз также не является*

точным, поскольку он дает чрезвычайно большую ошибку для всех планет, кроме Меркурия.

Кроме того, можно предположить, что теория Ньютона была применена к расчету смещения перигелиев планет не корректно. А именно: при расчете движения всех планет вероятнее всего за систему отсчета берется центр массы Солнца. Корректное применение теории Ньютона предполагало бы, что за центр системы координат следует принять центр масс всей солнечной системы. Хотя масса планет намного меньше, чем масса Солнца, все же она составляет некоторую величину. Если предположить, что центр масс всех тел солнечной системы должен оставаться в одной точке (при этом мы пренебрегаем поступательным движением солнечной системы), то получается, что Солнце совершает некоторые девиации относительно своего равновесного состояния. С другой стороны, на все планеты действует не только сила притяжения со стороны Солнца и ближайших планет, но и со стороны всех планет солнечной системы в целом. Также, возможно, следует учесть движение всей массы астероидов. Также надо учесть конечное время распространения света от этих планет до Земли. По этой причине наблюдаемое положение планет отличается от истинного на величину, равную запаздыванию от поступления света на Землю. Это запаздывание периодически меняется. Корректный учет всех этих обстоятельств, по-видимому, дал бы более точное соответствие реальное положения планет и смещения их перигелиев.

Бриллюен считал, что сдвиг перигелия Меркурия ($34''$ на столетие) был блестящим подтверждением теоретического предсказания $42.6''$; но при этом ссылался на Чазы (*Chazy*) [16], который нашел ряд других примеров в Солнечной системе, где предсказание Эйнштейна противоречит экспериментам. Трудно поверить точности до долей секунды в случае с Меркурием, тогда как в других случаях теория ведет к ошибке даже в знаке величины. Поэтому Бриллюен предлагал быть объективными и признать, что могут существовать другие неизвестные сложные причины этих феноменов. Расчеты Чазы охватывают сдвиг перигелия четырех планет и нескольких спутников, вращающихся вокруг планет, например, Луны. Расчеты довольно сложны, поэтому ошибка как минимум на $5''$ на столетие, очевидно, неизбежна. Теория предсказывает 1/6 часть от истинного смещения перигелия Марса и практически нулевое смещение для Венеры. Бриллюен добавляет к этому, что открытия Дике (*Dicke*) по уточнению свойств Солнца вызывают возмущения, которые достоверно сводят на нет согласия теории и эксперимента для Меркурия. Поэтому Бриллюен не считал, что вопрос подтверждения ТО с помощью предсказаний смещения

перигелия остается открытым [2, с. 131–132]. Академик Петров писал, что наблюдения Дике [15], к результатам которых он сам относился весьма тщательно, могут объяснить максимально 8-20 % сдвига перигелия Меркурия [2]. Но если 8-20 % могут быть объяснены результатами теории Дике, следовательно, только 80-92 % экспериментального наблюдения может интерпретироваться как свидетельство в пользу теории относительности. В *Таблице 3* представлены результаты для Меркурия, где E – это эксперимент, DP – часть результата за счет эффекта Дике: RPT – это оставшаяся часть для теории относительности, Δ – это разница между предсказанием теории относительности (43.03) и оставшейся частью (RPT).

Следовательно, допустимая максимальная величина для теоретического прогноза на основе теории относительности составляет $39.66 + 0.45 = 40.11$. Прогноз составляет 43.03. Следовательно, прогноз лежит вне предела допустимой погрешности. Реальная ошибка лежит в пределах от 3.37 до 8.54, ошибка наблюдения составляет 0.45.

Таблица 3. Уточненный сдвиг: факты и теория

| Случай Дике | E | DP | RPT | Δ |
|-------------|-------|-------|-------|----------|
| Минимум | 43.11 | 3.449 | 39.66 | 3.37 |
| Максимум | 43.11 | 8.622 | 34.49 | 8.54 |

Следствие 7: Соответствие прогноза теории относительности для смещения перигелия Меркурия наиболее точное, но даже оно отличается от эксперимента на величину, превышающую ошибку наблюдения.

Указанная разница лежит в пределах от 748 % до 1897 % ошибки экспериментального наблюдения.

Вывод 8: Релятивистский подход к сдвигу перигелия Меркурия не является доказательством теории относительности. Он не точен и не является прогнозом (а является подстановкой теории под заранее известный результат). Кроме того, он дает приближенно верный результат лишь для того случая, который был выбран как показательный, а для всех остальных планет и спутников точность такого прогноза крайне неудовлетворительна.

8.4. Парадокс близнецов

Теория «Парадокса близнецов».

Эйнштейн ввел в изложение теории относительности множество парадоксов, один из которых известен как «Парадокс близнецов».

Исходное *допущение А* состоит в следующем: С точки зрения наблюдателя в некоторой инерциальной системе (назовем ее первой), время в другой инерциальной системе (второй), которая движется относительно

первой системы, движется более медленно, чем в покоящейся (первой) системе.

Это допущение *симметрично* для всех систем. Это означает *допущение В*: С точки зрения наблюдателя во второй системе, в первой системе время течет более медленно, чем во второй, поскольку теория относительности утверждает, что невозможно отличить подвижную систему от покоящейся. Мало того, она утверждает полную равноправность систем, находящихся в покое или в равномерном прямолинейном движении.

Теория относительности рассматривает ситуацию, в которой предположительно один из близнецов отправится на космическом корабле со скоростью V_1 соизмеримой со скоростью света C (например, $V_1 = 0.1 C$), а второй близнец остается на Земле. Теория утверждает, что с точки зрения второго близнеца, время на космическом корабле течет более медленно. Поэтому предполагается, что с точки зрения второго близнеца, первый близнец будет стариться намного медленнее. Делается **вывод D**, что если первый близнец вернется домой, он будет моложе, чем второй близнец.

Даже если бы *предположение А* было бы справедливым, оно не доказывает **вывода D**, поскольку *предположение А* не содержит утверждения относительно истинного темпа времени на корабле и на Земле. Нет никаких оснований для того, чтобы утверждать, что первый близнец реально будет моложе, чем близнец на Земле. Уж если все инерциальные системы равноправны, то первый близнец окажется более молодым для второго близнеца лишь пока он удаляется от него с указанной скоростью, и при этом второй близнец в такой же точно степени остается более молодым для второго близнеца. В том, что, разлетаясь друг от друга, каждый из близнецов считает, что второй старится медленнее, нет пока никакого парадокса.

Пример 10. Пусть два поезда удаляются друг от друга, каждый из них издает звук собственной тональности. Пассажирам каждого из этих поездов будет казаться, что гудок от другого поезда постепенно становится все тише и тише. Каждый пассажир воспринимает действительность с ошибкой, эта ошибка является следствием метода наблюдения. В этом нет ничего парадоксального. Кроме того, каждому пассажиру будет казаться, что поезд уменьшается в размерах, а тон гудка поезда стал несколько ниже, то есть частота уменьшилась.

Парадоксом было бы утверждение, что когда поезд номер два вернется на исходную платформу, пассажиры, оставшиеся на платформе, увидят, что поезд стал меньше, его гудок стал тише и звук его стал ниже. Из верного в целом утверждения, что при удалении мы воспринимаем объект не таким, делается ошибочный вывод о том, что если поезд вернется, он будет таким, каким мы его

ошибочно воспринимали.

Достаточно вспомнить о том, что при приближении поезд в нашем восприятии будет увеличиваться, звук его гудка будет все громче и громче, а частота его будет выше, чем на самом деле. И, наконец, если поезд вернется на станцию и остановится, то размеры поезда, громкость его гудка и его тон мы будем воспринимать такими же, какими воспринимали эти величины до отхода поезда со станции.

Вернемся к «парадоксу близнецов».

Первое противоречие теории, которая считает, что первый близнец вернется моложе, проявляется в том, что согласно этой же самой теории, первый близнец может утверждать, что оставшийся близнец будет моложе. Действительно, с точки зрения этого близнеца именно второй близнец удалялся от него, а он покоился, поэтому именно второй близнец на Земле должен оказаться моложе.

Второе противоречие этого парадокса состоит в том, что ни ракета, ни близнец, летящий на ракете, не могут быть рассмотрены в Специальной теории относительности, поскольку они должны взлетать с ускорением и садиться с торможением, а специальная теория относительности не имеет дела с системами, движущимися с ускорением. В СТО рассматриваются лишь инерциальные системы отсчета.

Некоторые авторы создают гипотетическую картину с тремя близнецами. Первый находится на Земле. Второй летит издалека с постоянной скоростью, пролетает мимо первого строго в тот момент, когда их возрасты совпадают. Далее он улетает на некоторое большее расстояние. На этом отдалении данный близнец встречает третьего близнеца, который движется к Земле с такой же скоростью. В момент встречи этих близнецов их возраст также совпадает. И вот третий близнец, пролетая мимо Земли, сравнивает свой возраст с тем, который остался на Земле. Разрешив второе противоречие, мы приходим к первому, которые в этом случае проявляется более выпукло. Если три близнеца движутся друг относительно друга равномерно и прямолинейно, каждый должен считать, что находится в неподвижной системе, для каждого из них время, которое проходит в других системах, кажется замедляющимся (с позиции теории относительности). На самом же деле оно должно казаться замедляющимся лишь при удалении наблюдателей, а при их сближении время должно казаться ускоряющимся.

Логично было бы предположить, что если близнец удаляется, то оставшемуся на Земле близнецу будет казаться, что время у него течет медленнее, но когда он будет приближаться, близнецу на Земле будет казаться, что время у него течет быстрее, и, наконец, когда близнец вернется, их возраст будет в точности одинаков.

Рассуждение о замедлении времени базируется на следующих ошибочных

рассуждениях Эйнштейна.

Во-первых, поскольку все инерциальные системы Эйнштейн признал равноправными, то воспринимаемое время событий он приравнял к истинному времени, поскольку он оказался лишенным критерия объективности и истинности. Это – грубейшая принципиальная ошибка. Следовало просто указать на то, что время в любой движущейся системе воспринимается не объективно, с ошибкой. Но факт ошибочности восприятия всяким наблюдателем всякого темпа времени в любой системе, движущейся относительно этого наблюдателя, не лишает физику возможности говорить об объективном времени, объективных величинах. Если физическая величина не может быть измерена точно, из этого отнюдь не следует, что эта величина не может иметь определенного значения.

Пусть ракета движется со скоростью, равной 10 % от скорости света. Пусть каждый час эта ракета отправляет на Землю сигнал «точного бортового времени». Через час после вылета ракета отправит первый такой сигнал. Этот сигнал будет распространяться к Земле со скоростью, в десять раз большей, чем скорость ракеты, поэтому он затратит на это движение лишь 10 % времени, затраченного ракетой. То есть он затратит 6 минут. Следовательно, сигнал о первом часе поступит на Землю не через час, а через 1 час 6 минут. Второй сигнал поступит через 2 часа 12 минут. Третий через 3 часа 18 минут. И так далее. Если мы теперь будем считать, что время за ракете замедлилось на 10 %, и за время, когда на Земле проходит один час, на ракете проходит только 54,5 минуты – мы будем ошибаться. На самом деле время на ракете не замедляется, замедляется лишь наше восприятие времени на ракете. Допустим, ракета летела 10 часов, достигая дальней точки. В этой дальней точке она отправила очередной сигнал, который поступит на Землю лишь через 11 часов с момента запуска. Пусть, достигнув этой точки, ракета остановилась, провела 1 час в точке своей цели, после чего двинулась в обратный путь с той же скоростью. В этом случае сигнал, отправленный через 11 часов от старта, мы получим через 12 часов с момента старта. Но следующий сигнал мы получим не через 13 часов, а через 12 часов 54 минуты, поскольку он будет отправлен от точки, которая отстоит от Земли не на расстоянии «одного светового часа», а на расстоянии 54 световых минут. Следующий сигнал мы получим через 13 часов 48 минут с начала старта, и так далее. Ракета будет летать 21 час, из которых 10 часов удалялась, 1 час покоилась и 10 часов приближалась. Задержки сигналов сначала будут увеличиваться, от 6 минут до часа, затем они будут уменьшаться от часа до 6 минут. За час до прибытия (через 20 часов путешествия) ракета будет находиться на расстоянии, которое свет проходит за 6 минут. Поэтому

предпоследний сигнал будет получен через 20 часов 6 минут после старта. Ровно через 21 час ракета вернется на стартовую площадку и отправит сигнал точного бортового времени, который поступит без задержки, то есть время, прошедшее на ракете, будет восприниматься в точности как время, прошедшее на Земле.

Поэтому в парадоксе близнецов содержится две принципиальные ошибки.

Первая ошибка состоит в том, что воспринимаемое время в подвижной системе не всегда замедляется – оно воспринимается замедляющимся лишь при удалении ракеты. При приближении ракеты время воспринимается ускоряющимся.

Вторая ошибка этого парадокса и теории относительности в целом состоит в том, что воспринимающееся кажущееся время отождествляется с истинным временем, хотя истинным оно далеко не является.

Таким образом, указанный эксперимент, если бы его можно было поставить, не привел бы ни к каким парадоксальным результатам. Ожидание, что возвратившийся близнец будет моложе, чем близнец на Земле, ошибочно вследствие двух грубейших ошибок. Кроме того, это ожидание противоречит постулату теории относительности о том, что никакими экспериментами нельзя отличить неподвижную систему от подвижной. Это действительно так, ведь если бы в неподвижной системе время текло медленнее, а в подвижной – быстрее, то само это отличие могло бы служить признаком неподвижности. То есть можно было бы утверждать, что неподвижной системой является такая система, в которой время течет наиболее быстро. Поскольку этого теория относительности не утверждает, не понятно, почему тогда в выводах Эйнштейна о ситуации с близнецами он забывает об этом, утверждая, что время у неподвижного близнеца будет течь быстрее. Точнее, он утверждает, что время у неподвижного близнеца будет течь обычным образом, а у подвижного – медленнее, но разве это не одно и то же утверждение?

Теория относительности утверждает, что при правильно выбранной скорости путешествующий близнец может оставаться практически в том же возрасте, в котором он отправился в путешествие, тогда как оставшийся близнец станет глубоким стариком.

Этот пример хорошо запоминается вследствие своего «драматизма», поэтому он взят на вооружение многими драматургами-фантастами. К науке он не имеет никакого отношения.

8.5. О парадоксах до Эйнштейна и у него

Если мы получили парадокс, который противоречит нашему здравому смыслу, нам следует признать ошибочность исходных положений или методов рассуждения, которые

привели к парадоксу. Именно для такой цели делается мысленный эксперимент. Именно таким путем Галилей открыл закон одинакового ускорения падения всех тел вблизи поверхности Земли при отсутствии воздуха. Он рассуждал о том, что существует возможность, что увеличение массы увеличивает ускорение падения. Но в этом случае при соединении легкого тела с тяжелым телом мы получим парадокс: легкое тело должно падать медленнее, поэтому при соединении его с тяжелым телом, оно должно тормозить это тяжелое тело. Но при соединении легкого тела в итоге получится еще более тяжелое, а тяжелое должно падать быстрее. Следовательно, присоединение легкого тела к тяжелому телу, должно увеличивать ускорение падения этого тяжелого тела. Мы получили парадокс: присоединение к тяжелому телу более легкого должно одновременно увеличивать и уменьшать ускорение падения тяжелого тела. Одновременно увеличение и уменьшение ускорения не возможно. Следовательно, мы получили противоречие. Следовательно, мы исходили из ложных посылок. Следовательно, посылка о том, что увеличение массы увеличивает ускорение падения тела, ошибочна. Следовательно, ускорение тела не зависит от массы. Так гениально рассуждал Галилей.

Эйнштейн использовал метод мысленного эксперимента, но он его использовал не верно. Получив парадокс, вместо того, чтобы отказаться от хотя бы одной из исходных посылок или от метода рассуждения, он заявлял, что парадокс лишь кажущийся. Он утверждал, что поскольку в исходных посылах сомневаться не приходится, то и выводы верны, а ошибочным оказывается здравый смысл, который не дает нам согласиться с этими выводами.

Этот абсурдный метод (объявлять парадоксы кажущимися) так понравился Эйнштейну, что он буквально наводнил свою теорию многими парадоксами, чем безумней были его некоторые выводы, тем величественнее казалось ему собственная теория. Он почти дословно утверждал, что если здравый смысл противоречит его уравнениям, следует отбросить здравый смысл. Он даже утверждал, что если эксперимент не согласуется с его уравнениями, то тем хуже для эксперимента.

При допущении **B** с одинаковой степенью «обоснованности» можно утверждать, что первый близнец старше второго, и что второй близнец старше первого. Галилей в этом случае сделал бы единственно правильный вывод: следовательно, ни один из близнецов не старше другого, а их возрасты совпадают после путешествия одного из них, как они совпадали до путешествия.

Некоторые ученые, в частности, Фейнман (*Feynman*) пытались использовать факт ускорения и большой гравитации для того,

чтобы исключить произвол в получаемом результате. Но это ошибка. Масса не упоминается в исходной трактовке парадокса близнеца. А равноправие инерциальных систем – принципиальный постулат теории относительности. Парадокс близнецов сформирован в Специальной теории относительности, то есть об ускорении и о влиянии гравитации тут говорить не приходится. Тем более что некоторые авторы вводят третьего близнеца, о чем сказано выше.

Допущение А утверждает только, что время в одной системе с точки зрения наблюдателя другой системы течет быстрее, чем с точки зрения наблюдателя в самой этой системе. Эта ситуация должна быть симметричной. Симметрия законов – одно из требований, которое сам Эйнштейн выдвигал как необходимое. Может быть, близнец на Земле может считать, что близнец на ракете стареет медленнее, но точно то же должен считать и близнец на ракете относительно близнеца на Земле: ему должно казаться, что на Земле время течет медленнее. Если с этим не согласиться, один из двух основных постулатов теории относительности должен быть признан ошибочным. Но с точки зрения непредвзятого физика, который не сбив с толку парадоксами теории относительности, время во всех системах течет одинаково, пространство не искривляется, однако восприятие времени и пространства может искажаться вследствие того, что оно осуществляется посредством взаимодействий, распространяющихся с конечной скоростью. То есть, обо всех процессах все объекты получают информацию с задержкой.

Если изучаемый объект неподвижен относительно наблюдателя, задержка не изменяется, она постоянна. Поэтому имеет место запаздывание сведений, но интервал между событиями воспринимается верно. Если объект удаляется, каждое последующее события воспринимается с большей задержкой, следовательно, кажется, что интервалы между событиями растягиваются. Если объект приближается, задержка уменьшается, кажется, что интервалы между событиями сокращаются.

Следовательно, Эйнштейн не прав, утверждая, что во всех движущихся системах время замедляется. Он не прав дважды: во-первых, время не замедляется, а лишь воспринимается, как замедляющееся; во-вторых, замедление (кажущееся) имеет место лишь при изучении ситуации в удаляющейся системе, а при ее приближении будет иметь место кажущееся ускорение времени.

Дополнительное соображение против идеи парадокса близнецов состоит в том, что если бы он был справедлив, он не обязательно требовал бы гигантских скоростей и гигантских пространств: он обязан был бы существовать (пусть и в малых величинах) для реальных

скоростей и реальных расстояний. Обсудим, в чем бы он должен был проявляться.

Допустим, один из объектов покоится, а другой удаляется от него, а затем возвращается обратно. Предположим, что объект номер два действительно остался моложе, пусть даже на небольшую величину. Следовательно, возраст каждого объекта зависит от того, каким путем он двигался. Вспомним, что любой газ состоит из молекул, которые движутся. Рассмотрим цистерну с воздухом. Цистерна покоится, время ее течет обычно для системы, в которой она покоится. Следовательно, время всего, что в ней находится, также течет обычным образом. Но каждая молекула движется, многократно удаляется от стенок и возвращается к стенке. Следовательно, время в молекулах газа течет медленнее. Получается, что каждая молекула моложе, чем все они в совокупности. И эта разница накапливается во времени. Если газ нагреть, молекулы будут двигаться быстрее. Получается, что время, которое течет для каждой молекулы в отдельности, зависит от температуры этого газа, тогда как время для всего объема газа в целом не зависит от температуры. Точно также электроны в каждом атоме должны быть намного «моложе», чем сам атом, поскольку время в этих электронах течет якобы медленнее. Может ли быть такое: все молекулы в совокупности существуют, например, определенное время, а каждая из молекул этого газа имеет свой возраст, намного меньше, и у каждой молекулы он индивидуальный, поскольку движение каждой молекулы было различным. Мы получили в таком случае вывод, что время – это абсолютно неконкретная величина, зависящая от движения, температуры, выбора системы отсчета и так далее.

Рассмотрим волчок. Ось его находится в одном и том же месте, а края движутся. Следовательно, края волчка моложе его оси (пусть даже на крайне малую величину), хотя он был сделан весь в одно и то же время, и его возраст должен быть одинаков для каждой из его частей.

Очевидно, что если бы Галилей использовал свой метод мысленного эксперимента применительно к парадоксу близнецов, он пришел бы к выводу, что время не может зависеть от скорости системы, и течет в каждой системе одинаково, то есть время инвариантно к любым движениям системы.

