



Научно-технический
журнал по вопросам
разработки и
производства
инновационной
продукции

Лицензионный договор
№ 285-1/2021 (НЭБ)

Журнал выходит
2 раза в год

Электронная версия
доступна по адресу
pos.goz.ru/magazine



Адрес редакции:
192012,
г. Санкт-Петербург,
вн.тер.г. муниципальный
округ Рыбацкое,
пр-кт Обуховской
Обороны, д. 120.

E-mail:
pos.mv@goz.ru
Тлф:
8 (812) 207-56-20

РАДИОНАВИГАЦИЯ
И ВРЕМЯ: ТРУДЫ СЗРЦ КОНЦЕРНА
ВКО «АЛМАЗ – АНТЕЙ»
№ 14 (22) – 2024

АО «Обуховский завод»

Редакционный совет:
Подвязников Михаил Львович, д.т.н., доц.
Волокитина Ирина Николаевна, к.э.н.
Долбенков Владимир Григорьевич, к.т.н.
Брагин Алексей Юрьевич, к.э.н.
Король Виктор Михайлович, к.т.н.

Главный редактор
Баушев Сергей Валентинович, д.в.н., проф.
Заместитель главного редактора
Сайбель Алексей Геннадиевич, д.т.н., доц.
Технический редактор
Васильева Людмила Николаевна

Редакционная коллегия:
Безлепкин Николай Иванович, д.ф.н., проф.
Гаврилов Роман Сергеевич, к.т.н.
Геворкян Арвид Гайрович, д.т.н., проф.
Завгородний Александр Федорович, д.и.н., проф.
Зозуля Виктор Михайлович, к.т.н.
Калашников Вадим Серафимович, д.т.н., проф.
Королев Андрей Валерьевич, к.т.н.
Криворучко Юрий Тимофеевич, д.т.н.
Марченко Борис Иванович, д.т.н., проф.
Панфилов Сергей Владимирович, к.ф.-м.н.
Романюк Денис Андреевич, к.ф.-м.н.
Синицын Евгений Александрович, д.т.н., проф.
Фридман Леонид Борисович, д.т.н.
Шатраков Юрий Григорьевич, д.т.н., проф.
Щеглов Дмитрий Константинович, к.т.н., доц.
Яковлев Андрей Вячеславович, д.т.н.

Санкт-Петербург



Уважаемый читатель!

Четырнадцатый номер журнала открывает статья доктора военных наук профессора *Раскина А.В.* «Современное состояние и перспективы развития отечественной системы противоракетной обороны», которую следует рассматривать как логическое продолжение опубликованной автором в номере 13 статьи «Современное состояние и перспективы развития системы противоракетной обороны США». По понятным причинам материал носит достаточно обзорный характер и имеет целью осветить общие направления развития российской техники противоракетной обороны. Будет полезна аспирантам и соискателям при обосновании задач своих научных исследований в этой области.

В помощь же аспирантам и соискателям подготовлена статья доктора военных наук профессора *Баушева С.В.* «Обоснование и выбор математического аппарата при проведении научных исследований». Смысл статьи состоит в систематизированном изложении с единых позиций современной картины наиболее часто используемых подходов, методов и алгоритмов сбора и обработки данных, а также построения математических моделей. Позволяет понять роль и место тех или иных элементов математических знаний в их общей системе и осознанно подходить к применению математики в своей научной деятельности.

В статье *Лумбиной К.В.* и кандидата технических наук *Авербуха А.Б.* «Реализация модели ИТ-ландшафта с помощью PLM-системы» предлагается подход к применению адаптированной под соответствующие задачи производственной PLM/PDM-системы. ИТ-ландшафт описывает все компоненты и ресурсы ИТ-инфраструктуры, используемые в организации, и является более общим понятием по отношению к часто используемому понятию ИТ-архитектура.

Сотрудник Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга *Ермакович В.В.* предлагает свой вариант анализа публикационной активности в периодических изданиях России и их ценности для развития науки и воспроизводства научных кадров высшей квалификации как частной функции. Представляют интерес, как сам анализ, так и вытекающие из него предложения по определенной реорганизации системы управления размещением и доведением до заинтересованных лиц научной информации через периодические издания – журналы.

В статье *Давыдовой У.А.* сравниваются два алгоритма случайного поиска при расчете оптимальных параметров проектируемых антенных устройств на примере диполя Герца: случайный подбор и генетический алгоритм, выбранный как наиболее успешный среди эволюционных методов в настоящее время. Материал статьи хорошо проработан в математическом и прикладном отношениях, а также проведено моделирование в программе *Mathcad*.

В разделе «Дискуссионная трибуна» наш журнал продолжает рассматривать вопросы применимости на практике в современном авиа- и космического приборостроения выводы специальной теории относительности (СТО). Не следует полагать, что авторы и редакция журнала борются с СТО: вопрос совсем в другом. Еще в 1928 году в предисловии к своей книге¹ академик Вавилов С.И. отмечал, что «Главная цель книги – выяснить, насколько прочны эмпирические основания теории, а, следовательно, и она сама. В правильности математического строения... нет оснований сомневаться». Современное состояние технических наук, на наш взгляд, нуждается если и не в пересмотре СТО, то хотя бы в ее «приземлении» до эмпирического переосмысления и приведения к возможности применения в инженерной практике разработчиков перспективных высокоскоростных объектов.