Вывод 7: «Парадокс близнецов» - это ошибочное теоретическое построение, фантастика. Если повторить его условия, то прогнозируемого результата не будет. Это – некорректное предсказание теории относительности, противоречащее не только здравому смыслу, но и ее собственному постулату.

8.6. Эксперимент Хавеле и Китинга по

проверке Парадокса близнецов

Опыт Хэфеле (*Hafele*) и Китинга (*Keating*) (далее – ОКХ) часто трактуется как экспериментальное доказательство теории относительности [10–11]. Он был попыткой доказать теорию относительности путем получения результата парадокса близнецов. В октябре 1971 года, *J.C. Hafele* и *Richard E. Keating* взяли четыре комплекта цезиевых атомных часов на борт самолетов и дважды облетели Землю, сначала на запад, затем на восток. После этого они сравнили часы, совершившие путешествие, с оставшимися на Земле часами. Они предположили, что два эффекта окажут влияние на часы. Первый эффект – это упоминаемый теорией относительности эффект парадокса близнецов. Второй связан с влиянием гравитации на часы в соответствии с общей теорией относительности. Полученные результаты были опубликованы [10–11] и они

представлены в *Таблице 4*.

Некоторые авторы считают этот результат экспериментальным доказательством теории относительности [10–11]. Это ошибка. Условия ОКХ кардинально отличаются от условия парадокса близнецов. В парадоксе близнецов движение равномерное прямолинейное; не найдено упоминание об ускорении; движение идет по прямой траектории; скорость летящего близнеца соизмерима со скоростью света. В ОКХ нет инерциальной системы отсчета: Земля далека от такой системы при рассматриваемых условиях. В ОКХ самолет летит по круговой траектории с ускорением. Его скорость намного меньше скорости света. В парадоксе близнецов имеет место лишь кинематический эффект, а в ОКХ обсуждается эффект от гравитации, который, якобы, отличается в случае движения на восток от случая движения на запад.

Таблица 4. Разница показаний путешествующих часов, нс

| | Predicted values | | | Измеренная величина |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|----------|---------------------|
| | Гравитационный вклад по ОТО | Кинематический вклад по СТО | Сумма | |
| На восток | 144 ± 14 | -184 ± 18 | -40 ± 23 | -59 ± 10 |
| На запад | 179 ± 18 | 96 ± 10 | 275 ± 21 | 273 ± 7 |

Причины изменения хода часов могут крыться в тривиальных причинах, в частности, в ускорении, претерпеваемом часами.

Авторы работы [10] уверяют, что релятивистская поправка используется в глобальных спутниковых системах типа GPS и ГЛОНАСС, но это не так. В статье [17], написанной пользователями системы GPS, имеется детальный анализ всех эффектов, которые могут влиять на результат измерения с помощью этой системы. Их вывод состоит в том, что нет никакой необходимости использовать релятивистскую поправку, поскольку она равна ошибке измерения (времени и расстояния). Более того, в этой статье подтверждается, что никакой практический эксперимент, который был бы объявлен как «экспериментальное доказательство теории относительности», не имеет единственной интерпретации на основе этой теории. То есть любой из них может быть объяснен без ее привлечения. Подробно эти данные рассмотрены в приложении.

Вывод 8. Любое достоверное экспериментальное явление может быть объяснено без теории относительности.

ОКХ – это фактически эксперимент по выявлению влияния гравитации, давления, температуры, ускорения, магнитного поля Земли и других факторов (не каждый из которых измерялся и контролировался) на точность хода конкретного вида часов. Если бы использовались песочные часы, или

маятниковые часы, то и те, и другие попросту перестали бы корректно работать, ошибка была бы не на уровне нескольких десятков наносекунд, а могла составлять любую величину. В частности, при движении самолета по параболе в случае, когда уменьшение высоты соответствует движению с ускорением, равным g , гравитация в самолете вовсе перестает действовать. В этом случае песочные часы или маятниковые остановились бы вовсе. Но пружинные часы продолжали бы идти. Это доказывает, что ход часов не следует отождествлять с ходом времени. Не следует исключать, что любой физический или химический процесс может быть ускорен или замедлен, но из этого не следует, что ускоряется или замедляется время, которое измеряется с помощью данного процесса. Можно было бы измерять время по водяным часам. Охлаждение таких часов до отрицательной температуры полностью остановило бы их. Из этого не следует, что время при отрицательной температуре не течет вовсе, как не следует и из предыдущего примера, что время не течет в отсутствии гравитации. Следует отличать влияние каких-либо факторов на ход часов от их влияния на ход времени.

Вывод 9: Опыт Хэфеле и Китинга (*Hafele* и *Keating*) не является экспериментальным доказательством специальной теории относительности.

8.7. Периодическое изменение длительности

лунного месяца

В статье [18] Эйнштейн попытался вычислить периодические изменения лунного месяца. Он писал, что это не объяснимо с позиции классической физики. Он претендовал на то, что отыскал новое экспериментальное доказательство теории относительности. Эта статья демонстрирует «научный» метод Эйнштейна. Он берет известные данные о периодическом члене с периодом 273 лет и изменением этого периода с периодичностью 18.9 лет. После этого он приводит несколько уравнений без какого-либо пояснения, со многими неизвестными параметрами. Затем он говорит, что можно использовать только первую гармонику в этой периодической функции. При этом для амплитуды и фазы этого гармонического колебания могут быть взяты сведения из экспериментальных наблюдений. Этот результат далее объясняется как прогноз теории относительности.

Если мы достоверно знаем о том, что некоторое событие имеет две периодические компоненты, и одна из них хорошо известна из теории, а вторая известна только из эксперимента, то мы легко можем отделить первую от второй. И мы можем легко описать вторую периодическую компоненту с помощью синусоиды, с рассчитанными из эксперимента амплитудой и фазой. Этот расчет не имеет никакой физической основы, кроме того факта, что для него берутся экспериментальные данные. Достаточно лишь решить, что аппроксимация первой гармоникой для нас достаточна. Расчет амплитуды и фазы этого колебания – это чисто математическая операция. При таком расчете совсем не требуется какое-либо объяснение. Каким бы ни было объяснение, оно не влияет на результат, на него влияет лишь набор экспериментальных значений, из которых осуществляется расчет. Теория относительности здесь совершенно не при чем. Уравнения для «прогноза» периодических изменений лунного месяца при наличии экспериментальных данных не зависят от теории, следуют из простейшей математической операции. Это аппроксимация периодического явления, данного отдельными отсчетами.

Вывод 10: Теория относительности не имеет никакого отношения к прогнозу периодических изменений длительности лунного месяца. *Это явление не может служить доказательством теории относительности.*

9. СУЩЕСТВЕННОЕ ВОЗРАЖЕНИЕ ПРОТИВ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ: ПРОТИВОРЕЧИЕ С КВАНТОВОЙ ТЕОРИЕЙ

Квантовая теория Макса Планка (и ее принцип неопределенности Гейзенберга) противоречит теории относительности с

позиции рассмотрения теоремы Котельникова-Найквиста (*Nyquist*) – Шеннона (*Shannon*) [14, 19–20] (ТКНШ).

Теория относительности разработана на такой логической базе, что каждое противоречие, которое возникает в связи с экспериментальным открытием нового физического явления, не может служить причиной для отказа от нее или хотя бы для ее критики. Во-первых, Эйнштейн вел традицию *декларировать*, что любое противоречие теории относительности является *кажущимся противоречием*. Во-вторых, если новые экспериментальные данные со всей очевидностью противоречат теории относительности, то Эйнштейн в своих выводах называл их новой *основой для дальнейшего развития теории относительности*. В-третьих, когда новые экспериментальные факты прямо противоречили теории относительности, они *включались в теорию относительности в форме новых постулатов*. Как неизбежное следствие такой практики, указанные экспериментальные факты полностью соответствовали уточненной теории относительности с дополнительными введенными на их основе новыми постулатами. Это позволило впоследствии декларировать, что эти экспериментальные факты являются новым экспериментальным доказательством теории относительности. С таким комплексным подходом критика теории относительности принципиально невозможна. В-четвертых, Эйнштейн, как правило, *декларировал* любое найденное несоответствие классической теорией Ньютона как несоответствие, которое может быть *якобы легко* объяснено применением общей теорией относительности. И даже *в случае отсутствия* какого-либо последовательного *научного доказательства* такой декларации, в любом случае это утверждение, что теория относительности точнее и дает более точные соотношения, стало более популярным, общепринятым *вопреки недоказанности*. Как следствие, любое отличие между классической теорией и экспериментом *декларируется* как новое экспериментальное подтверждение общей теории относительности.

Тем не менее, ТКНШ, принцип неопределенности, и релятивистское ограничение скорости любого объекта величиной скорости света в вакууме *составляют совместно неразрешимое противоречие*. ТКНШ является чисто математическим результатом, поэтому ее справедливость несомненна. Следовательно, как минимум, либо теория относительности, либо квантовая теория ошибочна. Обе они совместно не могут быть верными [29].

Можно было бы утверждать, что сфера этих теорий относится к различным задачам, но это не так: обе эти теории претендуют на всеобщность, и обе эти теории утверждают, что

основная сфера их применения – это взаимодействие элементарных частиц.

Формулировка ТКНШ [19–20, 14] может быть в следующем виде: “Любой сигнал, спектр которого не содержит частот выше, чем некоторая граничная величина F_H , может быть полностью восстановлен из известных отсчетов его значений, если эти отсчеты взяты с интервалом $1/(2 F_H)$ ”.

Принцип неопределенности (ПН) Гейзенберга (*Heisenberg*) основан на утверждении, что в результате экспериментальных исследований элементарных частиц (атомов, электронов, ядер и так далее) точность измерения их динамических параметров (координат, энергии, импульса и так далее) ограничена принципом неопределенности [21–23]. В соответствии с этим, динамические параметры могут быть разделены на следующие группы:

1) Временные и пространственные координаты (t и q);

2) Импульсы и энергия (p и E).

ПН утверждает, что невозможно измерить величины из различных групп одновременно с требуемой точностью. Этот принцип считается фундаментальным физическим законом, а не ограничением точности какого-либо конкретного физического прибора или конкретного метода измерения. Математическая формулировка этого принципа дается в соотношениях:

$$dq dp \approx \hbar / 2 \pi, \quad (6)$$

$$dE dt \approx \hbar / 2 \pi. \quad (7)$$

Здесь dq , dp , dE , dt – это неопределенности измерения, соответственно, координаты, импульса, энергии и времени; \hbar – постоянная Планка.

Постулат ограниченной скорости для любой частицы декларирует, чтобы ни одна частица с ненулевой массой не может двигаться со скоростью большей, чем скорость света в вакууме C [2, 3–5]. Если скорость любой частицы ограничена, следовательно, траектория любой частицы может быть описана функцией времени с *ограниченным спектром*. Например, может быть использована декартова или полярная система координат. Следовательно, эта траектория может быть восстановлена по отсчетам точность промежуточных значений этой величины будет не хуже, чем точность взятых отсчетов. Как минимум, соотношения определенности (6) и (7), накладывающие необходимость роста одной из таких ошибок при уменьшении второй из этих ошибок, не могут быть справедливыми.

Действительно, допустим, с некоторой погрешностью мы знаем, что в момент времени t_1 частица находится в точке с координатами $\{x_1, y_1, z_1\}$. За время Δt частица не сможет удалиться от этой точки далее чем на расстояние $\Delta q = C\Delta t$. Таким образом, мы получаем область возможного будущего положения частицы в

виде сферы с центром в исходной точке. Рассмотрим интервал времени вдвое меньше. Получим сферу вдвое меньшего диаметра с тем же центром. Таким образом, чем меньше интервал времени между известным положением частицы и следующим, тем меньше максимально возможная погрешность определения ее следующей координаты. Имеет место одновременное уменьшение погрешности времени и погрешности координаты. Интерполяция промежуточных значений тем точнее, чем ближе это промежуточное значение лежит к одной из точек с известным результатом измерения. Поэтому при уменьшении неопределенности времени достоверно не возрастает неопределенность координаты. А если траектория может быть определена более точно при более мелком дроблении ее, то и скорость может быть определена более точно, а, следовательно, и импульс, и энергия. Детально это показано в работе [29]. В частности, показано следующее:

1. Уточнение времени не ведет к увеличению погрешности координаты. Под обобщенной координатой мы также можем понимать энергию или импульс.

2. Произведение погрешности определения времени на погрешность определения обобщенной координаты не является константой, а уменьшается с уменьшением шага временного квантования.

Вывод 11: Одна из теорий: теория относительности или принцип неопределенности ошибочна, или ошибочны они обе.

Даже если теория относительности ошибочна, но все же энергия любой частицы ограничена. Поэтому ускорение и скорость любой частицы ограничены в любом случае. Поэтому принцип неопределенности ошибочен в любом случае.

10. ВТОРОЙ АРГУМЕНТ ПРОТИВ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ: “ЗАПУТАННЫЕ ЧАСТИЦЫ”

Журнал “*Scientific American*” в марте 2009 года («В мире науки» - в мае 2009 г.) опубликовал статью с фактами о так называемых «Запутанных частицах» (*Tangled particles*) [24]. Теория запутанных частиц (ЗЧ) утверждает, что если существует маркирующее свойство какой-либо частицы, такой как фотон, и если эта частица приобретает большое ускорение, тогда в некотором отдаленном месте возникнет парная античастица, и при этом она будет иметь такое же маркирующее свойство. Это означает, что свойство фотона может быть мгновенно передано на большие дистанции со скоростью, намного превышающей скорость света [24–26]. Ученые признают, что этот экспериментальный факт противоречит теории

относительности. Это явилось причиной размещения на обложке журнала заголовка «Эйнштейн ошибался?», как показано на *Рис. 5* и 6. Следовательно, наука уже обладает экспериментальным опровержением теории относительности вследствие регистрации запутанных частиц.

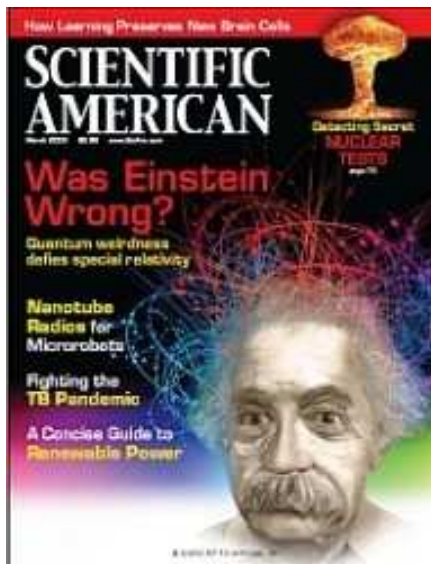


Рис. 5. Обложка журнала [24]

Без принятия теории относительности можно легко объяснить феномен ЗЧ. Можно допустить, что частицы могут двигаться со скоростью, намного превышающей скорость света. Пока такая частица приближается к датчику, он ее не ощущает, поскольку частица обгоняет собственное поле. Затем, когда частица будет находиться в непосредственной близости от датчика, ее поле достигнет этого датчика и будет им зарегистрировано.

После этого частица столь же стремительно со сверхсветовой скоростью удаляется от датчика. При удалении частицы датчик будет ощущать две различные частицы. При этом результаты ощущения (измерения, восприятия) удаляющейся частицы будет верным, а результаты ощущения прибывающего запаздывающего образа частицы будет восприниматься как античастица. Очевидно, что если частица имеет маркирующий признак, то ошибочный образ античастицы будет иметь такой же признак, а более точно – парный (противоположный) признак. Например, если частица нейтральна, то и античастица будет нейтральной, если частица заряжена отрицательно, античастица будет заряжена положительно ровно на такую же величину заряда, также обстоит дело со спином и другими признаками. Это не две частицы, связанные общими свойствами, а два различных образа одной и той же частицы. Отклики от одного образа приходят в правильной последовательности, отклик от более раннего времени существования частицы придет

раньше, а отклик от более позднего времени придет позже. Отклики другого образа будут приходиться в обратном порядке, как будто кинофильм показывают с конца. Более ранний образ поступит наиболее поздно, а самый последний образ поступит раньше. Здесь нет никакого парадокса. Такой же эффект наблюдается при пролете самолета со сверхзвуковой скоростью. Вначале мы не слышим самолета, затем возникает хлопок, поскольку приходит фронт звука самолета, затем, если судить по звуку, кажется, что два различных самолета летят в противоположные стороны. При этом один из таких звуковых образов – это звук от удаляющегося самолета, а второй – это запаздывающий звук из тех точек его траектории, по которым он приближался, причем из наиболее отдаленных точек звук поступит наиболее поздно, а из наиболее приближенных точек он поступит раньше всего. Поэтому вся история приближения самолета в звуке разворачивается в обратном порядке. Это вполне естественное и легко интерпретируемое событие, вовсе не парадоксальное. Но с точки зрения теории относительности – это явление недопустимо и парадоксально. Действительно, трудно объяснить, почему, если мы в данной лаборатории разгоняем электрон с определенными признаками, где-то далеко тут же возникает позитрон с такими же признаками, и начинает свое движение строго навстречу этому электрону.

Авторы работы [24] утверждают, что одновременно возникают две частицы, и расстояние между ними может составлять 100 км. На основе этой ошибочной концепции некоторые ученые верят, что существует возможность маркировать некоторые частицы, затем практически мгновенно на больших расстояниях порождать другие идентичные античастицы с такими же маркирующими признаками. Следовательно, это дает ошибочную надежду на передачу на расстояние информации, без носителя, без среды, без передачи какого-либо материального тела, включая частицу, или какой-либо энергии (включая волну). Здесь в их понимании не идет речи о движении со сверхсветовой скорости какой-либо частицы или волны, речь идет именно о «мгновенном сотворении» античастицы на заданном расстоянии. Это чистейшей воды идеализм, мистика, не имеющая ничего общего ни с наукой, ни с истиной. Кроме того, эта гипотеза кардинально противоречит теории относительности. Но если применять метод, который начал применять Эйнштейн, то можно, например, предложить включить в качестве постулата такое свойство частиц: возникать вследствие описанного феномена и обладать указанными маркирующими признаками. Собственно, поскольку в теории относительности дана идейная база для признания возможности

изменения хода времени и искривления пространства, любое чудо можно объяснить искривлением пространства, времени, либо того и иного. Например, можно предложить гипотезу о том, что указанная точка, где возникает античастица, находится в некоем «пространственном туннеле», и с позиции какого-нибудь N-мерного пространства, например, девятимерного, эта точка находится на расстоянии, равном нулю. Этим можно объяснить что угодно. Только это уже методы не физики, а мистики.

Гипотеза о том, что частица движется со сверхсветовой скоростью, логична, обоснована, наиболее проста. Она имеет все основания быть принятой за истину. Всякая иная гипотеза кардинально противоречит здравому смыслу.

Эйнштейн обвинял своих оппонентов в отсутствии фантазии. Мы отнюдь не страдаем отсутствием фантазии, мы могли бы предложить большое количество фантастических гипотез для объяснения любого феномена. Вопрос лишь в том, чтобы уметь отбросить фантастическую гипотезу при возможности выдвинуть и обосновать наиболее простую, а потому наиболее вероятную гипотезу. Этому умения Эйнштейну не хватало, что продемонстрировано примером с газовыми линзами.

Таким образом, можно предложить следующие гипотезы для объяснения факта обнаружения «запутанных частиц».



Рис. 6. Обложка журнала [25] в русскоязычной версии

Первая гипотеза. «Запутанные частицы» -

это след одной и той же частицы, двигающейся со сверхсветовой скоростью. В этом случае теория относительности ошибочна, поскольку не допускает такого движения.

Вторая гипотеза. «Запутанные частицы» - это две различные частицы, возникающие вследствие передачи информации и энергии на расстояние со скоростью, превышающей скорость света. Эта гипотеза также опровергает теорию относительности, но она должна дать дополнительное объяснение следующих вопросов: во-первых, что является носителем такой информации, во-вторых, как и почему такая информация передается со сверхсветовой скоростью, в-третьих, каким путем информация приводит к сотворению античастицы. Данное объяснение ставит больше вопросов, чем дает ответов, поэтому данную гипотезу следует отвергнуть.

Третья гипотеза. Расстояние является большим лишь в трехмерном пространстве. В пространстве более высокого уровня расстояние равно нулю, поэтому теория относительности якобы не нарушается. Примером может служить лист бумаги, согнутый пополам. Две точки, на бумаге отстоящие на большом расстоянии, могут соприкоснуться так, что расстояние между ними равно нулю, если наблюдать эту бумагу в трехмерном пространстве. Этот эффект получил название туннелей в пространстве, он обыгран во многих фантастических романах. Мы считаем такую гипотезу ошибочной. Ничто не требует принятия пространства с размерностью выше третьего (четвертой координатой зачастую принимают время, но это не верно, поскольку по координатам пространства можно перемещаться произвольно, время течет необратимо). Даже с принятием этой гипотезы от теории относительности пришлось бы отказаться, поскольку искривление пространства по общей теории относительности вызывает появление гравитационных полей. Такой эксперимент означал бы, что ученые со своими установками могут произвольно сворачивать и разворачивать пространство (ведь частица может быть направлена в любом направлении). При этом возникало бы гравитационное поле. Возникла бы гравитация. Появлялись бы многие дополнительные эффекты. Этого нет. Кроме того, эта гипотеза чрезмерно сложна, поэтому при наличии более простой гипотезы в соответствии с принципом Оккама ее попросту следует отбросить.

Вывод 12: Обнаруженные «запутанные частицы» доказывают ошибочность теории относительности.

11. ЕЩЕ РАЗ ОБ ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ МАЙКЕЛЬСОНА

Выше уже сказано, что теорию относительности опровергает сам факт возможности существования интерферометра,

аналогичного интерферометру Майкельсона, но заполненной светопроводной средой, например, газом, стеклом или чем-то иным, но только не «пустотой» [7]. Также было сказано, что размеры интерферометра по причине того, что такое «твердое тело», просто обязаны быть зависимыми от скорости света. Это достаточно для того, чтобы закрыть вопрос об опыте Майкельсона. И все же с опытом Майкельсона не все гладко и по другим причинам.

В описании этого опыта сказано, что в приборе имеется настройка для того, чтобы получить наибольшую резкость получаемой интерференционной картины.

Интерферометр имел дело со светом звезды, то есть с некогерентным светом. Этот свет когерентен сам себе лишь на нулевой длине. Интерференционная картина может существовать лишь в случае полного равенства оптической длины путей двух пучков света. Именно с этой целью в один из пучков помещена прозрачная пластина, которая вносит такое же запаздывание в луч света, какой вносит в другой луч пластина, осуществляющая деление пучков на два. Если вследствие движения интерферометра возникла бы новая разность оптических длин путей двух пучков, то это, прежде всего, привело бы к тому, что интерференционная картина утратила бы свою четкость, а в дальнейшем она и вовсе должна была бы пропасть. При сложении некогерентного (немонохроматического) света это неизбежно. Вернуть резкость картине можно лишь путем внесения дополнительной задержки в тот луч, в котором задержка уменьшилась. Вследствие отсутствия детального описания того, как работал этот регулировочный винт, можно лишь гадать, насколько такая регулировка корректна. Весомые аргументы имеются в пользу того предположения, что этот винт действительно позволял настроиться на лучшую резкость, а это можно сделать лишь путем компенсации накопленной разности фаз двух пучков. То есть может оказаться, что весь эффект, который достигался поворотом интерферометра (если бы такой эффект даже имел место) предварительно путем настройки «на резкость» сводился бы к нулю, после чего он подвергался бы измерению.

Многие последующие авторы использовали лазерный луч для проведения опыта Майкельсона. Такой подход предельно не корректен. Частота излучения лазера определяется количеством длин волн, укладываемых в резонаторе. Если скорость света в среде изменяется, это обязательно должно приводить и к изменению частоты излучения лазера, причем это изменение должно сохранить количество длин волн на замкнутом оптическом пути света между двумя зеркалами. Нелепо полагать, что в одинаковых условиях между одной парой зеркал оптическая длина

пути изменится, а между другой парой зеркал эта длина не изменится. Если изменение условия влияют на это количество длин волн, оно влияет во всех случаях, если не влияет – оно не влияет во всех случаях.

Также могут быть использованы лазеры, стабилизированные по нелинейной зависимости оптической прозрачности того или иного прозрачного вещества. Здесь эффект может быть более тонкий, но если мы вспомним, что атомы также состоят из частиц (электроны, ядра), расположенных на фиксированном расстоянии, которое задается взаимодействием, предположительно именно электромагнитной природы, о чем говорилось выше, то и резонансные оптические явления в них также могут и должны зависеть от скорости света.

Все эти соображения дополнительные, не основные, поскольку идея о том, что твердые тела не являются инвариантными эталонами длины в случае, если по какой-либо причине изменяется скорость света, достаточна для объяснения результата опыта Майкельсона, других причин не требуется.

Вывод 13: Даже если не принимать во внимание «Пятую гипотезу», опыт Майкельсона трактуется не достаточно верно.

12. ТРУДНОСТИ С СИСТЕМОЙ ОТСЧЕТА

В соответствии с теорией относительности, система отсчета должна иметь большую массу. В классической физике достаточно иметь метрическую систему в пространстве. Это означает, что ход времени и метрика пространства инвариантны к выбору системы координат. Это относится не только в инерциальных системам, а ко всем системам координат как таковым. Время не изменяется и пространство не искривляется не только в инерциальных системах, но вообще во всех системах: вращающихся системы, или движущихся по искривленным траекториям, или с линейным ускорением, или заданных во всех видах движений. В классической физике величина сил равна величине противодействующих сил для покоящихся взаимодействующих тел. В теории относительности это, как мы легко видим, нарушается. Массивное тело, к которому привязана система отсчета, покоится в этой системе отсчета всегда.

Концепция «достаточно массивного тела» не понятна: что может означать достаточность, не ясно. Масса Солнца составляет 330 масс Земли. Достаточно ли это?

В концепции теории относительности невозможно рассмотреть понятие «полностью изолированного тела». Если имеется лишь одно тело, систему отсчета следует привязать к нему. Если тело движется, система отсчета будет двигаться вместе с ним. Если тело движется не равномерно и (или) не прямолинейно, система

отсчета также будет двигаться неравномерно и (или) не прямолинейно. Каким образом можно было бы выявить, что указанная система не является инерциальной? Это совершенно не понятно. Ни Земля, ни Солнце, не движутся равномерно прямолинейно. Следовательно, системы, привязанные к этим астрономическим объектам, не будут инерциальными.

Если тело вращается, но других тел не существует в пределах рассматриваемой задачи, то каким образом и относительно каких объектов можно было бы выявить это вращение? Это не понятно. Для того, чтобы сказать, что тело может служить основой для создания инерциальной системы отсчета, следует уже знать, что тело движется равномерно прямолинейно или покоится, а знать этого нельзя, пока нет инерциальной системы.

Этого парадокса в классической теории не возникает. В классической теории мы исходим из того, что время и пространство существуют сами по себе как опорная система для отсчета, не зависимо от того, можем ли мы объективно измерить какие-либо интервалы времени и отрезки пространства точно, или мы измеряем их с ошибкой. Эта концепция не зависит от того, можем ли мы объективно судить о том, движется объект, или покоится, вращается или нет.

Если мы добавим к этому, что в таком покоящемся пространстве свет всегда распространяется прямолинейно и с одинаковой скоростью во всех направлениях вследствие свойств покоящейся среды, то этого добавления достаточно, чтобы перейти от устаревшей классической физики в обновленной, более корректно описывающей физическую действительность.

В теории относительности две инерциальные системы отсчета предполагают наличие двух тел, движущихся равномерно и прямолинейно. Но с позиции реальной (а не фантастической) физики невозможно представить, согласиться с возможностью существования двух массивных тел, которые бы двигались равномерно и прямолинейно друг относительно друга при отсутствии внешних сил. Эти два массивных тела неизбежно будут притягивать друг друга. Поэтому теория относительности базируется на физически невозможной абстракции.

Можно, конечно, предположить за основу, например, условно покоящуюся Землю и космический корабль, удаляющийся от нее с постоянной скоростью по прямой линии. Но, все же, и такая абстракция будет ошибочной: для того, чтобы удаляться с постоянной скоростью, корабль должен развивать тягу, которая уменьшается по мере удаления точно так же, как уменьшается сила притяжения Земли.

Массивные тела не могут не взаимодействовать. Их взаимодействием можно

пренебречь лишь в случае, если и массы пренебрежимо малы, но тогда к ним нельзя привязывать инерциальную систему отсчета по теории относительности.

Эйнштейн утверждал о постоянстве скорости света лишь в отсутствии гравитации. По его мнению, гравитация должна влиять на скорость света. Но в отсутствии гравитации не может быть массы, а при наличии массы присутствует и гравитация. Не понятно, о какой инерциальной системе отсчета рассуждает Эйнштейн, в которой скорость света рассматривается как скорость в отсутствии гравитации, но все же должно присутствовать массивное тело.

Теория относительности постоянно рассуждает о фактах, явлениях, величинах, которые не могут быть наблюдаемы в тех условиях, о которых эта теория рассуждает. И наоборот: эта теория не способна рассуждать о таких явлениях, которые имеют место в действительности.

Ранее мы показали следующее:

1. Если система А приближается к системе Б, то наблюдателю в покоящейся системе Б будет казаться, что время в ней течет быстрее, чем на самом деле (или медленнее, чем это «кажется» наблюдателю в движущейся системе А).

2. Если система А удаляется, то наблюдателю в покоящейся системе Б будет казаться, что время в ней течет медленнее, чем на самом деле (или медленнее, чем это «кажется» наблюдателю в движущейся системе А).

Из этого можно также сделать вывод, что если система А движется по прямой, не пересекающей с точкой размещения наблюдателя в покоящейся системе Б, то скорость приближения этой системы к наблюдателю будет непрерывно изменяться во времени. Следовательно, наблюдателю в системе Б будет казаться, что темп течения времени в системе А непрерывно изменяется во времени.

Таким образом, если система движется с постоянной скоростью и при этом сначала приближается к наблюдателю, а затем удаляется от него, то она не будет восприниматься покоящимся наблюдателем как система, движущаяся с постоянной скоростью.

Следовательно, инерциальная система отсчета не воспринимается как инерциальная система в другой инерциальной системе.

Иными словами, ни одна инерциальная система отсчета не может быть объективно определена как инерциальная, если руководствоваться правилами, зафиксированными в теории относительности.

Этого парадокса не возникает, если отвергнуть теорию относительности. Действительно, если мы признаем ошибку измерения, вызванную конечной скоростью

света, и учитываем ее, при анализе событий, то мы безошибочно можем измерить время в движущейся системе отсчета. Следовательно, мы можем безошибочно определить инерциальную систему.

Вывод 14: Специальная теория относительности имеет дело лишь с такими системами, которые не могут существовать в рамках гипотез и постулатов этой теории. Если бы существовали инерциальные системы отсчета, то в рамках этой теории они были бы признаны не таковыми.

Все эти проблемы вызваны необходимостью ввода метрических систем в пространстве лишь после внесения в него массивного тела, поскольку иной материальной данности теория относительности не признает. Отказ от материальной среды, ответственной за распространение электромагнитных волн, приводит к необходимости отказа от пространства и времени как физических инвариантных данности. Это приводит ко многим неразрешимым парадоксам. Это также требует признания за светом (и волнами как таковыми) корпускулярных свойств, что опровергается многими экспериментами.

Возврат к понятию среды снимает все эти парадоксы.

13. ВОЛНА ИЛИ ПОТОК ЧАСТИЦ?

Имеются кардинальные отличия волны от потока частиц.

Поток частиц переносит вещество.

Волна не переносит вещества, а переносит только энергию.

Поток частиц – это далеко не всегда прямолинейное распространение вещества. Отклонение от прямолинейного распространения может возникать вследствие взаимодействия потока с другим веществом или телами, а также с другими потоками. При пересечении двух потоков частиц они воздействуют друг на друга. Взаимодействие происходит в форме соударения и рикошета. Вещество занимает некоторый объем и препятствует тому, чтобы в этом же самом объеме располагалось в это же время другое вещество (кроме случаев растворения, которые не являются исключением из этого правила на микроуровне, а лишь демонстрируют кажущееся исключение на макроуровне). То есть известно, что предельное количество вещества в одном элементе пространства всегда ограничено.

Волна распространяется прямолинейно, не подвержена влиянию гравитации. При пересечении волн, они не взаимодействуют и не оказывают влияния на распространения друг друга. Лишь в местах их пересечения имеется суммирование их действия, если это действие фиксируется приемником излучения. Никаким пучком волны невозможно остановить, или

искривить путь пучка другой волны. При распространении электромагнитных волн не выявлено нелинейного явления (насыщения среды по энергетическим параметрам). То есть, пока не известно фактов ограничения на количество энергии в одной точке или в одном элементе пространства.

Волна распространяется в соответствии с известными законами (Максвелла, Гюйгенса), вследствие чего имеют место явления интерференции, дисперсии.

Кажущиеся аналогии явлениям интерференции потоков частиц могут быть объяснены тем, что на самом деле в процессе участвуют не потоки частиц, а волны (в отношении света) либо иными причинами (в отношении потока электронов или иных частиц, обладающих массой).

А именно: колебательные траектории заряженных частиц могут быть объяснены явлениями электромагнитной индукции и автоколебаниями вследствие этого явления, усугубленного ограниченной скоростью распространения света.

В частности, известен эффект Черенкова, который состоит в том, что если электрон движется со скоростью, выше чем скорость света *в среде*, то он излучает свет. Считается традиционно, что излучение электрона в вакууме происходит по иным причинам. Так считается потому, что теория относительности не допускает движения электрона быстрее, чем скорость света. Достаточно отказаться от этого ограничения, чтобы придти к выводу, что при движении электрона *в вакууме* быстрее, чем скорость света в вакууме, он начинает излучать свет. Это совершенно естественно в обоих случаях, причина этого явления ясна. Обгоняя скорость света, электрон начинает испытывать обратное притяжение со стороны собственного излученного электромагнитного поля, которое «воспринимает» как образ античастицы, позитрона. После замедления до скорости света это торможение пропадает, при еще большем замедлении возникает ускорение. И так далее по циклу. Поэтому если электрон движется со сверхсветовой скоростью, эта скорость начинает изменяться относительно световой скорости с высокой частотой колебаний. Эти колебания и распространяются в среде в виде света. Это явление может происходить в среде ли в вакууме, природа его не изменяется. Это явление также может происходить с любой заряженной частицей, движущейся со скоростью больше, чем скорость света в этой среде или в вакууме.

14. О ЕДИНСТВЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЛОРЕНЦА

Эйнштейн утверждал, что преобразования Лоренца – это единственные преобразования, в

которых скорость света не изменяется при переходе из одной системы в другую. Он не заметил, что скорость движения системы V во всех преобразованиях Лоренца стоит под знаком квадрата.

Из этого следует, что в эти преобразования может быть подставлена скорость как со знаком плюс, так и со знаком минус.

Следовательно, можно получить два принципиально различных преобразования.

В одном преобразовании при движении системы со скоростью V время в подвижной системе, воспринимаемое неподвижным наблюдателем, замедляется, а длина сокращается. Это преобразование как раз и использовал Эйнштейн.

В другом преобразовании при тех же условиях время в подвижной системе, воспринимаемое неподвижным наблюдателем, ускоряется, а длина увеличивается. Такой возможности Эйнштейн не увидел.

Обсудим, что фактически описывают эти преобразования.

Первое преобразование описывает восприятие удаляющейся системы из покоящейся системы. Это преобразование не описывает истинную природу вещей, а лишь ее ошибочное восприятие. Эта ошибка объективна, она влияет на силы взаимодействия и на результаты измерения, но она не соответствует реальному положению вещей.

Второе преобразование имеет место в обратном случае, оно описывает восприятие приближающейся системы. В приближающейся системе время воспринимается как ускоряющееся, а расстояния как увеличивающиеся. Без внесения в рассмотрение этой второй возможности картина мира, описываемая физикой, была бы не полной.

Наконец, оба преобразования необходимы для того, чтобы из одной системы можно было бы возвратиться в исходную систему. Если бы каждый раз при переходе из одной системы в другую мы получали бы только замедление времени и укорочение, то при обратном преобразовании мы получали бы то же самое, тоже сокращение и замедление времени. Совершив несколько раз переход из одной системы в другую и обратно, мы каждый раз получали бы все меньшие и меньшие размеры тел и все более медленное течение времени.

В реальности имеет место иная ситуация.

Имеется одна покоящаяся система. При переходе из нее в движущуюся систему мы получаем, что в этой движущейся системе все фазовые измерения со светом дают те же самые результаты. Напоминаем, что мы не измеряем скорости света в этой системе (во всяком случае, при использовании опыта Майкельсона).

То есть при движении системы относительно покоящейся она реально сокращается на крайне малую величину (а не относительно) вследствие того, что в ней нарушается равенство скоростей

света во всех направлениях, поэтому нарушаются условия равновесия частиц (атомов и молекул) в твердых телах. Время никак не изменяется в этом процессе. Измерения фаз дают тот же результат.

При переходе из движущейся системы в покоящуюся систему требуется применить обратные преобразования. Если движущаяся система остановится, ее физические размеры реально увеличатся (на крайне малую величину). В этом состоит смысл, что преобразования могут иметь не только знак в сторону сокращения длины, но и знак в сторону увеличения длины.

15. ОЦЕНКА ПРАКТИКУЮЩИМИ УЧЕНЫМИ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕСЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПОПРАВОК В ГЛОБАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ

Практикующие ученые изложили свое мнение в отношении необходимости релятивистских поправок при обработке данных от системы GPS (*Global Positioning System*) [17]. Эта система состоит из двадцати четырех искусственных спутников Земли на двенадцатичасовых орбитах. Каждый из них имеет атомные часы на борту. Орбитальный радиус спутников равен четырем радиусам Земли (26 600 км). Их скорость приблизительно равна 3,9 км/с.

Точность часов составляет примерно 1 нс на астрономический день (24 hours, *a.d.*). Авторы работы [17] решают вопрос: «Какой релятивистский эффект может быть обнаружен с помощью системы GPS?».

Теория относительности утверждает, что подъем часов на большую высоту вызовет ускорение их хода благодаря уменьшению гравитации. Также утверждается, что движение часов вызовет уменьшение скорости их хода. Гравитационное ускорение составляет 45900 нс в день. Динамическое замедление составляет 7200 нс в день. Написано, что теоретический прогноз подтвержден в пределах ошибки в 200 нс [17]. Это порождает иллюзию экспериментального подтверждения теории относительности.

После этого авторы пишут: «Эксперименты с циклотроном показали, что даже ускорение до величины $10^{19} g$ (где g – это ускорение свободного падения у поверхности Земли) не влияют на скорость часов».

Вывод 15: Практические эксперименты опровергают предположение, что ускорение ощутимо влияет на ход часов как таковых (исключая часы, в которых принцип действия зависит от скорости или гравитации напрямую).

Однако в соответствии с общей теорией относительности, ускорение может быть заменено гравитацией, и наоборот,

гравитация может быть заменена ускорением.

В отношении сказанного ускорения часов благодаря изменению гравитации при подъеме часов, можно утверждать, что гравитационное поле ослабляется в 16 раз, поскольку радиус r увеличивается в 4 раза, а сила гравитации F_g зависит от радиуса обратно пропорционально его квадрату:

$$F_g = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} . \quad (8)$$

Но в действительности гравитация на космическом спутнике, движущемся под действием инерции и притяжения Земли по стационарной орбите, равна нулю.

Не вполне понятно, взято ли за основу снижение гравитации в шестнадцать раз, или полная невесомость при интерпретации «гравитационного ускорения времени» и темпа хода часов на величину $5.3 \cdot 10^{-8} \%$ (45900 нс / сутки). Не понятно, почему эксперимент с ускорением часов $10^{19} g$, что эквивалентно увеличению гравитации в 10^{19} раз, не оказал заметного влияния на ход часов, а уменьшение гравитации в 16 раз такое влияние оказало. Даже если исходить, что в расчет была принята строго нулевая гравитация, яснее не становится. В этом случае следует признать, что появление гравитации от нулевой величины до величины g породило поправку на величину 45900 нс / сутки со знаком минус, а увеличение гравитации в 10^{19} раз не породило никакой другой дополнительной поправки.

Вывод 16: Указанный выше эксперимент с циклотроном опровергает общую теорию относительности.

Вывод 17: Указанный выше эксперимент с циклотроном опровергает также указанную гравитационную поправку к ходу часов, а также соответствующую компоненту в ОКХ.

Далее автор подчеркивает разницу между теорией относительности Эйнштейна и теорией относительности Лоренца (ТОЛ) [17]. Как Лоренц (в 1904 г.) так и Эйнштейн (в 1905 г.) избрали для своей теории принцип Пуанкаре (*Puankare*), сформулированный в 1899 г. Лоренц популяризировал преобразования, которые назвали в его честь, и которые широко использовал Эйнштейн. Однако, преобразование Лоренца допускало существование привилегированной системы отсчета и универсальность времени (инвариантность времени). Специальная теория относительности отрицает и то, и другое. Т. В. Фландрен (*T.V. Flandern*) в работе [17] настаивает, что ни один из двенадцати независимых экспериментов, включая эксперименты с системой GPS, не доказывают, что специальная теория относительности справедлива в большей степени, нежели теория относительности Лоренца и его преобразования с указанным кардинальным отличием. Он

пишет: «По крайней мере, *результаты были не в пользу Эйнштейна*». Автор представил таблицу экспериментов (см. приложение). Многие эксперименты были прекрасно интерпретировались с позиции ТОЛ и привилегированной системы, хотя они и не противоречат СТО. Интерпретация с позиции ТОЛ проще.

В СТО высокая скорость вызывает изменения времени и пространства, не существует абсолютно покоящейся системы, время зависит от системы отсчета наблюдателя. С ростом скорости растет масса движущихся тел, а силы не изменяются.

В ТОЛ существует абсолютно покоящаяся система, скорость (относительно нее) вызывает замедление процессов и сокращение длины; электромагнитные силы становятся менее эффективными с ростом скорости; они становятся нулевыми при скорости равной скорости света. Существуют естественные причины для такого феномена [17]. Массы при этом не изменяются. Существует универсальная шкала времени.