Статья докторов технических наук *Плясовских А.П., Яковлева В.Т., Григорьева С.В., Шайдурова И.Г. и Пономарева К.Ю.* «О релятивистском замедлении времени в глобальных навигационных спутниковых системах» акцентирует внимание на одном из релятивистских эффектов, который как бы необходимо учитывать при разработке авиационных и спутниковых навигационных систем – замедление времени, но непротиворечивый математический аппарат для этого отсутствует. Авторы обращаются за помощью к теоретикам в области физико-математических наук и видят возможное разрешение противоречий либо в их объяснении с позиции СТО, либо в разработке новых – более прикладных – теорий.

В этом же разделе продолжается критический анализ статьи² доктора технических наук *Плясовских А.П.* как раз со стороны инженерно-технических сотрудников предприятия – *Кривошеева А.В.*, верящих или «верующих» в СТО. Редакция старается, хотя и не всегда успешно ☹, не дать оппонентам возможность клеймить и просто обвинять друг друга в непонимании чего либо, тем более в области специальной теории относительности. Мы пытаемся в дискуссии глубже проникнуть в мир новой реальности, мир космических скоростей, когда через более чем сто лет существования СТО появляются новые эмпирические реалии. Ведь мы, все-таки, не на экзамене, когда требуется просто повторить на доске красивые и сложные формулы. Поэтому мы приводим в текущем выпуске журнала мнение *Плясовских А.П.* на критику, а также статью стоящего «над схваткой» доктора технических наук *Сайбея А.Г.* «Размышления о волнах, научных кумирах, терминах и физике с математикой», в которой автор

¹ Вавилов С.И. Экспериментальные основания теории относительности. Москва - Ленинград: Государственное издательство, 1928.

² Плясовских А.П. Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более // Радионавигация и время. № 11(19). 2023.

Белянкин П.В. Ошибок в специальной теории относительности не обнаружено // Радионавигация и время. № 13(21). 2023.

предлагает уточнить трактовки многозначных терминов и приводит ряд примеров, иллюстрирующих необходимость учета различий в физических и математических подходах к решению прикладных задач.

Статью «Инерциальные поля и их взаимодействия» кандидата технических наук Гузевича С.Н. – ученого с огромным стажем научной и практической деятельности в области навигации и гидрографии – можно охарактеризовать как основанное на истории физики обоснование концепции структуры пространства, состоящего из полей и вещественных объектов. При этом внимание читателя акцентируется на идее шарообразной формы, в которую заключена полевая материя, и ее парности с формой Земли.

В материале за авторством *Лёвина Г.С., Комина А.О.*, кандидата технических наук *Топилина А.А.* и доктора технических наук *Яковлева В.Т.* «Сравнительный анализ алгоритмов обнаружения сложных сигналов на фоне структуроподобных помех» задачу предлагается решать путем моделирования излучаемого «чистого» фазо-кодированного радиолокационного сигнала с последующим наложением аддитивного шума при имитационном моделировании процесса его обнаружения для различных параметров алгоритма распознавания.

В статье соискателя *Жукова К.М.* рассматривается возможность применения нейронных сетей в распознавании кодовых сигналов в каналах связи. Представлена адаптивная сеть *ANFIS* с интеграцией четырех слоев, разработанная на языке программирования *C++*. На синтетических наборах данных как идеальных, так и зашумленных сигналов, проведены обучение и верификация разработанной сети.

Доктор военных наук, профессор
С.В.Баушев

Содержание

<i>Раскин А.В.</i> Современное состояние и перспективы развития отечественной системы противоракетной обороны.....	7
<i>Баушев С.В.</i> Обоснование и выбор математического аппарата при проведении научных исследований.....	15
<i>Авербух А.Б., Лумбина К.В.</i> Реализация модели ИТ-ландшафта с помощью PLM-системы.....	38
<i>Ермакович В.В.</i> Обобщенная публикационная активность и воспроизводство кадров высшей квалификации.....	46
<i>Давыдова У.А.</i> Сравнение метода генетического алгоритма с методом случайного поиска на примере вибраторной антенны.....	58
<i>Плясовских А.П., Яковлев В.Т., Григорьев С.В., Шайдулов П.Г., Пономарев К.Ю.</i> О релятивистском замедлении времени в глобальных навигационных спутниковых системах.....	69
<i>Гузевич С.Н.</i> Инерциальные поля и их взаимодействия.....	79
 Журнал в журнале. Статьи аспирантов и соискателей	
<i>Лёвин Г.С., Комин А.О., Топилин А.А., Яковлев В.Т.</i> Сравнительный анализ алгоритмов обнаружения сложных сигналов на фоне структуро-подобных помех.....	92
<i>Жуков К.М.</i> Распознавание данных в последовательных каналах связи аппроксимацией с помощью адаптивной сети <i>anfis</i>	102
 Дискуссионная трибуна	
<i>Плясовских А.П.</i> Дает ли специальная теория относительности ошибки в 100 раз? Ответ на критическую статью.....	112
<i>Кривошеев А.В.</i> Критика статьи «Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более»..	118
<i>Сайбель А.Г.</i> Размышления о волнах, научных кумирах, терминах и физике с математикой.....	129

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ

Раскин А.В.

В статье рассмотрены этапы создания системы отечественной противоракетной обороны. Показан состав и основные характеристики системы стратегической системы противоракетной обороны А-135. Рассмотрены перспективы ее развития путем проведения глубокой модернизации без снятия с боевого дежурства. Проанализированы основные направления создания в России эшелонированной системы противовоздушной и противоракетной обороны. Рассмотрены ее основные элементы – зенитные ракетные комплексы С-500, С-550 и модернизированная система противоракетной обороны Москвы А-235. Сделано предположение, что эшелонированная система противоракетной обороны будет обеспечивать безопасность не только столичного региона, но и важных объектов на остальной территории России.