Самое важное отличие СТО от ТОЛ состоит в том, что в СТО ничто не может распространяться быстрее, чем скорость света в вакууме. Также скорость света считается объективно одной и той же в любой системе. В ТОЛ движение часов со скоростью света остановило бы их действие, но время как таковое не перестало бы течь в таком же темпе. В ТОЛ допускается присутствие эфира.

Вывод 18: Ученые-практики, работающие с системой GPS настаивают, что нет экспериментальных доказательств для того, чтобы предпочесть теорию относительности Эйнштейна теории относительности Лоренца (которая допускает привилегированную систему отсчета и наличие эфира).

В статье [17], тем не менее, некоторые аспекты остались неясными. Если автор указывает два феномена, гравитационное ускорение и ускорение вследствие скорости, следовательно, общий эффект должен быть равен разности этих эффектов. Следовательно, должна быть результирующая разница в ускорении на величину 38200 нс / год (или 0,0139 с / год). Длительность астрономического дня имеет девиации на величину от 7,6 минут с периодом в один год, и на величину 9,8 минут с периодом в полгода [27]. Эти величины (см. Таблицу 5) намного больше упоминаемой величины 38200 нс / год. Автор сказал, что долговременная стабильность часов была более высокой, но это не имеет большого значения, поскольку часы каждые сутки корректировались по земным часам.

Девиация длительности суток слишком велика, а точность атомных часов 200 нс относится не к суткам, а к более длительному периоду. С другой стороны, если ускорение не влияет на скорость хода часов, то гравитация

также не должна оказывать влияния на ход часов. Это следовало бы из общей теории относительности, в которой гравитация приравнена к движению с ускорением. Следует согласиться с тем, что действие ускорения внутри замкнутой системы достаточно трудно отличить от действия гравитации, что, например, проявляется в состоянии невесомости и при перегрузках в самолетах. Если не принимать в расчет распространение света и электромагнитных волн, трудно назвать механические явления, для которых действие виртуальной «силы инерции» можно было бы достоверно отличить от действия гравитации.

Исходя из этого соображения, следовало бы обсуждать лишь эффект скорости, а он составляет только $7200 \text{ нс} / \text{сутки}$. В этом случае не следует говорить о гравитационном ускорении часов.

Утверждение о том, что подтверждено гравитационное ускорение часов, одновременно с утверждением об опровержении влияния ускорения на часы противоречит утверждению, что теории относительности не опровергается данными экспериментами.

Вывод 19: Экспериментальных доказательств теории относительности нет.

Вывод 20: Обсуждаемая статья с приводимыми фактами и выводами может быть рассмотрена скорее, как экспериментальное опровержение теории относительности, чем как ее экспериментальное доказательство. Факты свидетельствуют скорее в пользу теории Лоренца (с некоторыми уточнениями).

Таблица 5. Длительность солнечных суток (1998) [27]

| Дата | Длительность в единицах солнечных часов |
|-------------|---|
| 11 февраля | 24 часа |
| 26 марта | 24 часа – 18.1 секунд |
| 14 мая | 24 часа |
| 19 июня | 24 часа + 13.1 секунд |
| 26 июля | 24 часа |
| 16 сентября | 24 часа – 21.3 секунд |
| 3 ноября | 24 часа |
| 22 декабря | 24 часа + 29.9 секунд |

Вывод 21: Следует с осторожностью относиться к утверждениям статей на тему экспериментальных доказательств теории относительности, они могут содержать внутренние противоречия.

16. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ОБНАРУЖЕННАЯ СВЕРХСВЕТОВАЯ СКОРОСТЬ ПОТОКА НЕЙТРИНО

Постулат теории относительности о невозможности сверхсветовых скоростей для любой материальной частицы был опровергнут экспериментально [28]. Напомним, что теория относительности не только запрещает для любой материальной частицы, имеющей ненулевую массу достигать скорости света в вакууме, она при этом делает исключение для частиц с нулевой массой, разрешая им достигать скорости, равной скорости света. Но скорость больше, чем скорость света, запрещена даже для частиц с нулевой массой.

Результаты эксперимента OPERA устанавливают, что осуществлено статистически достоверное наблюдение движения нейтрино во сверхсветовой скорости.

Статья [28] содержит анализ различных источников ошибок и неопределенностей, но реакция на нее большинства физиков крайне скептическая. Этот новый результат вполне надежен, но он противоречит традиционной точке зрения на природу нейтрино, и он противоречит теории относительности.

Расстояние между источником и приемником составляло $730\,534,61 \pm 0,20 \text{ м}$. Детальная предварительная оценка показала, что сигнал от нейтрино опередил опорный сигнал с разницей в 60 нс . Следовательно, его скорость превышает скорость света на $0,0025 \%$.

В статье упоминаются события другой природы, которые указывали на возможность сверхсветовых скоростей. В момент вспышки сверхновой звезды SN1987A был зарегистрирован нейтринный поток, который прибыл на землю на несколько часов раньше, чем вспышка света. В этот раз ученые пришли к заключению, что нейтринный взрыв произошел раньше, чем световой. Это заключение со всей очевидностью ошибочно, оно свидетельствует о том, что ученые обладают предвзятым мнением, основанным на большем доверии теории относительности, чем экспериментальным фактам. Крайне сомнительно, что световая вспышка может произойти позже излучения нейтрино. Оба эти события должны возникнуть в связи с увеличившимся выбросом энергии, и наиболее вероятная причина феномена расхождения во времени детектирования этих событий кроется именно в разности скорости этих потоков. Естественно, что для нейтрино звездный газ не является столь существенным препятствием и не порождает дисперсии.

Мы можем выдвинуть следующие гипотезы:

1. Скорость нейтрино в обоих случаях больше скорости света в вакууме.

2. Скорость света вследствие дисперсии немного меньше скорости света в вакууме, а скорость нейтрино равна этой величине.

Дисперсия может происходить в любой среде, включая межзвездный газ.

3. Причины феномена в эксперименте OPERA отличаются от причин в случае вспышки сверхновой SN1987A.

Поскольку в случае эксперимента OPERA скорость распространения вспышек нейтрино и света определены по отдельности, то в любом случае требуется объяснение возможности, что нейтрино движется быстрее, чем свет. Но если мы найдем такое объяснение, нам не требуется дополнительное объяснения феномена со вспышкой SN1987A. Кроме того, эксперимент OPERA демонстрирует в тысячи раз большее превышение скорости нейтрино над скоростью света, чем в феномене с SN1987A. Следовательно, вероятность справедливости третьей гипотезы крайне мала.

Вывод 22: В обоих случаях, как в эксперименте OPERA, так и при вспышке SN1987A, наиболее вероятная причина феномена состоит в том, что скорость потока нейтрино была больше, чем скорость света в той же самой среде (в частности, в межзвездном газе).

Если в случае OPERA свет распространялся не в вакууме, возможно, это результат даже не противоречит теории относительности. Действительно, ничто не запрещает нейтрино двигаться в среде со скоростью света, а свету в этой среде двигаться с меньшей скоростью. Также этот факт в случае вспышки SN1987A тоже можно назвать не противоречащим теории относительности, при условии, что теория относительности согласится признать, что космос заполнен отнюдь не вакуумом, а газом, скорость света в котором меньше чем скорость света в вакууме. Но если апологеты СТО признают этот факт, им придется пересмотреть теорию «гравитационных линз», а, следовательно, отказаться от ОТО.

Среди рассмотренных гипотез мы склонны предпочесть вторую. В этом случае следует также признать, что красное смещение света звезд легко объясняется дисперсией света в межзвездном газе. Необходимо будет отказаться от теории расширяющейся Вселенной. Мы получили простое объяснение нескольких невероятных феноменов путем более полного учета явлений природы и условий эксперимента.

В этом и состоит основная цель науки: отыскание наиболее простых объяснений наиболее сложных для понимания явлений природы.

Вывод 23: С единственной гипотезой, что свет по мере распространения, теряет свою энергию вследствие дисперсии, мы легко объяснили три труднообъяснимых феномена: эксперимент OPERA, особенности вспышки сверхновой SN1987A и красное смещение света во Вселенной, то есть Эффект Хаббла (*Hubble*).

Вывод 24: Три феномена: эксперимент

OPERA, особенности наблюдения вспышки сверхновой SN1987A и красное смещение противоречат теории относительности Эйнштейна, поскольку эта теория запрещает движение какого-либо вещества быстрее света.

Вывод 25: Предложенная теория полностью исключает расширение Вселенной. Следует отметить, что Эйнштейн длительное время отказывался признать расширение Вселенной, но под давлением необходимости признание такой гипотезы либо пересмотра теории относительности выбрал все же свою теорию и признал расширение Вселенной.

17. ПОЧЕМУ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЗАПРЕЩАЕТ СВЕРХСВЕТОВУЮ СКОРОСТЬ ДЛЯ ЧАСТИЦ

В преобразовании Лоренца в знаменателе под корнем стоит соотношение $1 - V^2/C^2$. Если скорость системы V становится равной скорости света C , то это соотношение становится нулевым, а если скорость превышает скорость света, это соотношение становится отрицательным.

С математической точки зрения, если в знаменателе стоит ноль, а в числителе не ноль, результат получится бесконечным.

Поэтому если в числителе стоит ненулевая масса, а в знаменателе ноль, получаем бесконечную массу. Здравый смысл запрещает бесконечную массу. Поэтому, руководствуясь «здравым смыслом», Эйнштейн запретил знаменателю быть нулем в случае, когда числитель не равен нулю.

Но сам Эйнштейн многократно заявлял, что здравым смыслом руководствоваться при изучении физических явлений нельзя.

Если под корнем будет стоять отрицательная величина, результат извлечения корня дает мнимую величину. По этой причине Эйнштейн также запретил сверхсветовую скорость для любой материальной частицы, включая частицу с нулевой массой.

Обсудим, насколько это оправдано.

Математическое соотношение всегда может быть переписано так, что указанный корень будет стоять не в знаменателе слева, а в числителе справа. Трактовка такой записи будет иной. При совпадении скорости объекта со скоростью света, мы получаем не бесконечную массу, а нулевую силу взаимодействия поля с частицей. Это не может быть запрещено. Достаточно уточнить трактовку, и все становится на свои места. А именно: масса частицы не зависит от ее скорости, а вот сила воздействия поля на частицу как раз зависит от скорости. Если частица движется со скоростью света, поле перестает ее ускорять. Если частица будет двигаться с еще большей скоростью, поле начнет тормозить эту частицу.

Как следует поступать с соотношением ноль, деленный на ноль? Никак не следует с ним поступать. Вместо этого мы получаем соотношение, в котором слева и справа стоят нули. Ноль равен нулю. В этом нет ничего противоестественного. Это случай, когда невозможно решить уравнение. Невозможно вычислить результат взаимодействия из уравнения, в котором взаимодействие отсутствует.

Как следует поступать с соотношением, где имеется квадратный корень из мнимого числа? Также никак не следует поступать. Уравнение следовало записать в исходном виде, где отсутствует корень, а остальные величины взяты в квадрате. В этом случае отрицательный знак будет означать то, что частица ведет себя как античастица. Отрицательный заряд будет взаимодействовать с полем как положительный, а положительный, как отрицательный. Поле частицы, двигающейся со скоростью больше скорости света таково, что отрицательно заряженная частица будет притягиваться к отрицательному заряду и отталкиваться от положительного заряда. Но стоит частице уменьшить скорость до скорости света, она уже не будет никак взаимодействовать с зарядом, находящимся по курсу ее движения, а если скорость уменьшить еще на некоторую величину, она будет взаимодействовать по правилам. Отрицательная частица при движении со скоростью меньше скорости света будет притягиваться к положительному заряду и отталкиваться от отрицательного.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, все экспериментальные данные, соединенные вместе, включая самые последние, принимая во внимание возможность создания интерферометра со средой [7], доказывают, что теория относительности Эйнштейна ошибочна. Все эти сведения хорошо согласуются с теорией Лоренца, с уточнением. Это уточнение состоит в том, что размеры твердых тел зависят от эфирного ветра. Сжатия электрона, о котором писал Лоренц, не требуется. Также не имеет места сжатие поля вокруг электрона. Поле распространяется в среде, в эфире, поэтому оно распространяется по сфере. При движении электрона он не сохраняет свое пребывание в центре этой сферы. Также мы дали объяснение физической причины того, что размеры движущихся тел сокращаются. Это происходит вследствие нарушения условий равновесия атомов и молекул в своих кристаллических решетках, поэтому эти решетки деформируются. Все твердые тела и все жидкости деформируются на малую и одинаковую относительную величину. Поэтому данное явление не может быть выявлено экспериментально теми путями, в которых осуществляются фазовые измерения

приращения оптического света по отношению к размерам твердых тел. Обе эти величины не неизменны, но изменяются одинаково при движении лаборатории. Поэтому движение лаборатории относительно эфира не может быть обнаружено с помощью интерферометра Майкельсона.

Суть привилегированной системы по Лоренцу кардинально отличает ее от теории относительности. В полном изложении теории относительности гипотеза о такой привилегированной системе легализована, хотя это сделано уже под давлением необходимости упрощения уравнений. Такая реабилитация «неподвижной» системы не возвращает утраченной логичности физики. Ограничение скорости движения любой частицы, которое выдвинул Эйнштейн, ошибочно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному заданию №2014/138, тема проекта «Новые структуры, модели и алгоритмы для прорывных методов управления техническими системами на основе наукоемких результатов интеллектуальной деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] V.A. Zhmud. On the Relativist Corrections of Processed Data from the Global Cosmic Systems GPS and GLONASS // Proceedings of DST-RFBR-Sponsored Second Indo-Russian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics. NSTU, Novosibirsk, Russia. 9th – 12th September 2011. pp. 251–255.
- [2] L. Brillouin. Relativity re-examined. Academic Press. New York and London. 1970.
- [3] Yu. B. Rumer, M.S. Rivkin. Theory of relativity, 1960. (*In Russian*).
- [4] Michelson–Morley experiment. From Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Michelson%20%80%93Morley_experiment
- [5] A. Einstein. Complete set of works. (*In Russian*). Nauka. 1965. Vol.1.
- [6] Fizeau experiment. From Wikipedia, the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Fizeau_experiment
- [7] Patent of Russia N 107346. Interferometer. Rightholder: Inst. of Laser Physics SB RAS. Author: V.A. Zhmud (Ru), Claim N2011100243, priority from 11 January, 2011, registered 10.08.2011., Published in Bulletin N22, 10.08.2011. Class MPK G01 B 9/02 (2006.01).
- [8] Thermal expansion. From Wikipedia, the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_expansion
- [9] V.A. Zhmud, S.V. Bugrov. The modeling of the electron movements inside the atom on the base of the non-quantum physics. // Proceedings of the 18th IASTED International Conference “Applied Simulation and Modeling” (ASM 2009). Sept. 7-9, 2009. Palma de Mallorca, Spain. P.17 – 23.
- [10] Hafele, J.; Keating, R. (July 14, 1972). «Around the world atomic clocks: predicted relativistic time gains». *Science* 177 (4044): 166–168. DOI:10.1126/science.177.4044.166. PMID 17779917.
- [11] [Metromnia Issue 18 — Spring 2005](#).
- [12] The Sun atmosphere. *In Russian*. Internet book. http://www.kosmofizika.ru/spravka/atm_s.htm
- [13] V.A. Zhmud. About gravitational lenses. // Collection of science papers of Novosibirsk State Technical University (in Russian). 2004, Novosibirsk, N 2(36), p.149–156.
- [14] Nyquist–Shannon sampling theorem. http://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%20%80%93Shannon_sampling_theorem

- [15] Dike R.H. Phys. Today, 20 (1), 55 (1967).
- [16] Chazy J. Theorie de relativite et mecanique celeste, 2 vols, Paris, 1930.
- [17] Tom Van Flandern. What the Global Positioning System Tells Us about Relativity. URL: <http://www.metaresearch.org/cosmology/gps-relativity.asp>. From the book "Open Questions in Relativist Physics", p.81 – 90. Editor frnqco Selleri, Edited in Montreal, Apeiron. 1998.
- [18] A. Einstein. Betmerkungen uber periodische Schwankungen der Mondldnge, welche bisher nach der Newtonschen Mechanik nicht erkldrbar schienen. Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss., In book: Complete set of works. In Russian. Nauka. 1965. Vol.1. 1919, 433-436.
- [19] <http://grigam.narod.ru/inform/inf6.htm>
- [20] http://graphics.cs.msu.su/courses/cg_el00/kotelnikov.pdf
- [21] <http://nuclphys.sinp.msu.ru/spargalka/new/a02.htm>
- [22] http://www.chemistry.ssu.samara.ru/chem1/22_geiz.htm
- [23] <http://psylib.ukrweb.net/books/hokin01/txt04.htm>
- [24] Science American. March, 2009, N3. "Was Einstein wrong?" http://www.magazinedown.com/Scientific-American---March-2009_920.html In Russian: "V mire nauki" http://journals.ucoz.com/news/v_mire_nauki_5_maj_2009/2010-02-17-2824
- [25] J.M. Johnson, D. Laceywell, A. Selle, W. Jarosz. Gaussian Quadrature for Photon Beams is Tangled. <http://zurich.disneyresearch.com/~wjarosz/publications/johnson11gaussian.pdf>
- [26] K. Nemoto1, W. J. Munro. A near deterministic linear optical CNOT gate. <http://www.hpl.hp.com/techreports/2004/HPL-2004-134.pdf>
- [27] Solar time. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_time
- [28] Dr.Pasquale Migliozi. Measurement of the neutrino speed with the OPERA detector in the CNGS beam. URL: <http://arXiv:1109.4897v1> For Russian readers: The OPERA Collaboraton: (22 Sep 2011) <http://arxiv.org/abs/1109.4897>.
- [29] В.А. Жмудь. Теорема Котельникова-Найвиста-Шеннона, Принцип Неопределенности и Теория Относительности. Автоматика и программная инженерия 2014. №1 (7). С. 127–136.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

I. ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ СТРУКТУРЫ АТОМА

Многие физики старались объяснить стационарность орбит электронов в атомах, но они не преуспели в этом [1-7]. Наиболее существенная причина этого кроется в релятивистском подходе, который запрещает движение электрона со сверхсветовой скоростью.

Если допустить движение электрона с такой скоростью, то многие таинственные феномены станут легко объяснимыми.

Если электрон движется с относительно малой скоростью, то невозможно объяснить, как он может двигаться с ускорением, но при этом не порождать электромагнитного излучения. Важно объяснить, почему излучение электрона именно нулевое, а не просто пренебрежимо мало. Необходимо объяснить, почему температура атома может изменяться, следовательно, энергия его может быть различной, то есть может изменяться скорость движения его компонент (очевидно – электронов), но орбиты электронов остаются постоянными при любой температуре. Также важно понять, каковы в этом случае движения, и

о движении каких компонент атома может идти речь, если это не движение электронов.

Объяснения этих и некоторых других феноменов не было дано с позиции классической физики, но они также и не даны с позиции релятивистской физики. Квантовая физика при ее создании виделась как необходимый раздел физики для объяснения (пусть даже без глубокого понимания) этих феноменов. Кроме того, следует признать, что квантовая физика противоречит релятивистской физике.

В то же время, если отрицать релятивистскую физику, мы могли бы объяснить эти феномены и некоторые другие труднообъяснимые физические факты (как шаровая молния) только с позиции начальных условий и с помощью легко интерпретируемых физических концепций и аналогий.

II. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ АТОМА

В конце XIX века большинство ученых считали, что классическая физика Ньютона не в состоянии объяснить множество экспериментальных фактов, связанный со структурой атома [8]. Макс Планк (*Max Plank*) в 1900 г. предложил гипотезу о квантованной природе энергии генераторов линейных гармонических колебаний [9]. Постулат Планка противоречит механике Ньютона, поскольку он утверждает, что энергия гармонических генераторов V может быть равной только дискретной величине с шагом дискретности равным $\hbar\nu$, где \hbar – постоянная Планка [8].

В 1910 г. Эрнест Резерфорд (*Ernest Rutherford*) поручил молодому ученому Марсдену (*Marsden*) исследовать рассеяние α -частиц тонкой золотой фольгой. С точки зрения модели атома, Дж.Дж. Томсона (*J.J. Thomson*), Резерфорд не ожидал никаких необычных результатов. Согласно общепринятой в те времена модели, атомы трактовались как положительно заряженные пористые сферы диаметром 10^{-10} м. Предполагалось, что электроны вкраплены в эти сферы [8]. В соответствии с этой моделью, спектры излучения атомов зависят от гармонических колебаний электронов в порах такого атома. Такой атом не представлял бы существенного препятствия для α -частиц. Но в экспериментах Марсдена фольга рассеивала α -частицы так, что некоторые частицы двигались в обратном направлении. Этот результат опровергал модель Дж.Дж. Томсона, поэтому Резерфорд предложил альтернативную модель атома. На основе распределения рассеяния α -частиц Резерфорд предположил, что положительно заряженное ядро атома имеет диаметр от 10^{-14} до 10^{-15} м, а электроны размещены поблизости от этого ядра. Эти базовые утверждения вошли в теоретическую физику, и они входят в не до сих

пор, отказываться от них нет никаких оснований, поскольку они фактически доказаны упомянутым опытом.

Таким образом, приблизительно структура атома уже известна, но остается проблема, связанная с указанием того, какое именно движения совершают электроны внутри атома.