Ключевые слова: противоракетная оборона; пусковая установка; противоракета; радиолокационная станция; зенитный ракетный комплекс.

Одной из ключевых технологий, выступающей гарантом государственной безопасности, является противоракетная оборона (ПРО). Системы ПРО у разных государств постоянно модернизируются и обновляют свой функционал в зависимости от развития вооружения потенциальных противников.

Противоракетная оборона имеется не во всех странах мира. Соответствующие системы находятся на вооружении в США, России и большинстве стран Евросоюза, а так же во Французской Гвиане, Марокко, Алжире, Израиле, Саудовской Аравии, Катаре, ОАЭ, Индии, Китае и Южной Корее, Японии и Новой Каледонии. Кроме этого, наиболее развитые страны мира, например, США, продают другим собственные разработки. Они снабжают своими ракетами THAAD Южную Корею и ОАЭ. Ракеты «Астер» используются в африканских странах.

В общем плане противоракетная оборона представляет комплекс организационно-технических мероприятий и боевых действий специальных сил и средств по обнаружению, слежению и уничтожению межконтинентальных баллистических ракет (МБР) и аэробаллистических ракет (АБР), их компонентов (головных частей, ступеней наведения и так далее) на отдельных участках траектории полета.

В состав системы ПРО могут входить противоракетные комплексы, информационно-разведывательные средства различной дальности действия, пункты боевого управления и связи. В зависимости от предназначения система ПРО бывает территориальной (для обороны всей территории страны), зональной (для обороны крупных военно-промышленных районов) и объектовой (для обороны важных административных, промышленных и военных объектов).

Система ПРО функционирует полностью в автоматическом режиме, включая обнаружение баллистических целей как самостоятельно, так и по информации системы предупреждения о ракетном нападении, выделения боевых блоков ракет на фоне тяжелых и легких ложных целей, активных и пассивных помех, а также при использовании противником других средств и способов преодоления ПРО, перехват и уничтожение боевых блоков баллистических ракет [4].

В СССР в начале 1950-х годов стало известно о проведенном в США испытании баллистических ракет (БР) по доставке ядерных боеприпасов к объектам поражения. Одно из самых простых решений, состояло в том, чтобы навстречу баллистическим ракетам выпускать противоракеты с мощным ядерным зарядом и, таким образом, их уничтожать. Мощность ядерного заряда позволяла поражать боеголовки без прямого попадания в цель, что существенно упрощало задачу.

В августе 1953 года состоялось решение о создании системы противоракетной обороны. В 1955 году КБ-1 под руководством главного конструктора Кисунько Г.В. подготовило Технические предложения по созданию полигонного экспериментального комплекса ПРО (система «А»). В 1958 году на полигоне Сары-Шаган началось строительство РЛС раннего предупреждения.

Уже 4 марта 1961 года противоракетой В-1000, запущенной с полигона Сары-Шаган, прямым попаданием была поражена головная часть баллистической ракеты Р-12 (генеральный конструктор ОКБ «Факел-П» П.Грушин). В противоракете была использована неядерная осколочно-фугасная боевая часть. Заметим, что США подобные испытания провели только в 1984 году [6].



Рисунок 1 – Многоканальный стрельбовый комплекс «Амур-П» на полигоне Сары-Шаган (г.Приозерск, Казахстан).

В октябре 1962 года началось сооружение объектов ПРО под Москвой. К началу 1970-х годов была создана многоканальная система ПРО Москвы и Центрального промышленного района. В 1972 году система А-35 была поставлена на боевое дежурство в составе 64 противоракет.

После модернизации данной системы – строительства шахтных пусковых установок, введения в боевой состав противоракет ближнего перехвата, создания новой РЛС «Дон», имеющей четыре ФАР, ориентированных по четырем географическим направлениям, на боевое дежурство 17 февраля 1995 года заступила новая система ПРО А-135 (генеральный конструктор А.Г.Басистов). В ее состав вошло 100 противоракет дальнего и ближнего перехвата.

Объекты системы А-135 вокруг Москвы сооружались в 1980-1983 годах. В 1984-1989 годах произведена доработка системы для противодействия американским ракетам средней дальности «*Pershing II*», размещенным в Европе. Государственные испытания прошли в декабре 1989 года, а 11 февраля 1991 года войсковые части ПВО заступили на опытное боевое дежурство на комплексе. В 1992-м завершена комплектация системы противоракетами [3].

В настоящее время система ПРО А-135 «Амур» состоит из радиолокационной станции «Дон-2Н», расположенной в районе подмосковного поселка Софрино, а также пусковых установок с противоракетами, способными поражать цели на дальности до 80 километров и на высоте до 30 километров с помощью тактической ядерной, либо осколочной боевой части.



Рисунок 2 – Транспортно-пусковой контейнер с противоракетой системы ПРО А-135 в шахтной пусковой установке

Данные ракеты массой 10 тонн способны за 3-4 секунды набрать максимальную скорость (от 4,0 до 5,5 км/с). Во время пуска перегрузки достигают 210 g, что не влияет на сложнейшую систему управления противоракеты.

В настоящее время противоракеты содержатся в шахтно-пусковых установках на стартовых позициях, расположенных на площадках под Наро-Фоминском, Сергиевым Посадом, в Лыткарине, Королеве, Софрино, Химках и Новомосковском административном округе Москвы. Также имеется командно-вычислительный центр в подмосковном Пушкино [3].



Рисунок 3 – Панорама позиционного района шахтных пусковых установок противоракеты ПРС-1 (Лыткарино, Московская обл.)

С 1999 года на полигоне Сары-Шаган в Казахстане проводятся испытательные пуски противоракет по программе продления сроков их эксплуатации. Ежегодно по одному-два пуска, однако в последние годы их количество увеличилось в несколько раз, в том числе за счет испытаний нового изделия.

Так, после проведения успешного испытательного запуска 12 февраля 2018 года сообщалось, что испытанная новая противоракета способна отразить как одиночные, так и групповые удары, в том числе с применением МБР нового поколения. Кроме этого, отмечалось, что ее тактико-технические характеристики, касающиеся дальности, точности, сроков эксплуатации, значительно превосходят стоящие сегодня на вооружении огневые средства [3].

Станция «Дон-2Н» работает в сантиметровом диапазоне, и потому точно определяет координаты цели и параметры ее траектории. Кроме того, эта станция высокоэнергетическая, что позволяет получать данные о цели на расстоянии нескольких сотен километров до нее.

Помимо этого, «Дон-2Н» может напрямую выдавать точные целеуказания на огневые средства. «Дон-2Н» не требует постройки дополнительных РЛС для наведения самих противоракет. Это делает систему более устойчивой и гибкой. По этому параметру «Дон-2Н» аналогов в мире не имеет.

Геометрические размеры «Дона» – высота 33-35 м, длина сторон 130-144 м у основания и 90-100 метров по кровле. Диаметр активных фазированных антенных решеток – 18 метров на каждой из четырех граней с зоной обзора во всей верхней полусфере [2].



Рисунок 4 – Пуск противоракеты ближнего действия российской системы противоракетной обороны на полигоне Сары-Шаган

У системы А-135 есть два существенных недостатка.

Во-первых, это стационарная система.

Во-вторых, высокоскоростной атмосферный перехватчик ПРС-1 комплектуется только ядерной боевой частью, а это очень резко сужает возможную сферу боевого применения А-135: ядерный взрыв прямо над столицей будет катастрофой. Следовательно, сбивать вблизи Москвы МБР с помощью А-135 нельзя.

Для решения задач нестратегической ПРО на вооружении Российской Федерации состоит мобильный зенитно-ракетный комплекс противовоздушной обороны С-400 с дальностью действия 400 км и высотой поражения 185 км. По характеристикам он не уступает системе ПРО *SM-3 Block IA-IB*.

По заявлению разработчика, всего один С-400 способен одновременно обстреливать до 36 целей, наводя на них до 72 зенитных управляемых ракет. «Триумф» способен поражать самолеты, крылатые ракеты и БПЛА на дальности до 400 километров, а тактические баллистические ракеты, летящие со скоростью до 4,8 км/с, – на расстоянии до 60 километров.



Рисунок 5 – Многофункциональная радиолокационная станция «Дон-2Н»

В перспективе в России планируется создать эшелонированную систему противовоздушной и противоракетной обороны. Этим вопросом отечественные специалисты занимаются с 2008 года.

Ее основными элементами станут зенитные ракетные комплексы С-500 и модернизированная система ПРО Москвы А-235 «Нудоль». Предполагается, что эшелонированная система ПРО будет обеспечивать безопасность не только столичного региона, но и важных объектов на остальной территории России.

В открытых источниках сообщается, что противоракеты 53Т6 системы А-135 будут заменены на новые с более точной системой наведения и надежной системой поражения с осколочно-фугасной боевой частью[5].

В 2018 году приводилась информация, что новая противоракета сможет справиться и с одиночными, и с групповыми ракетными ударами, а также способна противостоять МБР нового поколения, оснащенных различными комплексами средств преодоления ПРО. У модернизированной ракеты новая силовая установка и высокотехнологичная бортовая радиоэлектронная аппаратура, которая гарантирует точный перехват целей.

Далее следует назвать зенитно-ракетную систему С-500 «Прометей», разработанную в АО «Концерн ВКО Алмаз – Антей» как новое поколение зенитных ракетных систем, в котором применяется принцип раздельного решения задач уничтожения баллистических и аэродинамических целей.

Мобильная система С-500 может бороться с любыми видами ракет, в том числе и с МБР на конечном участке полета. Дальность поражения составляет около 600 км, при этом могут обстреливаться до 10 целей, летящих со скоростью 7 км/с.



Рисунок 6 – Мобильный зенитно-ракетный комплекс противовоздушной обороны С-400 «Триумф»

От других ЗРС – прежде всего американского *Terminal High Altitude Area Defense (THAAD)* – российский комплекс отличает не только возможность перехвата гиперзвуковых аппаратов, но и большая дальность действия. С-500 может уничтожать

даже спутники на околоземной орбите на высоте до 1000 километров. Одновременно «Прометей» способен обстреливать до десяти целей, причем время реакции на каждую из них не превышает четырех секунд.

В заключение необходимо отметить, что еще в 2017 году журналисты американского издания *«The National Interest»* назвали нашу столицу единственным в мире городом, защищенным от ядерного удара. В рейтинге защищенности мегаполисов Москве с ее особой системой ПРО уступил даже Вашингтон.

В настоящее время российскую столицу и центральный промышленный район (от Брянска до Костромы, около 486 тыс. кв. км) прикрывает система А-135 «Амур», оснащенная противоракетами шахтного базирования. За все время эксплуатации системы было выполнено несколько этапов ее модернизации. В настоящее время проводятся работы по глубокой модернизации всей системы ПРО без снятия ее с боевого дежурства. При этом нынешняя система ПРО, ставшая на боевое дежурство 24 года назад, соответствует современным условиям и в ближайшее время не устареет.