Это предмет множества дискуссий, в которых затрагивается множество вопросов, на многие из которых до сих пор не имеется достоверных ответов. Электроны не могут оставаться неподвижными, поскольку в этом случае они бы упали на ядра. Их движение должно как раз и определить размеры атома, диаметр которого в тысячи раз диаметра ядра. Резерфорд предположил, что орбиты электронов круговые, подобно орбитам планет в Солнечной системе [10], откуда берет начало термин «планетарная модель атома». Каждый физик понимает, что эта модель слишком примитивна и не может объяснить ряд хорошо известных неопровержимых экспериментальных фактов.

III. НЕОПРОВЕРЖИМЫЕ ФАКТЫ ОБ АТОМЕ

1. Атомы не плоские; они трехмерные. Однако планетарная модель дает только плоские круговые орбиты, а далеко не сферические.

2. Орбиты электронов в атомах стационарны; электроны не падают на ядра, и они не улетают прочь (за исключением временной потери нескольких электронов при образовании ионов с последующим возвращением этих или иных электронов на те же самые орбиты). Природа стационарных свойств орбит не может быть объяснена планетарной моделью, поскольку в соответствии с такой моделью диаметры орбит должны зависеть от начальных скоростей и начальных положений электронов относительно ядер. В таком случае стационарные орбиты возникали бы крайне редко.

3. Стационарные орбиты электронов в атомах не чувствительны к внешним условиям; они практически не зависят от температуры, внешнего магнитного или электромагнитного поля. При планетарной модели даже для стационарных орбит их диаметр зависит от начальной скорости и положения, как показано на Рис. А1.

4. Единственная траектория, при движении по которой заряженная частица не излучает электромагнитной энергии – это прямая, причем движение по ней должно быть равномерным. Но орбиты электронов не являются прямыми линиями, это искривленные линии, иначе электроны покинули бы атом. Следовательно, электроны движутся с ускорением. Но электроны при этом все же не излучают электромагнитной энергии. Тем самым нарушаются фундаментальные законы физики. Приходится считать, что внутри атомов

фундаментальные законы физики иные, нежели за их пределами.

IV. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ И ЕЕ НЕДОСТАТКИ

Наконец, Нильс Бор (*N. Bohr*) в 1913 г. предложил применить квантовую теорию М. Планка для формирования новой модели атома [10]. В этой новой модели Бора-Резерфорда электроны сохраняют непрерывное значение энергии, поскольку величины энергии квантованы, то есть могут принимать лишь фиксированные дискретные уровни. При таком предположении любые потери энергии, порция которых была бы меньше, чем квант, невозможны. Поэтому вопрос «Почему электроны не падают на ядра?» получил возможный ответ. Также появился возможный ответ на вопрос, почему орбиты стационарны.

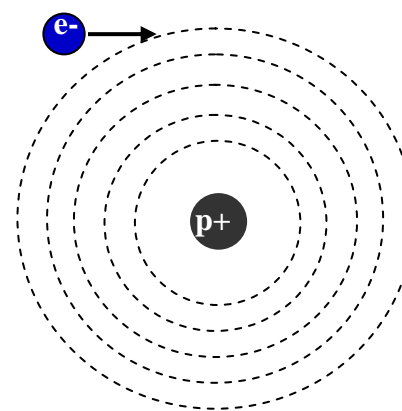


Рис. А1. Возможные орбиты электрона в планетарной модели атома водорода по гипотезе Резерфорда

Но при этом возникает масса других вопросов.

1. В чем причина квантовой природы энергии?

2. Если квантовая природа энергии – это свойство энергии как таковой, тогда почему величина кванта очень специфична для каждого атома и даже для каждой орбиты электрона?

3. Если орбиты электронов стационарны с фиксированной энергией для каждой орбиты, тогда почему их энергия может изменяться благодаря эффекту Доплера (*Doppler*) и вследствие некоторых других эффектов?

4. Как такое может быть, что энергия кванта $e = \hbar\nu$ фиксирована, с фиксированной константой $\hbar = const$, но при этом частота излучения атома ν вовсе не фиксированная величина как таковая, хотя и почти фиксирована для каждой конкретной орбиты (если не считать эффект Доплера и другие эффекты)?

Ранее П. Капица предсказывал, что будущие теории будут развивать знания о модели атома. Он верил, что прогресс в вычислительной технике и в математических моделях внесет существенный вклад в это развитие [9].

Действительно, причина некоторых нерешенных проблем теоретической физики может крыться в недостаточном развитии и использовании математического моделирования и прикладной математики. Гипотеза о квантовой природе энергии породила только видимость решения проблемы. Различие разностей энергии электронов на соседних энергетических уровнях в пределах одного атома, и тем более разных атомах доказывает, что эта разница не является собственным свойством энергии, а является следствием структуры атома, которая влияет на величины различных энергетических уровней. Следовательно, квантовый характер испускаемой энергии не может быть причиной специфической структуры атома, а является ее следствием. На протяжении истории развития физической теории количество вопросов без ответов возрастало намного быстрее, чем количество ответов на поставленные вопросы. На современном этапе развития математики и информатики становится возможным отыскание математической модели процесса на основе рассмотрения зависимостей всех параметров движения друг от друга в соответствии с законами физики. При ее использовании могут быть рассчитаны орбиты электронов и все параметры электронов на этих орбитах. Результаты моделирования даже при многих упрощениях объясняют причины того, что орбиты электронов стационарны. Также результаты объясняют стабильность частот излучения и некоторые другие свойства, которые до настоящего времени не были объяснены. Квантовую теорию не требуется принимать как *аксиому*. Она становится естественным *следствием* начальных условий задачи и ее решения методами моделирования. Обсуждаемые результаты устраняют противоречия между квантовым и классическим подходами, поскольку они показывают их единство. А именно: квантовая природа излучения является следствием классического подхода, но не является неотъемлемой природой света.

Действительно, с постулатом Планка имеются некоторые проблемы. Утверждение, что энергия электромагнитных волн с частотой ν состоит из квантов $h\nu$ порождает больше вопросов, чем ответов. Предположим, что энергия генератора на фиксированной частоте может изменяться только дискретными шагами – квантами. Но ведь частота не фиксирована. Таким образом, остается вопрос, почему генератор не может изменить частоту плавно? А коль скоро частота излучения в природе как таковой может быть любой (квантовой природы частот излучения как таковых не выявлено), то и энергия кванта может быть в некотором интервале произвольной величиной. Если фиксированную величину (постоянную Планка) умножить на произвольную величину (частоту), то можно

получить произвольную величину, никакой дискретности здесь не возникает. Следовательно, энергия может изменяться на добавку, которая не является дискретной. Поэтому объяснение постоянства орбит электронов в атомах не может быть дано введением постулата Планка о квантовом характере энергии в том виде, а каков он дан. Подобный постулат объяснял бы постоянство орбит, если бы величина кванта была фиксированной величиной, постоянной для всех атомов и всех орбит. Этот объяснял бы постоянство орбит электронов, но это не соответствовало бы истине, поскольку в природе существуют различные частоты. Такое предположение опровергалось бы тем фактом, что *различные* атомы излучают энергию не на частотах, отличающихся строго фиксированной величиной, а на частотах, отличающихся друг от друга на произвольные (не дискретные) величины. Разности энергий, соответствующих этим частотам, не равны строго целому числу некоторых элементарных величин (фиксированных квантов).

Для того, чтобы постулат о квантовой природе энергии оправдал свою цель (объяснение стационарности орбит), требуется вводить дополнительные постулаты. Например, можно было бы постулировать утверждение, что частоты излучения электронов на каждой конкретной орбите (атомарной или молекулярной) каждого вещества являются константами для данных орбит. Следовательно, нам потребовалось бы два постулата для объяснения одного явления. Согласно принципу Оккама, следует предпочесть более простое объяснение более сложному, то есть два постулата излишни там, где можно обойтись одним постулатом для объяснения непонятого явления. Второй постулат сам по себе достаточен для объяснения рассматриваемого явления. Поэтому первый постулат не требуется. Первый постулат нет никакого смысла сохранять, так как он не решает задачу, для решения которой он был принят. Без второго постулата он не имеет смысла, а второй сам по себе достаточен, то есть первый постулат не нужен и в случае принятия второго постулата, и в случае непринятия его.

Авторы статей и книг о структуре атома никогда не обсуждают эту проблему, как будто бы не замечая ее. Они декларируют стабильность орбит как экспериментальный факт, далее утверждают, что квантовая теория Планка основана на этом факте и является достаточным объяснением этого факта. Здесь налицо утрата научной последовательности и логики, указанное утверждение бездоказательно.

Если бы в математике где-либо была нарушена логика доказательности, такой вывод никогда не смог бы быть опубликован в серьезном научном журнале, либо если бы по

невнимательности подобная ошибка закралась бы в публикацию, она была бы найдена другими читателями и опровергнута. В физике такой строгости в теории зачастую нет: авторы используют непроверенные или явно ошибочные утверждения, либо в цепи доказательств отсутствует строгость, либо рассматриваются не все возможные варианты гипотез, либо одно из важнейших звеньев доказательств попросту упускается из виду.

Из планетарной модели известно, что стационарность орбит связана с соответствием между частотой обращения «спутника» и его удаленностью. Но стационарность орбит не может быть одновременно и исходной посылкой, и следствием теории. Если стационарность орбит лежит в основании теории как постулат, следует признать, что она не объяснена. Следовательно, к любой теории, которая пытается объяснить это явление следует относиться как к *новой теории*. Ее следует изучать, критиковать, а если она выдерживает критику, ее следует принять. Если же стационарность орбит не заложена как постулат, а выводится как следствие, то следует показать, каким образом она следует из того допущения, что энергия как таковая (а не энергия каждой конкретной орбиты) является дискретной величиной, и эта дискретная величина универсальна для всех атомов. Если же такая дискретная величина не является универсальной и фиксированной, тогда следует признать, что на самом деле постулат Планка утверждает не дискретность энергии как таковой, а дискретность энергии лишь в отношении каждый выбранных конкретных орбит электрона в выбранном виде атома или молекулы. Но тогда это будет не универсальный постулат об энергии как таковой, а набор постулатов о каждой орбите в частности. Но в этом случае фактически речь идет о том же самом постулате, что все орбиты имеют фиксированные значения, с той всего лишь разницей, что эти постулаты сформулированы в терминах энергии, а не в терминах иных показателей механических движений (диаметр орбиты, частота обращения и так далее).

Если стационарность орбит постулирована, то квантовая теория не нужна. В этом случае излученная однажды энергия, хотя она и может быть излучена лишь дискретными порциями, далее не обязательно должна сохранять дискретные свойства как свойства энергии как таковой.

Если бы теория Планка была верна, то поглощаться энергия могла бы лишь теми же самыми квантами, которые играли роль при излучении атомов и молекул. Но в таком случае излучение каждого атома могло бы быть поглощено лишь таким же атомом, поскольку каждое такое излучение состояло бы из квантов, имеющих индивидуальные величины значений, которые можно вычислить через частоту.

Чужеродный атом мог бы поглотить лишь такую энергию, которая отличает возможные орбиты электронов в этом атоме, квант меньших размеров он поглотить бы не мог, поскольку тогда электрон должен был бы переместиться на неразрешенную для него орбиту. По этой же причине атом не мог бы поглотить и квант большей энергии. То есть излучение атома магния мог бы поглотить лишь другой атом магния, излучение атома натрия – лишь другой атом натрия и так далее.

Поэтому очевидно, что квантовая теория в своем главном постулате ошибочна: квантованные свойства энергии не являются ее неотъемлемой природой, а лишь следствием формирования этой энергии при конкретных видах излучения конкретными электронами на конкретных орбитах конкретных атомов и молекул.

Приведем аналогию со звуком. Рассмотрим гитару с шестью струнами. Каждая струна может звучать на фиксированной частоте. Можно говорить, что звуковое излучение гитары в этом смысле квантовано по частотам. Но эта квантовость не является свойством звуковых волн, а является следствием природы их зарождения в данном конкретном случае.

Таким образом, если стационарность орбит не постулируется, квантовая теория не достаточна, если же она постулируется, то квантовая теория не требуется, является излишней

Триумф квантовой теории связан с идеей Резерфорда (*Rutherford*) о том, что атом содержит компактное положительно заряженное ядро в его центре [11]. Объединение этой идеи с квантовой теорией стало великим достижением Бора (*Bohr*) в 1913-1915 гг. [12–14]. Нильс Бор писал, что замкнутые системы могут обладать дискретным стационарным состоянием [10]. Этот постулат основан на экспериментальном факте стабильности размеров атома. Бор предложил рассматривать квантовую физику как развитие классической физики [10]. На протяжении XX века каждая новая теория, которая давала какой-либо ответ на актуальный вопрос о структуре атома, при этом ставила несколько новых вопросов, ответить на которые было значительно труднее [14, 15]. Так, например, Паули (*Pauli*) в 1925 г. писал о механике Гейзенберга (*Heisenberg*), что она вернула ему радость и надежду, но пока еще не позволила двигаться дальше [10]. Проблема теории атома водорода привлекала многих знаменитых физиков. Но даже сейчас загадка стационарности атома не разрешена окончательно. Гейзенберг писал, что как модель Бора, так и модель Шредингера (*Schrödinger*) содержат некоторую долю истины [10]. Ни одна из известных моделей не достаточна. Несмотря на большое количество исследованных спектров излучения атомов и молекул, несмотря на наилучший математический инструментарий,

современные знания об атоме не могут быть рассмотрены как результат решения некоторых заданных уравнений и начальных условий [16].

Эрвин Шредингер (*Ervin Schrödinger*), один из создателей квантовой механики, на протяжении всей своей жизни был врагом вероятностного подхода. Он старался приблизиться к непрерывному и детерминированному решению. Такой же подход разделяли с ним А. Эйнштейн (*A. Einstein*), М. Планк (*M. Plank*), Л. де Бройль (*L. De Broglie*) и другие знаменитые физики. Они настаивали на классическом подходе к квантовой механике [17]. В 1925 г. Шредингер изучил диссертацию де Бройля [18]. Он сказал, что его математических знаний не достаточно [19]. На основе колебательной теории Шредингер создал волновую механику [17]. Необходимо отметить и запомнить следующий факт: Шредингер использовал **аналогию математического аппарата замкнутых динамических систем и результаты этой теории к задачам излучения атома и движения электронов**. Без физического основания для такого заимствования он все же нашел верный путь создания теории. Он искал интерпретацию своих уравнений среди трехмерных колебаний. Он отрицал теорию квантовых приращений энергии [20 – 22].

Таким образом, мы не подвергаем сомнению квантовую теорию Планка как таковую в плане ее **некоторых** следствий. Мы пытаемся найти причину ее естественности. Мы хотим показать возможность вычисления фактических квантовых эффектов как следствие элементарной классической механики с некоторыми необходимыми добавлениями, которые мы считаем естественными и существенными.

V. УРАВНЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В начале исследования задача состоит не в вычислении всех параметров конкретной орбиты электрона, а, как минимум, демонстрация возможности существования траекторий движения, которые являются результатом подхода с позиции классической теории, и при этом полученные орбиты будут стабильны, не зависими от начальной скорости и начального расстояния электрона от ядра. Поэтому мы можем не использовать конкретных физических величин и констант, а ограничиться лишь моделированием с простыми численными примерами. Нам достаточно использовать только реальные физические уравнения, установленными связями между величинами и выбрать метод решения задач, такой как математическое моделирование.

Стартовые уравнения основаны на следующем.

1. Мы рассмотрим стартовые условия электрона и ядра на одной прямой линии. Также мы допускаем начальную скорость электрона вдоль этой линии. Это позволяет упростить моделирование и вместо векторных величин использовать только алгебраических величин. При таких условиях планетарная модель не даст стабильных орбит, но такой подход оправдан тем, что такая ситуация наиболее вероятна. Действительно, если электрон захватывается на значительном относительном расстоянии, легко представить, что он, вероятно, приближается к ядру по прямой линии, проходящей практически через центр ядра. Если наша методика будет принята, более сложные начальные условия можно будет ввести при дальнейших исследованиях. Поэтому мы можем обсуждать лишь изменение во времени расстояния между электроном и ядром и радиальную скорость, и ускорение. Определение «радиальный» далее можно опустить.

2. Расстояние естественно определить, как сумму начального расстояния и интеграла от скорости:

$$S(t) = S_0 + \int_0^t V(t) dt . \quad (1)$$

3. Скорость также естественно определить, как сумму начальной скорости и интеграла от ускорению:

$$V(t) = V_0 + \int_0^t A(t) dt . \quad (2)$$

4. Ускорение задается через силу, а сила задается законом Кулона. Для простоты положим массу электрона равной единице, тогда ускорение равно силе. Ускорение, как и сила, обратно пропорционально расстоянию. Дополнительно введем два коэффициента, $1/M$ и K :

$$A(t) = -\frac{Q^2}{S^2(t)} M^{-1}(V) K(S) . \quad (3)$$

5. Первый коэффициент аналог возрастанию массы с ростом скорости. Он также может трактоваться как ослабление поля на ускорение электрона, то есть ослабление силы с ростом скорости. Эта вторая концепция представляется нам более обоснованной. Более естественно представить ослабление силы до нуля при скорости частицы, равной скорости распространения поля (это не только естественно, но может быть даже предсказано теоретически на основе простых соображений), чем возрастание массы электрона до бесконечности (что не только противостоит, но и противоречит закону сохранения массы, или массы и энергии). Этот коэффициент имеет вид:

$$M(V) = \frac{1}{\sqrt{|1 - V^2 C^{-2}|}} . \quad (4)$$

б. Поскольку закон Кулона сформулирован только для точечных заряженных частиц, требуется ввести корректирующий коэффициент для сближения частиц на расстояние меньше, чем радиус наибольшей из притягивающихся частиц. Для ясности рассмотрим сближение двух заряженных сфер, которые способны совмещать свое положение в пространстве. Если такие сферы частично проникли друг в друга, то часть заряда вследствие рекомбинации перестает участвовать во взаимодействии. При нулевом расстоянии вся сила должна стать равной нулю. Таким образом, мы получаем:

$$K(S) = \frac{S^2}{\max\{R^2, S^2\}} \min\{R, S\} / R \quad (5)$$

Мы можем утверждать, что сила притяжения электрона становится слабее, когда электрон движется вдоль направления поля, как показано на *Рис. А2*.

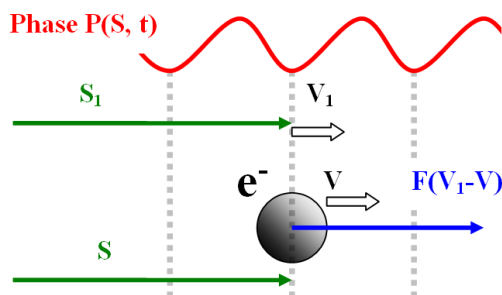


Рис. А2. Иллюстрация ситуации, когда поле движется со скоростью, приближающейся к скорости света

Мы допускаем, что электрон может двигаться со скоростью, равной скорости света, и даже с большей скоростью, поскольку нет никаких оснований против такого предположения. Сам Эйнштейн изначально не отрицал такую возможность в его первых работах. Он лишь писал, что такая скорость порождает определенные проблемы в уравнении. В действительности нет никаких математических проблем в этом случае [27]. Указанный сомножитель должен располагаться не в знаменателе справа, а в числителе слева (что абсолютно идентично для случая ненулевого коэффициента), и в этом случае он указывает лишь на то, что сила воздействия статического поля на частицу, движущуюся со скоростью, равную скорости распространения этого поля, равна нулю.

Мы можем видеть, что существенные изменения начальной скорости не дает никаких изменений амплитуды и частоты установившихся колебаний электрона около атома.

Основной вывод наших исследований возможных траекторий электрона состоит в следующем [27]:

1. Если ранее планетарная модель атома только в двумерном случае дает круговые траектории, как показано на *Рис. А1*, то теперь мы получили стабильные амплитуду и частоту колебаний даже в одномерном случае. Для иллюстрации на *Рис. А3* показана фазовая траектория одномерных движений электрона, то есть по оси Y показана скорость, а по оси X - расстояние. Эти результаты хорошо согласуются с хорошо известными свойствами атома [1–8]. Согласие следует понимать так, что они не противоречат фактам и не исключают факты, хотя такие траектории ранее не выдвигались теоретически. Эти результаты получены на основе классической физики без использования квантовой гипотезы или какой-либо аналогичной гипотезы, или постулата.

2. Эти результаты не противоречат квантовой теории. Они согласуются с ее следствиями и дают для нее обоснования, но они позволяют опровергнуть утверждение о том, что квантовая природа энергии присуща ей как неотъемлемое свойство. Теперь они дают обоснование для того, чтобы квантовые свойства излучения обосновать физически не на основе постулата, а на основе теории и моделирования, как *естественное математическое следствие*. Квантовая теория становится не безосновательной аксиомой, принятой для объяснения экспериментально известных фактов, а следствием из расчета на основе обоснованной теоретически физической модели указанного исследования. Поскольку условия колебательных движений инвариантны к углу ориентации ядра (по крайней мере, в модели атома водорода), следовательно, в трехмерном случае мы можем предположить стохастические колебания со стабильной амплитудой максимального отклонения и произвольным углом поворота, как показано на *Рис. А4*. Можно предположить, что по какой-то причине ориентация колебаний быстро изменяется и поэтому получается сферическая форма электронного облака водорода в среднем. Во всяком случае, атом водорода в свободном состоянии встречается довольно редко, поскольку он весьма активно присоединяется к другим атомам или радикалам (то есть к соединениям молекул, имеющим заряд). Поэтому можно утверждать, что атом водорода, оставаясь в среднем нейтральным, характеризуется некоторым пространственным разделением заряда.

3. Трехмерное моделирование с реальными физическими величинами и коэффициентами актуально и представляет большой интерес. Эта работа входит в наши планы, но она требует много начальных сведений и адекватного учета всех условия, в противном случае могут возникнуть ошибки. Но даже первые результаты для одномерного случая весьма показательны, поскольку возможность возникновения

устойчивых колебаний с постоянной амплитудой и частотой доказана для различных начальных условий.

Некоторые утверждения квантовой теории являются естественным следствием классической теории для рассматриваемого специфического класса задач, а некоторые утверждения этой теории опровергаются. Мы не используем постулаты теории относительности относительно ограничения скорости частиц с ненулевой массой, поскольку она противоречит квантовой теории и многим другим фактам, о чем сказано выше. В нашем случае ограниченная величина ускорения приводит к тому, что это условие, как правило, выполняется, но в специфических условиях оно может нарушаться. Именно при нарушении этого условия возникает световое излучение. Можно утверждать, что во всех случаях, когда возникает световое излучение, оно возникает вследствие того, что скорость частицы превышает скорость света в этой среде (или в вакууме).

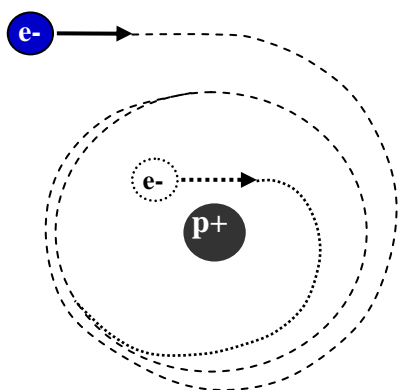


Figure A3. Возможные фазовые траектории одномерной модели (1) - (5)

Таким образом, часть утверждений квантовой теории, сформулированных без доказательств как постулаты, в нашем случае могут трактоваться как частное следствие. От некоторых утверждений квантовой теории следует отказаться.

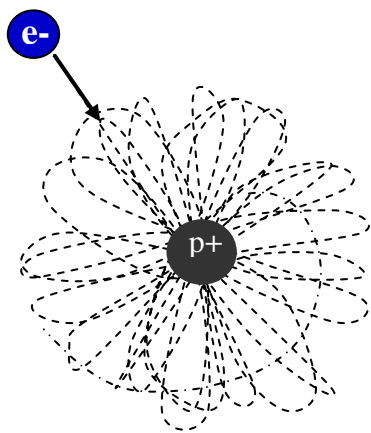


Рис. А4. Возможные траектории трехмерной модели при обсуждаемом подходе

В частности, мы не допускаем мгновенного перемещения электрона с одной орбиты на другую, как это требуется в квантовой теории. Мы такой перескок отрицаем, он противоречит физике. Мгновенный перескок означает бесконечную скорость и нулевое время, следовательно, и бесконечное ускорение – сначала положительное, затем отрицательное. В этом случае следовало бы говорить о бесконечной силе или о нулевой массе, но масса электрона не нулевая, а бесконечной силы быть не может. Гипотеза о том, что энергия сама по себе может принимать лишь квантованные значения, требует принятия предположения, что на любой орбите электрона его энергия неизменна. В этом случае следует также предположить, что электрон каким-то путем переходит с одной орбиты на другую, и во время перехода его положение изменяется.

Рассмотрим два вида энергии: кинетическую и потенциальную.

Лишь на круговой орбите при планетарной модели как кинетическая, так и потенциальная энергия движущейся частицы остается неизменной. Если она движется по другой орбите, эллиптической или иной, расстояние между ней и центром притяжения изменяется во времени. Следовательно, ее потенциальная энергия изменяется. Следовательно, изменяется также и кинетическая энергия, поскольку естественно было бы предположить, что в целом энергия частицы остается постоянной. При эллиптическом движении на более удаленном расстоянии скорость должна падать, а на более близком расстоянии она должна возрастать. Если же предположить, что энергия может иметь лишь фиксированное значение, то естественно было бы предположить, что это свойство дискретности распространяется не на сумму кинетической и потенциальной энергии (или не только на сумму), а на каждый вид энергии в отдельности. То есть следовало бы предположить, что и расстояние от центра притяжения до частицы может изменяться дискретно, и скорость частицы также может изменяться дискретно. Дискретное изменение предполагает мгновенный переход из одного состояния в другое, минуя все промежуточные, здесь речь должна идти не о предельно малом времени пребывания частицы в промежуточном положении, а о принципиальном отсутствии пребывания частицы в таком промежуточном положении, скорость перехода должна быть строго нулевой. Это предполагает бесконечную скорость. Если бы речь могла идти о взаимно пересекающихся орбитах с разным энергетическим уровнем, то частица могла бы переходить с одной орбиты на другую, не разу не пребывая в положении вне какой-либо из этих орбит. Но круговые орбиты с общим центром не могут пересекаться. Таким образом,

предположение о квантовой природе энергии как таковой, ошибочно, ибо противоречит всем экспериментальным и теоретическим сведениям механики и электродинамики.

В нашей альтернативной теории для объяснения стабильности орбит отнюдь не требуется мгновенного перескока электрона с одной орбиты на другую. Напротив – такой переход сопровождается некоторым переходным процессом, важной компонентой которого являются колебания. Мы предполагаем, что такие колебания происходят не только в отношении координаты частицы в пространстве, но и в отношении скорости частицы. А именно: скорость электрона колеблется около скорости, равной скорости света. Затухание этого колебания связано с испусканием избыточной энергии в пространство, что и порождает световое излучение.

Таким образом, при нашем подходе снимается целый ряд противоречий и парадоксов, которые неотъемлемо возникают в случае принятия квантовой теории.

VI. ПОЛЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОНА

Поле покоящегося электрона в соответствии с концепцией любой теории представляется инвариантным по направлению, то есть распространяющимся радиально из его центра, а волновой фронт такого поля – сфера. В плоскости такое поле может быть отображено концентрическими кругами, как показано на *Рис. А5, а*.

Когда электрон движется, его поле деформируется. В соответствии с концепцией Эйнштейна, оно не трансформируется вовсе в системе отсчета, связанной с электроном; оно будет таким же, как если бы электрон оставался неподвижным. *Рис. А5, а* таким образом, показывает и эту ситуацию тоже.

В соответствии с гипотезой Лоренца, поле электрона сжимается вдоль линии направления его движения, как показано на *Рис А5, b*. Мы не согласны ни с одной из этих гипотез. По нашей гипотезе поле электрона распространяется от точки, в которой оно было излучено, с постоянной скоростью относительно неподвижной системы (связанной с покоящейся средой) во всех направлениях. Если скорость электрона меньше, чем скорость света, то ситуация может быть проиллюстрирована картинкой, показанной на *Рис. А5, с*, где каждый круг остается в пределах большего круга, хотя их центры смещаются. Если же электрон движется со сверхсветовой скоростью, тогда этот случай может быть проиллюстрирован картинкой, показанной на *Рис. А5, d*. В этом случае каждый новый круг начинает свое расширение из области, которая лежит вне пределов всех предыдущих кругов. Действительно, волна из центра

распространяется медленнее, чем сам электрон, поэтому он обгоняет поле, излученное им же самим.

Если электрон обгоняет собственное поле, естественно, что он встречает обратное воздействие со стороны собственного поля. В этом случае его собственное поле, по-видимому, начинает тормозить электрон, поскольку электрон как бы притягивается к собственному полю так, как если бы в точке, где был электрон в момент излучения того фронта, который он сейчас пересекает, находился положительно заряженная частица. Причина этого в том, что электрон, который движется со сверхсветовой скоростью, воспринимается в неподвижной системе как позитрон, а сам положительные заряды воспринимает как отрицательные, и наоборот. Поэтому свой собственный образ он воспринимает как античастицу и начинает к нему притягиваться. Вследствие этого скорость электрона падает до скорости света. Этот процесс происходит, по-видимому, с многими колебаниями, и теряемая при этом энергия излучается в пространство в виде светового излучения.

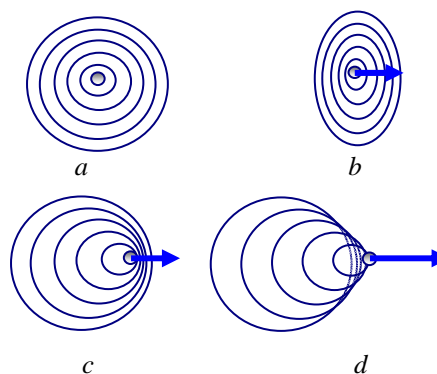


Рис. А5. Различные концепции движения электрона и его поля: *a* – покоящийся электрон, или электрон по теории относительности Эйнштейна; *b* – поле движущегося электрона по концепции Лоренца, *c* – поле движущегося с субсветовой скоростью электрона по нашей концепции, *d* – поле движущегося со сверхсветовой скоростью электрона по нашей концепции

Для окружающего поля сверхсветовой электрон воспринимается как позитрон. По-видимому, все эксперименты по наблюдению позитронов или иных элементарных частиц – это неверно истолкованные эксперименты с наблюдением частиц, движущихся со сверхсветовой скоростью.

Указанный механизм возникновения светового излучения подтверждается следующими соображениями:

1. В некоторых средах скорость света существенно ниже, чем в вакууме. Теория относительности не запрещает движения электрона в таких средах со скоростью, которая была бы выше, чем скорость света в этой среде,

хотя и ниже, чем скорость света в вакууме. Известно, что если электрон движется со скоростью, выше, чем скорость электрического поля в данной среде, он порождает световое излучение. Теоретического объяснения этому эффекту до сих пор не дано, но это явление известно, как эффект Черенкова.

2. Объяснения излучению света разогретых атомов до сих пор не дано.

3. Предлагаемая концепция позволяет объяснить оба указанных явления одним и тем же механизмом зарождения световых волн. Действительно, описанными численными экспериментами показано, что следствием вполне естественных допущений (1) – (5) является возможность электрона двигаться со скоростью, превышающей скорость света. Это может происходить при переходе с орбиты с большим энергетическим уровнем на орбиту с меньшим уровнем. Орбита с большим уровнем может оказаться квазистационарной, то есть электрон может пребывать на ней лишь некоторое относительно небольшое время, после чего спонтанно возвращается на свой исходный уровень. Этим объясняется свечение разогретого тела. Если разогретое тело не испускает светового излучения, то электроны в нем еще не достигают сверхсветовой скорости. Как только электроны начнут достигать сверхсветовой скорости, тело начнет испускать свет.

Никаких физических препятствия физическим телам достигать сверхсветовых скоростей нет, и быть не может. Запрет из теории только лишь потому, что в знаменателе некоторых соотношений появляется ноль – это антинаучная концепция. Редкие случаи фиксирования сверхсветовых скоростей объясняются тем, что, с одной стороны, электрон тем труднее разогнать, чем выше его скорость, а если его скорость равна скорости света, то статическим полем его разогнать выше этой скорости невозможно, только изменяющееся поле может разогнать электрон до скоростей, больше скорости света. С другой стороны, наблюдения частиц, движущихся со сверхсветовыми скоростями, вследствие принятой теории относительности, никогда не признаются таковыми наблюдениями. Физики с большей готовностью признают регистрацию античастиц или регистрацию замедления времени, чем признают сверхсветовую скорость.

Именно поэтому когда частица оставляет след, длина которого превышает величину, получаемую произведением времени жизни этой частицы на скорость света, что явно доказывает, что скорость частицы была больше скорости света, физики признают иную концепцию. Они объясняют этот феномен тем, что время в системе, связанной с частицей, замедляется, поэтому, хотя частица не может существовать столь долго, в собственной

системе отсчета она существовала ровно столько времени, сколько положено, что якобы соответствует гораздо большему времени в системе, связанной с лабораторией.

Таким образом, можно объяснить механизм преобразования тепловой энергии в световую. Приведены аргументы для того, чтобы считать энергию непрерывной величиной, а не дискретной. Световая энергия испускается порциями, которые определяются не природой энергии, а механизмом формирования такого излучения.

Показана возможность того, что заряженные частицы образуют устойчивые системы, объясняет существование атомов и молекул.

Этот же механизм может объяснить шаровые молнии. Они могут возникать, когда заряженное вещество (плазма, возникающая вследствие разряда атмосферного электричества большой мощности через легко воспламеняемое вещество, например, природный парафин или воск) быстро движется к веществу с противоположным зарядом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Max Plank. Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie. Nobel-Vortrag, gehalten vor der Schwedischen Akademie d. Wiss. Zu Stockholm am 2 Juni 1920. Leipzig. 1920. (2 Aufl. 1922. 32 S.).
- [2] Henry Semat, Harvey E. White. Atomic age physics. Rinehart and Company, Inc., New York. 1960.
- [3] M. Plank. Verhandl. Deut. Physik. Ges., V.2, 237 (1900); Ann. Phys. V.4. p.553 (1937).
- [4] N. Bohr. Philosophical Magazine. V.26. 476. 857.
- [5] A. Sommerfeld. Aufbau und Spektrallinien, Braunschweig, 1919.
- [6] L. Brillouin. Relativity reexamined. Academic Press. New York and London. 1970.
- [7] L. Brillouin. Scientific Uncertainty and Information. Academic Press. New York. 1964.
- [8] P.L. Kapitsa. Science activity of Rutherford. In book: P.L. Kapitsa. Experiment, theory, practices. Papers and reports. (in Russian) Moscow. Publishing "Science". 1981.
- [9] N. Bohr. Philosophical Magazine. V.26. 1, 476. 857 (1913).
- [10] Theoretical Physics in the Twentieth Century. A memorial volume to Wolfgang Pauli. Edited by M. Fierz, Zurich, Switzerland and V.F. Weisskopf. Cambridge, USA. 1960.
- [11] E. Rutherford, Philosophical Magazine, V. 21. 669. (1913).
- [12] N. Bohr. Philosophical Magazine. V.27. 506. (1914).
- [13] N. Bohr. Philosophical Magazine. V.29. 332, V.30. 394 (1915).
- [14] N. Bohr. Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Nat. Mat. Medd. Series IV, V.8, 1 (1918).
- [15] W. Heisenberg. Physik und Philosophie. Frankfurt am Main, 1959.
- [16] W. Heisenberg. Introduction to the Unified Field Theory of Elementary Particles. Max-Planck-Institut für Physik and Astrophysik.
- [17] Dr. Dieter Hoffmann. Erwin Schrödinger. BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft. 1984.
- [18] V. Raman, P. Forman. Why was it Schrödinger who developed de Broglie's ideas? Historical studies in the Physical Sciences, v.1. 1969. pp.291-314.
- [19] A. Hermann. Die Jahrhundertwissenschaft. Syttgard. 1977.
- [20] W. Heisenberg. Der Teil und das Ganze. München. 1972.
- [21] Louis de Broglie end der Physiker. Humberg. 1955.
- [22] E. Schrödinger. Are the quantum jumps? British Journal of Philosophical Science. V.3. 1952. pp.233-242.
- [23] P.L. Kapitsa. The Future of the Science. In book: P.L. Kapitsa. Experiment, theory, practices. Papers and reports. (in Russian) Moscow. Publishing "Science". 1981.
- [24] A. Einstein. Collected works. In 4 vol. Moscow. Publishing

- “Science”. - 1965. - V.1.
 [25] The Sun atmosphere. In Russian. Internet book. http://www.kosmofizika.ru/spravka/atm_s.htm
 [26] V.A. Zhmud. About gravitational lenses. Collection of science papers of Novosibirsk State Technical University (in Russian). 2004, Novosibirsk, N 2(36), p.149–156.
 [27] V.A. Zhmud, S.V. Bugrov. The modeling of the electron movements inside the atom on the base of the non-quantum physics. Proceedings of the 18th IASTED International Conference “Applied Simulation and Modeling” (ASM 2009). Sept. 7-9, 2009. Palma de Mallorca, Spain. p.17–23.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ТАБЛИЦЫ ИЗ СТАТЬИ [1] И КОММЕНТАРИИ

Ниже приводятся таблицы из статьи «Что глобальная позиционирующая система GPS говорит нам об относительности» [1].

Таблица В1. Независимые эксперименты, имеющие отношение к теории относительности

| Эксперимент (автор эксперимента) | Описание | Год |
|--|---|------|
| Брэдли <i>Bradley</i> | Открытие аберрации света | 1728 |
| Френель <i>Fresnel</i> | Локальная среда оказывает сопротивление движению света | 1817 |
| Эйри <i>Airy</i> | Аберрация независима от локальной среды | 1871 |
| Майкельсон – Морли <i>Michelson-Morley</i> | Скорость света не зависит от орбитального движения Земли | 1881 |
| Де Ситтер <i>De Sitter</i> | Скорость света не зависит от скорости источника света | 1913 |
| Саньяк <i>Sagnac</i> | Скорость света зависит от скорости вращения | 1913 |
| Кэннеди-Торндайк <i>Kennedy-Thorndike</i> | Измеренное время также зависит от скорости движения | 1932 |
| Ивз-Стилвелл <i>Ives-Stilwell</i> | Ионы излучают на частотах, на которые влияет их движение | 1941 |
| Фриш-Смит <i>Frisch-Smith</i> | Радиоактивный распад мезонов замедляется движением | 1963 |
| Хэфеле-Китинг <i>Hafele-Keating</i> | Изменения показаний атомных часов зависят от вращения Земли | 1972 |
| GPS | Часы во всех конструкциях постоянно синхронизируются | 1997 |

Автор пишет относительно Таблицы В2 (в статье [1] она называется «Таблица 2»): «Таблица 2 это подтверждает факт необходимости говорить о предпочтительной системе отсчета. Эти эксперименты с высокой точностью подтверждают первоначальную теорию эфира и сформулированный в ее рамках принцип относительности. Тем не менее, окончательно вопрос о необходимости

предпочтительной системы в природе еще не решен. Конечно, эксперты пока не согласны в его решении. Но из тех, кто сравнивал как теорию относительности Лоренца, так и специальную теорию относительности (Эйнштейна) для этих экспериментов, большинство, похоже, убеждены, что теория относительности Лоренца более легко объясняет поведение природных явлений в них» [1].

Таблица В2. Независимые эксперименты, связанные со специальной теорией относительности

| Эксперимент (автор эксперимента) | Тип | Примечание о применимости |
|----------------------------------|--|---|
| Bradley | Аберрация | Кроме Луны |
| Fresnel | Сопротивление Френеля | Существование эфира |
| Airy | Существование эфира | Вода не принимается в расчет |
| Michelson-Morley | Отсутствие универсального эфира | Эфир «увлекается»? |
| De Sitter | Скорость света не зависит от источника | Аберрация двойных звезд |
| Sagnac | Скорость света зависит от вращения | Локальное гравитационное поле, не вращающееся |
| Kennedy-Thorndike | Замедление часов | Движение относительно локального гравитационного поля |
| Ives-Stilwell | Замедление ионов | Движение относительно локального гравитационного поля |
| Frisch-Smith | Мезоны живут дольше | Движение относительно локального гравитационного поля |
| Hafele-Keating | Ход часов зависит от вращения | Выделяется предпочтительная система отсчета |
| GPS | Всемирная синхронизация | Предпочтительная система отсчета = локальная гравитация |

На наш взгляд на настоящие таблицы и комментарии к ним изложен в статье выше. Также следует учесть четыре метода защиты теории относительности при появлении экспериментов, опровергающих её основы: 1) заявить все опровержения теории относительности иллюзорны; 2) провозгласить

новые экспериментальные результаты как новую базу для дальнейшего развития теории относительности; 3) включить их в теорию относительности в качестве новых постулатов и объявить их качестве нового экспериментального доказательства теории относительности; 4) заявить любую проблему классической физики в качестве доказательства теории относительности.

Отметим, что авторы, которые профессионально эксплуатируют систему GPS, отмечают, что теория относительности Эйнштейна не дает никаких преимуществ в сравнении с теорией относительности Лоренца. При этом теория Лоренца более проста. При этом также в теории Лоренца выделенная (предпочтительная) система отсчета допускается изначально, поэтому необходимости возврата к ней не возникает – теория не отрицает самоё себя. В теории относительности Эйнштейна выделенная система отсчета изначально отрицается, поэтому необходимость возврата к ней является одним из опровержений этой теории.

В отношении трактовки опыта Майкельсона-Морли о том, что этот опыт доказал независимость скорости света от движения Земли – мы уже указывали, что трактовка ошибочна. Измерения производились и производятся относительно твердых тел, размеры твердых тел сами не инвариантны к скорости света; кроме того, в этом опыте измеряется не скорость света, а разность фаз.

Утверждение, что мезоны живут дольше основано на принятии постулата о том, что мезоны не могут двигаться быстрее, чем скорость света. Если длину траектории мезона разделить на время жизни мезона, получим скорость, превышающую скорость света. Вывод о том, что данное соотношение доказывает увеличение длительности жизни мезона, сам основан на принятии теории относительности Эйнштейна, поэтому данный вывод не может доказывать эту теорию. Если бы вывод делался не предвзято, без заведомого принятия этой теории, то был бы сделан вывод о том, что скорость мезонов выше скорости света, то есть данный вывод не доказывал бы, а опровергал указанную теорию.