Известно, что модернизированная система ПРО будет иметь неядерные средства перехвата ракет.

В 2014 году генеральный конструктор концерна ВКО «Алмаз-Антей» заявлял, что в России создается аналог комплекса ПРО *THAAD*, который позволяет решать задачи по перехвату баллистических ракет средней дальности и в ограниченном масштабе – боевых блоков МБР. Также создается аналог и другого американского комплекса ПРО – *GMD* с ракетой-перехватчиком *GBI*. При этом он будет в мобильном варианте [3].



Рисунок 7 – ЗРК С-500 «Прометей»

В 2021 году в России на боевое дежурство заступила первая бригада С-550. Однако следует отметить, что С-550 не предназначена для перехвата воздушных аэродинамических целей, таких как самолеты, вертолеты или беспилотные летательные аппараты. Она в первую очередь ориентирована на противодействие космическим и гиперзвуковым угрозам.

Новая зенитная ракетная система С-550, разрабатываемая на базе С-500 «Прометей», стала первой в мире мобильной специализированной системой противоракет-

ной и противокосмической обороны, способной эффективно уничтожать межконтинентальные баллистические ракеты.

Ее появление свидетельствует о выстраивании Россией системы противовоздушной и противоракетной обороны, которая включает в себя ЗРПК «Панцирь» на низких высотах, ЗРС дальнего действия С-350, С-400, С-500 и ЗРС-550, способные действовать в космосе [1].

Литература

1 <http://topwar.ru>. Новая ЗРС С-550 заступила на боевое дежурство. 29 декабря 2021.

2 <http://gazeta.ru>. М.Ходаренок. Это будет ракета с возможностью перехватить любые цели. 15 ноября 2021.

3 <http://tass.ru>. Р.Азанов. Противоракетный бой скоротечен. 22 января 2020.

4 <http://ria.ru>. Системы противоракетной обороны в мире. 3 марта 2020.

5 <http://topwar.ru>. Л.Нерсисян. Сравнение противоракетной обороны США и России: существует ли реальная угроза безопасности Российской Федерации. 14 июля 2013.

6 <http://armscontrol.ru>. М.Виноградов. Современные проблемы противоракетной обороны. 1 апреля 2012.

7 Баушев С.В., Раскин А.В., Волгин В.А. Основы организации и ведения борьбы со средствами воздушно-космического нападения: учебное пособие. СПб.: Балтийская печать. 2017. 176 с.

Раскин Александр Владимирович – доктор военных наук, профессор, начальник отдела, Командование Космических войск, г. Москва.

Область научных интересов: космические технологии; вооружение и военная техника. Email: NOC.RNV@goz.ru.

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

CURRENT STATE AND PROSPECTS DEVELOPMENT OF THE DOMESTIC SYSTEM MISSILE DEFENSE

The article discusses the stages of creating a domestic missile defense system. The composition and main characteristics of the A-135 strategic missile defense system are shown. The prospects for its development through deep modernization without being removed from combat duty are considered. The main directions of creating a layered air and missile defense system in Russia are analyzed. Its main elements are considered - the S-500, S-550 anti-aircraft missile systems and the modernized A-235 Moscow missile defense system. An assumption has been made that a layered missile defense system will ensure the security of not only the capital region, but also important facilities in the rest of Russia.

Keywords. missile defense; launcher; missile defense; radar station; anti-aircraft missile system.

Raskin Alexander Vladimirovich - Doctor of Military Sciences, Professor, Head of Department, Command of the Space Forces, Moscow.

Research interests: space technologies; weapons and military equipment.

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Баушев С.В.

Статья предназначена для аспирантов и соискателей, использующих в исследованиях математический аппарат. Представляет собой системный подход к обоснованию и выбору математических и иных методов сбора и обработки исходных данных, а также иллюстрирует примерами процедуры формулирования и представления проблемной ситуации и научной задачи.

Ключевые слова: научные исследования; математический аппарат; обоснование и выбор.

Введение

Как известно [1], кандидатская диссертация является научным трудом, подтверждающим научную квалификацию автора. В отрасли технических наук, пожалуй, основными атрибутами квалификации принято считать умение формализовать решаемую научную задачу (новую или известную, но решаемую по-другому) и ее решение научными, прежде всего, математическими методами. К самым используемым математическим методам требование новизны не предъявляется, разве что на защиту как раз и выносятся некоторый новый математический метод.

Соотношение понятий метод, способ, алгоритм и методика применительно к выносимым на защиту положениям научного труда ранее были представлены и рассмотрены в работах [2, 3], поэтому здесь приведем лишь квинтэссенцию сведений об этих научных категориях в виде инфографической схемы.

Поэтому неудивительно, что начинающий ученый зачастую пребывает достаточно длительное время в состоянии «сингулярности», ожидая собственного озарения или помощи со стороны научного руководителя или старших товарищей для того, чтобы осознать место решаемой научной задачи в том или ином разделе существующей теории³ (например, теории помехоустойчивого кодирования для каналов связи нового типа) и выбрать соответствующий сложности и ожидаемому конечному результату математический аппарат.

Возможна, конечно, и иная ситуация – соискатель владеет некоторым математическим аппаратом, например, методами калмановской фильтрации, и активно его использует в своей повседневной деятельности, готов распространить его на всю свою научную сферу, но нас интересует именно первый вариант, а для второго случая предлагаемый читателю материал послужит для расширения математического кругозора.

³ Соискателю нужно получить новое знание, достойное считаться развитием некоторого конкретного раздела той или иной теории или учебника – это и есть ответ на вопрос «в чем состоит вклад в науку».



Рисунок 1 – Сравнительная характеристика способа, метода, алгоритма и методики как научных результатов

Наверное, можно утверждать, что в части обоснования и выбора для научных исследований математического аппарата существует проблемная ситуация, состоящая в том, что в свое время – недавно или даже очень давно – в студенческие еще годы нынешнему соискателю в высшем учебном заведении инженерного профиля был начитан ряд курсов высшей математики, как правило, представителями так называемой «чистой математики», а вот теперь – спустя время – начинающий ученый сам должен решить, какому математическому аппарату следует отдать предпочтение.

Поэтому цель настоящей научно-методической разработки состоит в том, чтобы расстелить перед соискателем подобие топографической карты, помогающей ему сориентироваться «на местности» – внутри хитросплетений современного/классического лабиринта основных математических знаний, используемых учеными-технократами.

Предлагаемая карта-путеводитель представляет собой сейчас семь листов методики поддержки принятия решения соискателем на применение математического аппарата в своих научных исследованиях. По нашему мнению, представленная методика достаточно конкретна и понятна, поэтому постараемся избежать повтора текста из методики, а ограничимся комментариями по ее ключевым местам.

1 Лист 1: Отправные положения

На первом листе придется задержаться более чем на других в силу того, что на нем представлены предварительные этапы-шаги, которые необходимы для формализованного описания предъявляемых к квалификационной научной работе кандидата технических наук требований в части научной задачи, цели и проблемной ситуации, а также перехода к частным методикам обоснования и выбора математического аппарата.

Этап 1. Уяснение научной задачи

Уяснение научной задачи – пожалуй, самый первый и сложный в научном плане этап работы над диссертацией – как говорится, «почин дорожке дела». На этом этапе достаточно вербального, то есть словесного, описания без применения формализации. При уяснении решаемой задачи соискатель сам себе должен поставить и сам (или с помощью) ответить на такие типовые вопросы:

- почему этим надо заниматься?
- в чем состоит проблемная ситуация, которая вынуждает меня к этому приступить?
- в чем состоит «драматизм» ситуации, который обосновывает актуальность решаемой задачи?
- почему известные инженерные решения, которым научили в университете или изложенные в умных книжках, не могут быть применимы без новых знаний⁴?
- кто, где и когда пытался решать эту или сходные/предыдущие задачи.



Рисунок 3 – Пример характеристики современного состояния теории (оценивания долговечности и безотказности конструкций)

Приведем тезисно логику ответов на такие вопросы, апеллируя к слайдам, использовавшимся одним из учеников автора – Данилова А.А. при защите кандидатской диссертации на тему «Методы оценивания эксплуатационно-технических характеристик корабельных конструкций в условиях их комплексного нагружения внешними воздействующими факторами стохастической природы».

⁴ Понятие «знание» полезно рассматривать с позиции истории и философии науки, например на основе интересного подхода, изложенного в [4]. Здесь же отметим, что решение системы линейных уравнений, понятное дело, представляет собой не столько инженерную, сколько даже и школьную задачу. А вот сведение прикладной задачи к системе линейных уравнений уже может являться неочевидным подходом к решению новой научной задачи или новым решением известной.



Рисунок 4 – Пример характеристики проблемной ситуации

Этап 2. Постановка задачи исследований

Формализовать в более или менее достаточном объеме научную задачу обычно удастся лишь на втором-третьем годах обучения в аспирантуре⁵ – как правило, до этого первые формализации носят неточный характер и постоянно совершенствуются. Предполагается, что в идеале формализованная постановка задачи предполагает задание исходных данных, ограничения, при которых эти исходные данные могут быть обработаны, например, разрабатываемым методом, ограничения на исходные данные ли, условия функционирования объекта исследования ли и т.д., и, наконец, что требуется найти/получить в итоге.

Этап 3. Зачем нужен математический аппарат

Основные функции математического аппарата в каждом конкретном диссертационном исследовании различны, но их можно кластеризовать в следующие основные группы:

- описать или объяснить существующие или недавно обнаруженные явления, зависимости, закономерности, аппроксимировать имеющиеся количественные данные;
- найти оптимальное (наилучшее) в каком-то смысле решение, компоновку и т.д. – пожалуй, наиболее часто востребованная функция математического аппарата, обеспечивающая «красивый» результат. Но здесь надо понимать, что оптимизационная задача должна быть поставлена именно как оптимизационная, то есть когда изменение, например, в лучшую сторону одного параметра, например, снижение цены продукции, приводит к движению иных параметров, например, надежность функционирования, в худшую сторону. И именно поиск компромисса – наилучшего в каком-то смысле решения – составляет суть таких задач [5, 6];

⁵ Как шутят умудренные опытом методисты: грамотно формализовать научную задачу – половина диссертации.



Рисунок 5 – Пример формализованной постановки задачи исследования

- предсказать поведение системы в зависимости от тех или иных управляющих воздействий, факторов и т.д.;
- при известной модели, например, объекта управления, рассчитать необходимые рациональные или оптимальные управляющие воздействия;
- выявить закономерности в поведении объектов, в массивах данных и т.д.