В отношении двойных звезд следует отметить следующий факт.

Все известные двойные звезды «мигают» так, что яркость изменяется приблизительно по гармоническому закону. То есть длительность свечения выше средней яркости приблизительно совпадает с длительностью свечения ниже средней яркости. Для выполнения такой модуляции света за счет обращения яркой звезды относительно «темной звезды» требуется одновременное выполнение следующих условий:

1. Темная звезда должна полностью закрывать яркую звезду.

2. Открывание и затемнение звезды должно быть постепенным.

Простые геометрические построения показывают, что никакими соотношениями диаметров светлой и темной звезды невозможно обеспечить такое затемнение при обращении яркой звезды вокруг темной. С момента, как яркая звезда полностью выйдет из-за темной звезды и до момента, как она начнет заходить за нее с другой стороны, яркость светлой звезды не будет изменяться, поскольку она будет полностью видна. На этом основании следует сделать вывод о том, что теория «двойных звезд» ошибочна. Модель, согласно которой мигающая звезда – это две звезды, одна из которых периодически затеняет другую, ошибочна.

Верная модель состоит в том, что мигающая звезда – это звезда, приближающаяся или удаляющаяся с весьма значительной скоростью и находящаяся на весьма значительном удалении. Весьма вероятно, что эта звезда движется с большим ускорением или замедлением. Вследствие такого движения, а также вследствие того, что фазовая скорость зависит от скорости источника света (эффект Доплера), входящий свет вступает в интерференцию сам с собой, вследствие чего возникает чередование ярких и темных полос. На неподвижном приемнике света, установленном на Земле, чередующие яркие и светлые полосы приходят поочередно, поэтому звезда воспринимается как мигающая. Согласно этой теории нет никаких ограничений на частоту мигания таких звезд – она может быть чрезвычайно большой. Наблюдения показывают такую большую частоту, которую невозможно объяснить как следствие вращения звезд друг относительно друга со столь малым периодом обращения, поскольку столь большая скорость движения звезд противоречит закону Кеплера, а в ряде случаев даже постулату теории относительности об ограниченности скорости материальных тел.

ЛИТЕРАТУРА

[1] “What the Global Positioning System Tells Us about Relativity” – T.V. Flandern, // Open Questions in Relativistic Physics (pp. 81-90), ed. by F. Selleri, publ. by Apeiron, Montreal (1998) <http://www.metaresearch.org/cosmology/gps-relativity.asp>.

ПРИЛОЖЕНИЕ С

1. ОБ ОЦЕНКЕ ГАЗОВОЙ ЛИНЗЫ

Можно приблизительно оценить влияние газовой линзы. Для этого можно представить упрощенную структуру. Пусть диаметр Солнца равен D , а солнечная атмосфера – это сфера с удвоенным диаметром: $D_A=2D$, для простоты положим, что плотность ее постоянна и не зависит от расстояния до Солнца. Это очень

грубое приближение. Соответствующая иллюстрация показана на Рис. С1.

Луч А, который проходит вблизи Солнца, проходит газовую сферу и его оптический путь приблизительно равен $L = D\sqrt{3} \approx 1.73D$. Луч В, который идет вблизи края границы атмосферы, не пройдет внутри газа никакого расстояния. Его путь будет полностью вне солнечной атмосферы. Скорость света внутри атмосферы ниже в n_1 раз, где n_1 – коэффициент рефракции газа. Следовательно, пока луч А будет идти через атмосферу, луч В пройдет более длинный путь. Если соединить точки равных фаз одной линией, получим изображение плоского фронта света. Перпендикуляр к этой линии обозначит направление распространения света после прохождения атмосферы Солнца. Можно оценить угол φ отклонения направления распространения света от линии, которая бы указывала направление распространения света при отсутствии атмосферы. Для этого рассмотрим треугольник PQS.

В этом треугольнике сторона SQ равна $D/2$. Сторона PS – это разница M между оптической длиной пути луча В и длиной пути луча А. На расстоянии $L=1.73D$, скорость света $C_1 = C/n_1$. Это даст длительность времени $T_1 = L/C_1$ для луча А, когда он проходит атмосферу. За это время луч В пройдет путь $L_2 = CT_1 = CL/C_1 = Ln_1$. Следовательно, $M = Ln_1 - L$.

$$\varphi = \arctg \{L(n_1-1)/0.5D\},$$

$$\varphi = \arctg \{3.46(n_1-1)\}.$$

Для воздуха $n_1=1.0002926$. Но атмосфера Солнца состоит на три четверти из водорода и

на одну четверть из гелия. Это известно из официальных научных источников. Давление атмосферы Солнца равно не 1 атм, а намного больше. Температура также чрезвычайно высока.

Дальнейшие вычисления лучше выполнять специалистам по оптике. Температура атмосферы Солнца варьируется в диапазоне от 4000-8000К до $1-2 \cdot 10^6$ К [1]. Однако очевидно, что грубый расчет может быть легко сделан, а также несомненно, что можно сделать и точный расчет для модели, учитывающей изменение плотности атмосферы в зависимости от расстояния до центра Солнца. Нет необходимости использования гипотезы «гравитационных линз», когда обычная газовая (дисперсионная) линза **явно** имеет место.

Основной вопрос данной дискуссии состоит в факте, что информацию об атмосфере Солнца мы легко можем получить на основе оптических данных, получаемых при наблюдении картин солнечного света и света звезд, прошедших через эту атмосферу. Давление газа, его состав и температуру можно оценить по оптическим свойствам света. Мы имеем уникальную возможность сравнить излучение света звезд, который дошел до земли, минуя атмосферу Солнца, изучая их тогда, когда Земля находится между Солнцем и этими звездами. Затем, зная спектральный состав света от этих звезд, можно сравнить это излучение после того, как он прошел через атмосферу Солнца.

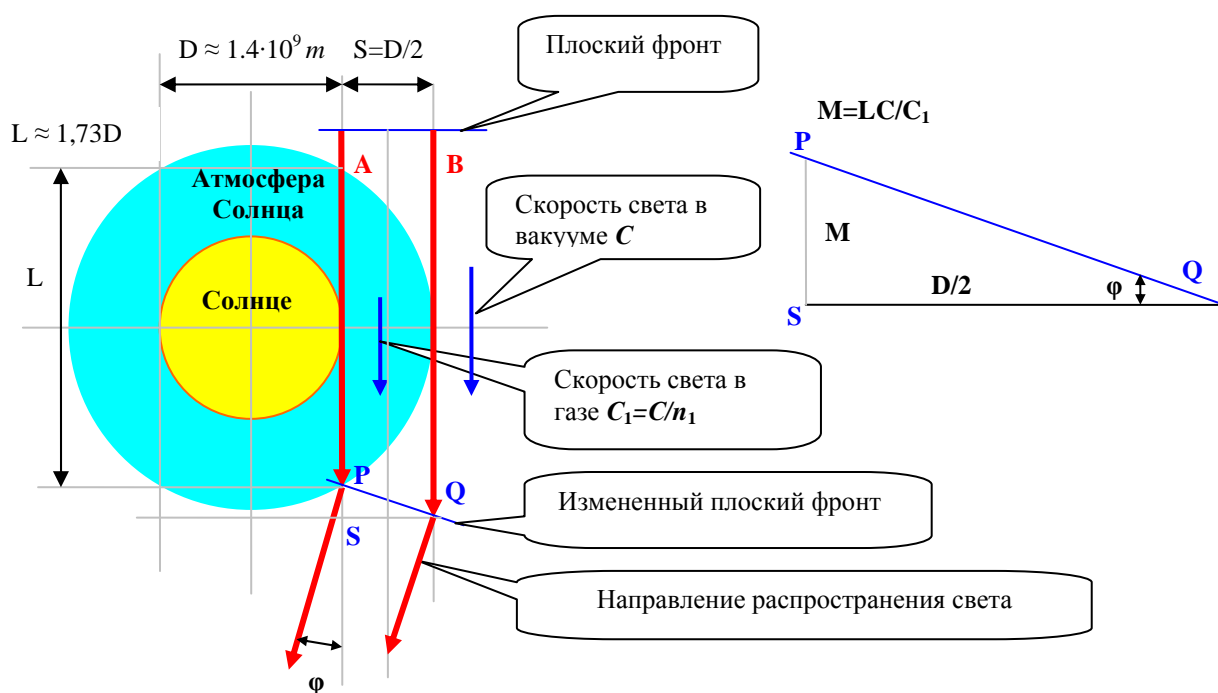


Рис. С1. Упрощенная модель Солнечной атмосферы с резкими границами и постоянным коэффициентом рефракции

Полезно напомнить историю открытия атмосферы Венеры Михаилом Ломоносовым. Он наблюдал искривление края Солнца, когда его изображение проходило вблизи планеты Венеры, когда она двигалась между Солнцем и Землей. Этого было достаточно, чтобы объявить, что эта планета обладает атмосферой. Не понятно, почему в случае с Венерой тот же факт был интерпретирован как доказательство существования атмосферы Венеры, но в случае с Солнцем совершенно такое же явление было интерпретировано как мистические «гравитационные линзы». Это тем более странно, учитывая, что масса Солнца столь гигантская, что не оставалось никакого сомнения в том, что Солнце обладает атмосферой. Совершенно очевидно, что Эйнштейн не знал об открытии Ломоносова, сделанным задолго до теорий Эйнштейна. При построении новых теорий о космосе автору крайне желательно знать теории, в особенности те, которые описывают сходные явления. Ошибка Эйнштейна может быть объяснена его недостаточными знаниями, или невнимательностью, но совершенно не понятно, почему эта ошибка воспроизводится из одной книги по физике в другую, почему всегда в физических книгах, описывающих «гравитационные линзы» вблизи Солнца, умалчивается факт существования у Солнца атмосферы, игнорируется обязательное влияние этой атмосферы на ход распространения света.

II. ОБ «ИСКРИВЛЕНИИ» ПРОСТРАНСТВА

В литературе вслед за работами Эйнштейна по общей теории относительности зачастую *гипотетический* (и опровергаемый нами) эффект изменения траектории света вблизи массивных тел также связывают с искривлением пространства. Здесь также налицо нарушение логики. Если преломление света в стакане воды никто не называет искривлением пространства, то нет никаких оснований для того, чтобы преломление света в атмосфере около Солнца – связывать с так называемым искривлением пространства. Ведь суть явлений одинакова: изменение оптической плотности среды приводит к искривлению траектории света.

Все же представим: если бы траектория изменялась вместе с пространством, то такого искривления невозможно было бы заметить. Искривление можно выявить лишь в сравнении с чем-то, что осталось не искривленным.

Представим себе оптическое волокно, которое протянулось бы от изображения за Солнцем, потом проходило бы вблизи Солнца, и далее – к наблюдателю на Земле. Если бы такое оптоволокно искривилось бы вблизи Солнца, это никак не сказалось бы на той картине, которую мы бы видели.

Теперь представим себе, что «искривилось»

бы «пространство». Это бы означало то же самое: пути света вдруг приблизились бы к Солнцу, но потом, когда «пространство» «выпрямилось» на отдалении от Солнца, пути света опять были бы теми же самыми, то есть параллельными своим изначальным траекториям. Иллюстрация такого гипотетического случая показана на Рис. 1С. Но на иллюстрации мы имеем как бы два пространства: одно «искривленное», где линии света искривлены, другое – не искривленное, на котором мы изображаем эти линии искривленными. Если бы существовало только искривленное пространство, то никакого искривления в рамках этого искривления не было бы. Следовательно, тогда не было бы эффекта линз.

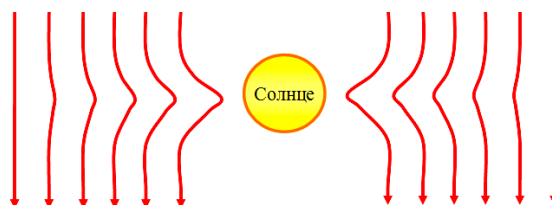


Рис. С2. Иллюстрация к теме «искривление пространства»

III. СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕОРИЙ

Предлагаем *Таблицу С1* сравнения различных теорий интерпретации различных экспериментов, направленных на раскрытие природы электромагнитных волн, в частности, света.

Комментарий 1. Если бы имелась возможность измерить скорость света в *движущейся* системе, мы бы получили разные результаты в различных направлениях. Но невозможно выполнить объективные измерения по многим причинам. Можно измерять лишь разность фаз разных пучков света, которые прошли замкнутый путь, вернулись в точку вблизи источника. Само измерение зависит от скорости получения информации, а мы не обладаем способом передавать информацию быстрее, чем скорость света. Масштаб реальных физических тел изменяется таким путем, что результат измерения приращения фаз для оценки скорости света оказывается независимым от скорости движения лаборатории. По крайней мере, это справедливо для тех масштабов времени и пространства, на которых эксперимент Майкельсона–Морли может быть выполнен.

Комментарий 2. Теории Эйнштейна и Планка (а также Гейзенберга) противоречат друг другу. Тем не менее, существует теория, пытающаяся объединить их (квантовая теория относительности). Если авторы этой объединенной теории не видят противоречий,

это не означает, что эти противоречия не существуют.

Комментарий 3. Теория не должна запрещать скорость материальных частиц выше, чем скорость света в вакууме. Сверхсветовая скорость потока нейтрино, тем не менее, на наш взгляд менее вероятна, чем замедление скорости света вследствие его распространения в дисперсионной среде. Межзвездное пространство не является вакуумом, поэтому дисперсия света звезд в межзвездном пространстве не противоречит даже теории относительности. Согласно нашим взглядам, дисперсия света даже в абсолютном вакууме не должна исключаться, но дисперсия света в межзвездном пространстве просто обязана быть рассмотрена и принята во внимание. Замедление света в среде не исключается ни одной из возможных современных теорий, поскольку это доказано опытом Физо. Это же должно быть справедливым в отношении сколь угодно разреженной среды. Нет никаких оснований полагать, что межзвездное пространство абсолютно лишено газа – вопрос лишь в том, насколько он разрежен.

Комментарий 4. Теория относительности запрещает изменения скорости света. Но Эйнштейн также отрицал и расширение Вселенной. В этом внутреннее противоречие СТО. Сколько-нибудь убедительного объяснения феномена расширения Вселенной не дано. Расширение «по инерции» от якобы взрыва не может происходить с ускорением. Никакая внешняя масса не может быть причиной расширения Вселенной, поскольку внешняя масса не может породить силы, ответственные за разбегание космических тел. Действительно, внутри полого сферического астероида постоянной толщины гравитация, порождаемая этим астероидом, равна нулю, что доказывается элементарными геометрическими построениями с учетом закона гравитации. Если вместо астероида взять равномерный слой «темной материи», суть задачи не изменится, изменится лишь ее масштаб. Следовательно, решение будет тем же. Никакого расширения Вселенной не имеет места. Не может быть силы, ответственной за такое явление.

Комментарий 5. Феномен OPERA объясняется тем, что скорость света понизилась вследствие дисперсии света (замедление скорости в среде, каковой является межзвездное пространство).

Комментарий 6. Теория относительности для рассмотрения движения света требует массивного тела. В присутствии такого массивного тела должен существовать градиент гравитационного поля. Следовательно, должно существовать «искривление пространства», согласно теории относительности. В этом случае концепция инерциальной системы отсчета, в которой тело может сколь угодно долго двигаться равномерно прямолинейно

должна быть ошибочна. Тем самым теория относительности строится на изначально ошибочной концепции, оперирует с ошибочными категориями, которые не выполняются в рамках допущений этой самой теории. Этих проблем не существует, если признать универсальность и неизменность пространства как меру, существующую независимо от экспериментов и от нашей возможности (или невозможности) объективно измерять в нем перемещения, расстояния и скорости. В таком пространстве естественным образом определяется покой (также независимо от нашей возможности отличить его от движения). Естественным образом определенная покоящаяся система является инерциальной. Любая другая система координат (а не система отсчета), которая не должна привязываться к массивному телу, а рассматривается абстрактно, будет также инерциальной при условии, что она движется равномерно прямолинейно относительно покоящейся системы. При наличии массивных тел (а другого пространства мы не знаем) всякие законы инерциального движения выполняются лишь приближенно и на ограниченном пространстве, поскольку все пространство пронизано гравитационными полями. Тем самым в теории нет никаких противоречий, она полностью опирается на известные факты, а не на невозможные абстракции. Если мы не можем отличить движущуюся систему от неподвижной с помощью какого-то круга экспериментов, это еще не делает эти системы полностью равноправными. Могут быть найдены эксперименты, которые позволяют все же отличить движение от покоя. На практике всякое движение теми или иными способами выявляется: мы знаем о движении Земли, Солнца, Галактики и так далее. Физическая теория должна строиться на реальной основе, тогда она имеет больше шансов быть верной и более полезна на практике для решения физических задач.

Комментарий 7. Теория относительности вводит в рассмотрение звезды столь большой массы, что даже свет не может покинуть их. Но в этом случае физические тела, малые и большие, тем более не должны иметь возможность покинуть эти массивные тела. Все вещества, вплоть до отдельных атомов, должны устремиться к этой звезде, называемой «черной дырой». Вследствие этого масса «черной дыры» должна постоянно возрастать. Не дается (не обсуждается, не предполагается) никакого механизма распада «черной дыры». В результате такое тело должно притягивать все больше и больше материи из межзвездного пространства, поэтому ее масса должна лишь возрастать, и никогда не должна уменьшаться. Следовательно, вследствие возрастания массы, радиус ее влияния также должен постоянно увеличиваться, что приведет к увеличению

количества тел, которые не смогут покинуть «черную дыру» и пополнят ее массу. Это явление должно рассматриваться как явление с положительной обратной связью, результат – увеличение массы до бесконечности. Тогда в итоге вся масса во Вселенной должна была бы собраться в одну «черную дыру». Действительно, при увеличении «сферы действия» всех «черных дыр» они со временем должны перекрыться, что приведет к встречному движению и слиянию, и так далее. Поскольку Вселенная существует вечно, этот процесс завершился бы. Ошибочность этой теории состоит в том, что ее автор не учел, что скопление чрезмерно большой массы в одном месте приводит к повышению плотности материи, это приводит к возникновению ядерных и термоядерных реакций. Все светящиеся звезды – это результат такой реакции. Все эти звезды образовались путем притяжения более малых объемов масс, как из космической пыли могли образовываться астероиды, из космической влаги – кометы, так и из комет и астероидов могут образовываться более крупные тела (планеты). Планеты также могут притягивать друг друга и соединяться, наиболее массивные тела притягивают менее массивные, масса растет, пока не достигает столь большой, что вследствие чрезвычайно большого давления простые вещества спрессовываются в вещества более большой массы. А элементы со сверхбольшой массой ядра нестабильны, это и приводит к ядерным реакциям. Следовательно, свечение звезд является естественным следствием их большой массы. Звезды не обязательно должны остывать: если притягиваемая ими масса пополняет расход энергии, то звезда не остывает, а напротив разогревается. Если же масса достигла критически большого значения, энергия может достичь столь больших значений, что звезда распадется в результате взрыва. Поэтому черные дыры не могут существовать. Все сообщения о «найденных» «черных дырах» также построены на ошибочных теориях. Например, тот факт, что в центре галактик не выявлены яркие звезды, к которым должны притягиваться все остальные звезды, объясняется вовсе не тем, что там находятся «черные дыры», а тем, что эти звезды притягиваются к общему центру масс. Именно поэтому скорость звезд на краю этих спиралей не столь существенно отличается от скорости звезд внутри этих спиралей, поскольку эти спирали притягиваются не к массивному центру внутри них, а к центру масс, сами к себе. Поэтому Закон Кеплера тут не может быть применен, но Закон Всемирного тяготения здесь по-прежнему справедлив.

Комментарий 8. Предлагаемая теория утверждает, что если где-либо зародившаяся звезда сверхбольшой массы возникла, то силы притяжения в ней внешних слоев к центру были

бы чрезвычайно велики. Это вызвало бы разрушение звезды вследствие термоядерного взрыва больших масс. Следовательно, имеется некоторый предел максимальной массы, которой могут обладать отдельные звезды. Существование Вселенной такой, какова она есть, подтверждает эту теорию.

Комментарий 9. Некоторые физики пытаются измерить скорость гравитации путем измерения приращения гравитационного поля в направлении на пульсирующие звезды. Считается, что эти звезды являются парными, одна из которых обращается вокруг другой. Другие исследователи надеются зафиксировать импульс гравитации при возникновении сверхновой звезды. Однако ни обращение двух или более звезд друг относительно друга, ни возникновение или исчезновение звезды не должно вызвать сколько-нибудь ощутимого импульса гравитации на столь отдаленном расстоянии, на котором находится Земля. В среднем масса в этой области остается той же самой. Даже если звезда взорвалась и разлетелась, в сумме масса осталась той же самой. Скорость движения обломков в различных направлениях не может быть чрезмерной, так как она соответствует реальным величинам кинетической энергии. Согласимся, что она не может превышать скорость света. В этом случае постепенное рассредоточение массы из одной области в несколько большую область на столь большом расстоянии не будет оказывать существенного влияния на структуру гравитационного поля: фактически этот объект как казался точечным, так и будет казаться точечным. То же самое происходит при вспышке сверхновой звезды: даже если звезда ранее не была видна, а впоследствии вспыхнула как новая, это говорит лишь о том, что масса была более рассредоточена, но все же под действием гравитационных сил сосредоточилась более кучно в пространстве, что и привело к термоядерной реакции. Но масса не возникла ниоткуда, она все равно была приблизительно там же. Поэтому нет оснований ожидать какой-либо вспышки гравитационного импульса.