Этап 4. Неопределенность и ее учет

Относительно простым можно считать случай, когда исследуемые процессы и объекты являются детерминированными в том смысле, что существует (возможно и неизвестная) зависимость между, например, напряжением и силой тока на участке цепи. То есть предполагается, что при изменении, например, исходных данных, входных воздействий и т.д. на некоторую величину выходной результат всегда будет одним и тем же независимо от перехода от одного испытания к следующему такому же. Например, подавая напряжение 3 В на резистор сопротивлением 10 Ом по нему всегда побежит ток силой 0,3 А. В этом случае рекомендуется использовать алгебраические уравнения типа «вход-выход», дифференциальные уравнения и т.п.

Однако, в большинстве задач такая предопределенность не совсем соблюдается – в зависимости от температуры, например, которая может быть совершенно различной в пределах от минус 50 до плюс 70°C в различных условиях эксплуатации, тот же самый резистор будет менять свое сопротивление (так как меняются свойства материала), и ток будет не строго 0,3 А, а колебаться в некоторых пределах.

То есть, надо предсказать поведение резистора, учитывая некоторую неопределенность условий его функционирования, либо подобрать такое схемотехническое решение, которое позволяло бы с заданной надежностью обеспечивать функционирование устройства, либо решить иную задачу, в которой требуется учитывать достаточно случайные изменения условий применения.

Таким образом, в общем случае – по понятным причинам – как функционирование технических устройств, так и деятельность руководителей, исследователей и т.д. проходит в условиях неполного знания целого ряда факторов, условий, ограничений и т.п. Присутствующая в подобных случаях недостаточность информации рассматривается с нескольких точек зрения, среди которых классическими являются представление ее через неточность или неопределенность. Неточность информации исследуется в теории ошибок и ее приложениях. Неопределенность рассматривается в теории информации, теории возможностей и в некоторых других научных течениях. При этом, как правило, различают неопределенность ситуации, неопределенность цели, неопределенность предпочтения, неопределенность знаний и некоторые другие.

Будем под неопределенностью ситуации понимать научную категорию для характеристики неполноты информации об определяющих развитие ситуации факторах.

Неопределенность может быть классифицирована по ряду признаков [2, 8], из которых для нас сейчас наибольший интерес представляет признак причины ее возникновения:

- неполнота исходных данных – условно говоря, объект исследования хотелось бы описать – построить модель – системой, например, из пяти линейных уравнений, но данные по одной из переменных отсутствуют или их недостаточно. Здесь возможно рассмотрение решаемой задачи как некорректной, так как возможно несколько решений, удовлетворяющих исходным данным, но для реальной ситуации нужен какой-то один вариант. Сюда часто попадают и так называемые обратные задачи, когда наблюдая выход системы и предполагая ее структуру необходимо обосновать входные воздействия, которые обусловили наблюдаемые выходные данные. Здесь можно посоветовать в качестве одного из вариантов устранения такой неопределенности теорию недоопределенности А.С.Нариньяни [9] или общие подходы к решению некорректных задач по А.Н.Тихонову⁶ [10];

- объективная неопределенность чего-либо, вызванная множеством независимых от чьей-либо воли факторов, которые учесть не представляется возможным – например, природного характера. В этом случае традиционным советом является отсылка (ветвь И) к применению теории вероятностей⁷ – пожалуй, наиболее разработанному в математическом отношении математическому аппарату учета неопределенности;

- опять же объективная неопределенность, но вызванная тем, что, например, мы отыскиваем некоторую реально существующую закономерность в поведении системы, наблюдая ее входы и выходы и даже знаем или предполагаем в определенной степени структуру и/или параметры, но получаемые данные о значениях входо-выходов сильно искажены шумами, несовершенством средств измерения/наблюдения

⁶ Тихонов Андрей Николаевич (1906-1993) – советский математик и геофизик; в рамках работ над проблемами поиска полезных ископаемых создал концепцию обратных и некорректных задач, разработал методы их регуляризации, тем самым стал основателем крупного научного направления, получившего мировое признание.

⁷ Математически случайность вводится через понятие случайного события, для которого при данных неизменных условиях постулируется определенная вероятность его наступления, проявляющаяся в стремлении частоты появления этого события стабилизироваться около некоторого значения в повторных испытаниях [7].

и т.п., необходимость и достаточность наблюдаемых данных также неясна (линия К). Здесь может быть предложены к использованию так называемые вторичные методы выявления связей, зависимостей и закономерностей путем статистической обработки данных;

- неопределенность субъективная, вызванная неоднозначностью и неполнотой информации, например, высказанной рассказчиком и в меру собственного понимания воспринятая слушателем. В подобных случаях рекомендуется (линия Л) обращаться к аппарату теорий с лингвистическими переменными, теории возможностей, нечетким множествам, субъективным вероятностям, теории ожидаемости единичных событий и др.;

- неопределенность игровая – случай, когда существуют противоборствующие стороны, старающиеся помешать противнику принять верное решение, максимально его запутать и затруднить процесс принятия решений. Здесь возможно – в зависимости от предпочтений исследователя и его подготовки – применение математического аппарата различных способов учета неопределенности, а в целом такие ситуации попадают в «ведение» теории игр.

2 ЛИСТ А: Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация

Понимание этой части методики не должно вызывать трудностей в понимании, так как здесь рассматриваются три типичные (типовые) задачи обработки данных, имеющих отношение, прежде всего, к объективной неопределенности, но не ограничиваясь ею – интерполяция, экстраполяция и аппроксимация данных наблюдения наиболее широко распространенными алгебраическими методами.