Комментарий 10. Шаровая молния является одним из примеров устойчивого движения плазмы под действием сил, аналогичным тем, которые удерживают атом в стабильном состоянии. Поэтому для формирования шаровой молнии высоковольтный разряд в плазме. Например, можно предложить два электрода с большой разностью потенциалов между ними и с парафином, который должен быть помещен между ними. В момент разряда парафин переходит в плазменное состояние, отдельные фрагменты плазмы, заряженные разноименно, начнут двигаться друг к другу с крайне большой скоростью. Такое движение имеет шанс стать неустойчивым движением к равновесию (то есть устойчивым или квазиустойчивым колебанием). При некоторых величинах заряда и расстояния

между электродами будет велика вероятность зарождения искусственной шаровой молнии. Также парафин можно переводить в плазменное

состояние не вследствие разряда, а за счет мощного светового импульса от лазера. Схема эксперимента показана на *Рис. С3*.

Таблица С1. Сравнение различных теорий интерпретации различных экспериментов

| События и объекты | Ранняя теория Лоренца | Теория относительности Эйнштейна | Квантовая теория Планка | Предлагаемая теория (ВЖ) |
|--|---|--|---|---|
| Опыт Майкельсона и Морли | Движение объективно. Покоящаяся система существует. Движущаяся лаборатория реально изменяет свои размеры. (Физические тела сокращаются, пространство остается неизменным) | Движение не объективно. Покоящихся систем не существует. Движущаяся система изменяет свои размеры, если измерять их из другой системы, но в то же время ее размеры не изменяются, если измерять их в этой системе. (Физические тела одновременно в разных системах имеют разные размеры, это же относится и к пространству). | Этот эффект вне сферы интереса данной теории. | Движение объективно. Покоящаяся система существует объективно. Она не может быть выявлена в классе некоторых экспериментов, что не отрицает ее существования. Движущаяся лаборатория объективно изменяет свои размеры. Пространство объективно неизменно, как при покое, так и при движении |
| Светопроводящая среда (эфир) | Эфир существует. Он покоится в привилегированной (покоящейся) системе. | Эфир не существует. Вакуум – это абсолютная пустота. Более позднее мнение Эйнштейна: эфир существует, но он не покоится в какой-либо привилегированной системе; он обеспечивает распространение света, но не влияет на скорость света. | Теория согласна с теорией Эйнштейна | Эфир существует. Он покоится в покоящейся привилегированной системе. В этой единственной системе скорость света во всех направлениях постоянна. См. Комментарий 1. |
| Принцип неопределенности | Этот вопрос вне сферы интереса этой теории. | Этот принцип противоречит данной теории. Тем не менее, существует «Релятивистская квантовая теория». См. Комментарий 2. | Неотъемлемый и один из основных принципов этой теории. Он не выводится и не обосновывается, он постулируется. Это не результат свойств измерителя, а это существенное свойство природы. | Этот феномен может быть легко объяснен как результат измерения в условиях ограниченной скорости распространения информации в пространстве. Это – свойство метода измерения, а не природная сущность явления. |
| Квантовый характер излучения атомов и молекул | Этот вопрос вне сферы интереса этой теории. | Этот принцип противоречит данной теории. См. Комментарий 2. | Это утверждение постулируется. | Этот феномен может быть легко объяснен как следствие природы атома. |
| Сверхсветовые скорости частиц с ненулевой массой | Не запрещено | Запрещено | Не запрещено и непосредственно требуется в случае перехода электрона с одного энергетического уровня (и орбиты) на другой | Не запрещено |

| События и объекты | Ранняя теория Лоренца | Теория относительности Эйнштейна | Квантовая теория Планка | Предлагаемая теория (ВЖ) |
|---|---|---|--|---|
| | | | (на другую орбиту) | |
| Моментальное перемещение частиц в пространстве | Этот вопрос вне сферы интереса этой теории. | Запрещено | Не запрещено и непосредственно требуется в случае перехода электрона с одного энергетического уровня (и орбиты) на другой (на другую орбиту) | Запрещено |
| Шкала времени | Инвариантная и универсальная | Субъективная шкала для каждой опорной системы отсчета, не инвариантная | Теория декларирует согласие с теорией относительности Эйнштейна. Вероятно, шкала должна быть дискретной, что противоречит теории относительности Эйнштейна | Инвариантная и универсальная |
| Постоянная стабильность орбит электронов в атомах и молекулах | Это явление не обсуждается в данной теории | Теория декларирует согласие с квантовой теорией, без детального разъяснения. На практике этот факт противоречит теории относительности Эйнштейна. | Это является базой для основного постулата теории. Объяснения или интерпретации не дается. | Теория дает простое объяснение на основе теории замкнутых динамических систем (Автоматики) |
| Природа света | Волновая природа | Дуальная корпускулярно-волновая теория | Дуальная корпускулярно-волновая теория | Волновая природа |
| Античастицы | Это явление не обсуждается в данной теории | Отдельные частицы. Их существование не объясняется, оно следует из эксперимента. | Отдельные частицы. Их существование не объясняется, оно следует из эксперимента. | Этот эффект возникает вследствие сверхсветовой скорости обычных частиц |
| Запутанные частицы | Это явление не обсуждается в данной теории | Противоречит теории | Постулируется как результат эксперимента | Согласуется с теорией кажущегося эффекта античастиц, что объясняется сверхсветовой скоростью обычных частиц: не две запутанные частицы, а одна и та же, чья скорость выше скорости света |
| Сверхсветовая скорость потока нейтрино | Это явление не обсуждается в данной теории | Запрещена. Эксперимент OPERA опровергает эту теорию. | Это явление не обсуждается в данной теории | Согласуется с теорией. Эксперимент OPERA доказывает эту теорию. См. Комментарий 3. |
| Красное смещение света звезд | Это явление не обсуждается в данной теории | Внутреннее противоречие. См. Комментарий 4. | Теория запрещает изменение скорости света и запрещает изменение частоты излучения в ходе его распространения. Следовательно, единственным объяснением является расширение Вселенной. | Дисперсия. Теория не запрещает изменения скорости света и не запрещает изменения частоты излучения в ходе его распространения. Следовательно, расширение Вселенной не требуется для объяснения эффекта. См. Комментарий 5. |

| События и объекты | Ранняя теория Лоренца | Теория относительности Эйнштейна | Квантовая теория Планка | Предлагаемая теория (ВЖ) |
|--|---|--|--|---|
| Искривление пути света звезд вблизи Солнца | Это явление не обсуждается в данной теории | Гравитационные линзы. Очевидный факт газовых линз игнорируется без объяснений. Также «искривление пространства» в ОТО | Теория согласна с теорией относительности Эйнштейна. | Газовые линзы |
| Форма поверхности равной фазы электрического поля движущейся заряженной частицы | Приплюснутая сфера, см. <i>Рис. А5,b</i> | Неискаженные концентрические сферы, см. <i>Рис. А5,a</i> | Это явление не обсуждается в данной теории | Неискаженные сдвинутые сферы (не концентрические), <i>Рис. А5,c</i> |
| Шаровые молнии | Это явление не обсуждается в данной теории | Это явление не обсуждается в данной теории. | Это явление не обсуждается в данной теории | Существует объяснение (автоколебания плазмы) См. Комментарий 10. |
| Эффект Вавилова – Черенкова: излучение света электроном в среде, когда его скорость выше скорости света в этой среде | Это явление не обсуждается в данной теории | Объяснение не дается. См. Комментарий 11. | Объяснение не дается. | Дано объяснение эффекта: колебания возникают при изменении скорости частицы около скорости света, поскольку частица воспринимается с переменным знаком, поэтому она быстро многократно изменяет свою скорость |
| Излучение электрона в вакууме, когда его скорость выше скорости света в вакууме | Это явление не обсуждается в данной теории | Запрещено | Запрещено | Дано объяснение: то же, что и в предыдущем пункте (см. выше) |
| Уменьшение ускорения, порождаемого статическим полем при действии на движущиеся частицы | Уменьшение силы взаимодействия (и если скорость движения равна скорости света, то сила равна нулю). | Увеличение массы (и если скорость движения равна скорости света, то масса равна бесконечности). | Это явление не обсуждается в данной теории | Уменьшение силы взаимодействия (и если скорость движения равна скорости света, то сила равна нулю). |
| Масштабы пространства | Это явление не обсуждается в данной теории | Не инвариантны, зависят от движения для каждой системы отсчета | Кажущееся согласие с теорией относительности Эйнштейна | Инвариантные, не зависят от движения |
| Парадокс близнецов | Это явление не обсуждается в данной теории | Парадоксальность объявлена «кажущейся», теория утверждает, что на практике этот парадокс выполнится, см. Примечание 12. | Кажущееся согласие с теорией относительности Эйнштейна | Исключается как беспочвенное заключение. Возраст близнецов не зависит от движения, время инвариантно ко всем преобразованиям. Как и истинные длины (в отличие от размеров тел, которые могут изменяться по объясненным причинам). |
| Траектории, чья длина больше. Чем время жизни частицы, умноженное на скорость света | Может быть объяснено сверхсветовыми скоростями частиц | Объясняется изменением темпа течения времени и, следовательно, увеличением реального времени существования частицы в | Кажущееся согласие с теорией относительности Эйнштейна | Объяснено сверхсветовыми скоростями частиц |

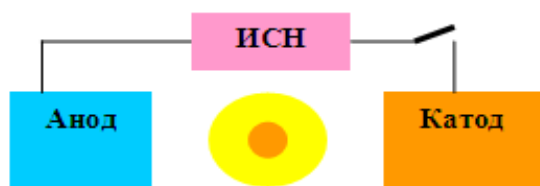
| События и объекты | Ранняя теория Лоренца | Теория относительности Эйнштейна | Квантовая теория Планка | Предлагаемая теория (ВЖ) |
|--------------------------|--|--|--|--|
| | | «покоящейся» системе | | |
| Инерциальные системы | Легко задаются (дается определение) | Невозможно задать корректно. См. Комментарий 6. | Кажущееся согласие с теорией относительности Эйнштейна | Легко задаются (дается определение) |
| Черные дыры | Это явление не обсуждается в данной теории | Это явление предсказано, но не доказано практикой. См. Комментарий 7. | Кажущееся согласие с теорией относительности Эйнштейна | Исключается как безосновательная фантастика. См. Комментарий 8. |
| Размерность пространства | Трехмерное | Более чем трехмерное | Не обсуждается, или соглашается с СТО Эйнштейна | Трехмерное |
| Правки к шкалам GPS | Тождественны с теорией Эйнштейна | Тождественны с теорией Лоренца | Не входит в компетенцию теории | Тождественны с теорией Лоренца |



Стадия 1: Накопление заряда



Стадия 2: Разряд через плазму (горящий парафин)



Стадия 3: Плазменная шаровая молния

Рис. С3. Упрощенная схема установки для генерации шаровой молнии: ИСН – источник сверхвысокого напряжения

Комментарий 11. Анимация эффекта Вавилова – Черенкова [2] никак не является объяснением механизма излучения частицы в этом эффекте.

Комментарий 12. Парадокс близнецов даже в рамках СТО не может выполняться уже

потому, что в парадоксе используется «покоящаяся» система в противовес движущейся, а теория исключает такое противопоставление. Следовательно, каждый из близнецов должен одновременно стареть «медленнее» и «быстрее».

[1] *Astrogalactics*. Solar System. Solar Activity and Solar Atmosphere. (In Russian). <http://www.astrogalaxy.ru/678.html>

[2] Эффект Вавилова – Черенкова. Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Вавилова_—_Черенкова



Вадим Аркадьевич Жмуд – заведующий кафедрой Автоматики ИГТУ, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника. E-mail: oao_nips@bk.ru

About the Nature of Relativistic Concept of Correction to Data of Global Systems GPS and GLONASS: Conception from the Point of View of Locked Systems Theory (Automatics)

V.A. ZHMUD

Abstract. This paper progongs discussion about the use of relativistic corrections to data processed by the global spase systems GPS and GLONASS [1]. Many separated facts indicate the mistakenness of the relativistic theory. The combination of these facts together surely proves the absolute mistake of relativistic approach to this problem.

Key words: GLONASS, GPS, relativism, red shift, atom, automatics.

Требования к публикациям в научном электронном журнале «Автоматика и программная инженерия»

ТЕМАТИКА ЖУРНАЛА

Автоматика, робототехника, автоматизированные системы, программные системы и средства (программная инженерия), защита информации, сетевые технологии, Национальная программная платформа (НПП), облачные технологии, инновации, информационные технологии, моделирование систем, свободное и открытое программное обеспечение.

ЦЕЛЕВАЯ АУДИТОРИЯ ЖУРНАЛА

Научные, педагогические и инженерные кадры, аспиранты, докторанты и студенты, представители бизнеса в области информационных технологий и автоматике.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

К опубликованию принимаются оригинальные научные статьи, ранее не опубликованные ни в каких средствах информации, включая научные и иные журналы и электронные сайты.

Не допускается дословное цитирование без кавычек из чужих источников (плагиат) и из своих источников (автоплагиат), допускается опубликование ранее опубликованных иллюстраций и уравнений, если это требуется для понимания текста. Иллюстрации из чужих источников должны быть снабжены ссылками на эти источники.

Статья должна содержать новые научные результаты и соответствовать тематике журнала.

Иллюстрации – черно-белые или цветные (предпочтительно).

Формат страницы: А4, текст в две колонки, шрифт Times New Roman, размер 10 пт через один интервал, заголовок – в одну колонку шрифт 24 пт, литература – 8 пт. Информация об авторах – в конце статьи, желательна фотография, электронная почта. Перечень авторов – на первой странице (только фамилии, И.О. и место работы).

Статья обязательно должна содержать аннотацию и ключевые слова, литературные ссылки, необходимые для понимания статьи и/или с указанием источников цитирования.

Присланные статьи подвергаются внутреннему анонимному рецензированию.

Редакционная коллегия вправе отклонить статью от опубликования с указанием причин этого отклонения или предложить доработать статью по замечаниям рецензента.

Ответственность за отсутствие плагиата, за научное содержание статей и за качество перевода на английский язык лежит на авторе (авторах) публикации.

Российские авторы должны присылать перед окончательным опубликованием статьи скан-файл **экспертного заключения** о возможности **открытого опубликования** статьи в ее окончательном виде. Бумажный вариант досылается позже.

Все вопросы по опубликованию можно уточнить по электронной почте.

Статьи, написанные в соавторстве действительных членов РАН или РАЕН, а также статьи, сопровождающиеся положительной рецензией действительных членов РАН или РАЕН (твердая копия с оригинальной подписью, заверенной по месту работы, пересылается по почте), могут быть опубликованы по ускоренной процедуре рецензирования. При этом не исключается предложение редакции о редакторской правке и/или о лучшем качестве иллюстративного материала.

ЯЗЫК ПУБЛИКАЦИИ

Научный журнал Автоматика и программная инженерия (АиПИ) издается на двух языках: русском и английском. Английская версия журнала выходит позже. Авторам предлагается присылать на адрес заместителя главного редактора oao_nips@bk.ru свои статьи для публикации в формате Word-2003 на двух языках. Допускается присылать статьи для первого рецензирования на одном языке (русском или английском) с последующим обязательным предоставлением окончательной версии статьи на двух языках. Подписи на иллюстрациях также должны делаться на двух языках, или только на английском (в этом случае в русскоязычном варианте статьи в подрисуночных подписях следует давать перевод этих подписей).

В случае предоставления авторами статьи только на одном языке, **опубликование на другом языке не гарантируется**. В этом случае

по усмотрению редакции может быть опубликованы только краткие сведения (аннотация, ключевые слова, тезисы) или статья в сокращенном виде.

Сопровождение русскоязычной статьи английским переводом названия, ключевых слов и аннотации и транслитерации фамилий авторов редакцией приветствуется: в этом случае указанные сведения помещаются в конце статьи.

Желательно указание индекса УДК и (или) МКИ.

Допускается прием к опубликованию статей только на английском языке для англоязычных авторов. В этом случае по усмотрению редакции либо англоязычная версия публикуется в русскоязычной и англоязычной версии журнала, либо редакция осуществляет самостоятельный перевод статьи на русский язык для русскоязычной версии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

Редакционная коллегия предлагает соблюдать сложившиеся стилистические и оформительские признаки стиля АиПИ в части заголовков, подрисуночных подписей, оформления библиографических ссылок и т. д.

Пожалуйста, используйте курсив для латиницы в русскоязычных статьях, для сокращенных наименований физических величин после их численного значения, а также для полных или сокращенных слов «таблица», «рисунок», «приложение», «теорема», «лемма», «пример» и так далее, если после этих слов применена нумерация.

Например, «... как показано на этом рисунке», но «На *рис. 2* показано».

Для чисел использовать курсив не следует, кроме случаев, когда числами обозначаются блоки или элементы на рисунке.

Например, $F_2 = 33,5 H$.

Не следует использовать наименования

физических величин в сокращенном виде в разрыве (вследствие переноса на другую строку) от их численного значения. Чтобы этого избежать, применяйте символ «неразрывный пробел». Также не применяйте эти сокращенные наименования, а также знаки математических операций при отсутствии численного значения.

Например, некорректным по этому признаку является фраза: «Сила тока = $3 A$ », или «Сила тока составляет несколько A ». Следует применять корректную запись, например, «Сила тока $I = 3 A$ » или «Сила тока составляет несколько *Ампер*».

Статьи, оформленные с существенными нарушениями требований к оформлению, могут быть отклонены от опубликования на этом основании.

О РАЗДЕЛЕ «ДИСКУССИИ. ФОРУМ»

В раздел «Дискуссии. Форум» принимаются статьи, которые могут положить начало дискуссиям по актуальным вопросам в русле тематики журнала «АиПИ».

Статьи данного раздела не подвергаются строгому научному рецензированию, а именно: при наличии как положительных, так и отрицательных рецензий, либо при несовпадении точки зрения авторов с точкой зрения большинства членов редакционной коллегии, статьи могут быть опубликованы в этом разделе на правах дискуссионного выступления автора. Редакционная коллегия приветствует научные дискуссии сторонников несопадающих мнений с целью развития теорий. Редакционная коллегия призывает читателей присылать отклики на статьи, опубликованные в разделе «Дискуссии». Избранные отклики на статьи раздела «Дискуссии» также как избранные мотивированные отклики на другие статьи журнала «АиПИ» будут публиковаться в разделе «Форум» (по усмотрению редакции – в сокращении или в конспективном изложении).

Content

| | |
|---|-----------|
| I. Automation. Automated Systems | 7 |
| Using a Derivative Filter for Filtering of the Second Order Signal from the Accelerometer and the Calculating of Derivative. A.Yu. Ivoilov, D.S. Fedorov, V.A. Zhmud, V.G. Trubin | 9 |
| Control of Object with a Single Output with the Use of Two Input Channels of Influence. V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov, V.M. Semibalamut | 15 |
| Increasing of the Accuracy of Object Controlling by Combining the Advantages of Several Sensors. V.A. Zhmud, O.D. Yadrishnikov, V.M. Semibalamut | 29 |
| II. Robotics. Software and Systems. Free Software. Open Software | 36 |
| Modification of the Adaptive System for More Effective Noise Suppression. A.N. Zavorin | 38 |
| III. Innovative Technologies. Promising Technologies. Simulation of Systems. | 44 |
| Numerical optimization | |
| Energy distribution of scattered on graphene carbon atoms depending on their grazing incidence angle. A.M. Rasulov, A.A. Dzhurakhalov, I.D. Yadgarov, D.V. Alyabyev, V.G. Stelmakh | 46 |
| Optoelectronic System for Distant Control of Explosive Hydrocarbon Concentration in Atmosphere. N. Rakhimov, S. Abdurakhmanov, T. Butaev | 52 |
| About Truncated Model of Controlled Object. A.N. Zavorin, V.A. Zhmud | 55 |
| IV. Measuring Means and Systems | 64 |
| The Use of Platform STM32VLDISCOVERY for Making of Simple Data Acquisition System. A.V. Eskin, A.L. Pechnikov, V.G. Trubin | 66 |
| V. Popular Papers. Introduction into Specialities | 74 |
| The Difference between Basic Metrology and Classical One. Vadim Zhmud | 76 |
| Connection of the Thomas-Fermi and Riccati. V.A. Zhmud | 81 |
| VI. Discussions. Forum. Information for Authors | 85 |
| About the Nature of Relativistic Concept of Correction to Data of Global Systems GPS and GLONASS: Conception from the Point of View of Locked Systems Theory (Automatics). V.A. Zhmud | 87 |
| Requirements for Publication in Scientific Electronic Journal "Automation and Software Engineering" | 142 |

ISSN 2312-4997