Во всех трех задачах предполагается построение полинома первой или более высоких степеней, который с некоторой заданной или насколько возможной точностью, той или иной степенью приближения описывает зависимость выходных переменных от входных, с той лишь разницей, что в случае:

- интерполяции исследователь ищет функциональную зависимость внутри интервала области определения известных с определенной точностью результатов наблюдений;

- экстраполяции, которую можно трактовать в некоторых случаях как предсказание – за пределами интервала области определения, для которых имеются значения функции;

- аппроксимации – подбор полинома – аппроксимирующей функции, достаточно хорошо описывающего наблюдаемую зависимость. Упомянутая достаточность достигается проверкой близости данных наблюдения и получаемых по предлагаемым полиномам, как правило, методом наименьших квадратов (МНК). Избранный полином может использоваться и для решения задач интер- и экстраполяции.

Вообще говоря, зависимость может и не иметь полиномиального вида или описываться иным образом более качественно, например, сплайн-функциями, однако здесь мы ограничиваемся ситуацией наиболее распространенной – единственным полином некоторой степени.

3 Лист Б: Поиск оптимального решения методами математического программирования

Предварительные замечания.

Вообще говоря, исследователи вкладывают разный смысл в понятие оптимальности. Считается, что математически правильно следует говорить об оптимальном решении, при этом, прежде всего, следует учитывать по какому критерию⁸ ищется оптимальность. В целом, когда говорят о качестве решения или, например, продукции, как правило, используют следующие базовые критерии:

- критерий пригодности – правило, согласно которому, объект (система, продукция, характеристика и т.д.) считается пригодной, если все его – объекта – частные показатели и их совокупность не хуже предъявленных требований со стороны заказчика ли, чистоты эксперимента ли и т.д., называемых областью адекватности, или областью допустимых значений;

- критерий оптимальности – правило, согласно которому, объект считается оптимальным, если все его частные показатели принадлежат области адекватности, то есть объект, во-первых, пригоден и, во-вторых, один или несколько показателей (но не все) имеет (имеют) оптимальное значение. Оптимальные значения параметров здесь – это строгое удовлетворение заданному требованию, например, минимум соотношения эффективность/стоимость, максимум отношения сигнал/шум и др. Поэтому, характеризуя оптимальность, всегда следует указывать, по какому показателю оптимальность достигнута. Оптимизационные задачи, как правило, и формулируются как поиск локального или глобального экстремума некоторой функции, сочетающих противоречивое влияние ее аргументов на конечный результат;

- критерий превосходства – правило, согласно которому, объект считается лучшим (превосходным), если он, во-первых, пригоден, во-вторых, все частные показатели имеют оптимальные значения, то есть превосходство рассматривается как частный «сильный» случай оптимальности. Вместе с тем, можно говорить о втором варианте понимания критерия превосходства – когда объект пригоден, а все его показатели лучше соответствующих показателей у «конкурентов», то есть требование оптимальности к показателям качества не предъявляется или не соблюдается.

Однако зачастую даже подойти к поиску строго математически определенного оптимума не представляется возможным, например, в задачах, на которых нельзя задать ограничения и допущения с достаточной для исследователя или заказчика рабо-

⁸ Критерий – в общем случае это правило для принятия решения. В ряде случаев можно говорить о критериальном значении какого-нибудь показателя, при преодолении которого принимается то или иное решение, например, пороговое значение частоты дискретизации по теореме Котельникова. К сожалению, достаточно часто под критерием неверно понимают всего лишь численную меру чего-либо, например, дальность обнаружения цели. Методическая ошибка здесь состоит в том, что дальность – это численная мера, но не правило для принятия решения. Радиолокационные средства *1-н*, обнаруживающие цель на дальности выше директивной, будут являться пригодными; среди них несколько *т*, реализующих, например, одинаковый минимум вероятности пропуска цели, будет считаться оптимальным по этому показателю, а одно, которое наряду с заданным показателем оптимальности будет обеспечивать наилучшие среди других технических решений другие, например, массо-габаритные характеристики, – наилучшим, то есть превосходным.

ты точностью и определенностью. Тогда можно говорить не об оптимальном решении, а о рациональном – таком решении, которое представляется разумным и в меру обоснованным с достаточной полнотой и достоверностью. То есть, на основании некоторых внешних условий и ограничений обстановки, а также их априорной неопределенности исследователь или лицо, принимающее решение (ЛПР), считает решение удовлетворительным, пригодным и даже, может быть, интуитивно наилучшим среди множества представленных ему вариантов с неочевидными преимуществами одних над другими.

Здесь же уместно добавить, что далеко нередким событием является появление множества решений, которые либо доставляют одинаковый результат, либо (в многокритериальных задачах) улучшение по одному из целевых параметров приводит к ухудшению других. Такие ситуации выбора наилучшего обычно соотносят с понятием оптимальности по Парето⁹. В иных случаях, когда, например, не соблюдаются те или иные требования к метрике при рассмотрении близости объектов, исследователь может перейти к неметрическому многомерному шкалированию (Р.Шепард, Дж.Краскал и др.) – это позволяет получить метрическое пространство на основе не метрических оценок. Приведенная в этом абзаце информация не претендует на полноту возможных случаев, но имеет целью обозначить как их наличие, так и наличие в той или иной степени разработанных математических подходов к их описанию.

На листе Б представлена методика использования для поиска оптимального решения методов математического программирования. Опять же следует заметить, что термин «программирование», используемый при описании таких задач, не вполне корректен, и здесь подразумевается не программирование как написание текста – исходного кода – программ для ЭВМ, а программирование как планирование итерационного процесса поиска решения.

Смысл математического программирования состоит в последовательном пошаговом приближении искомого решения – набора значений нескольких независимых переменных, обеспечивающего экстремум целевой функции при наличии ограничений.

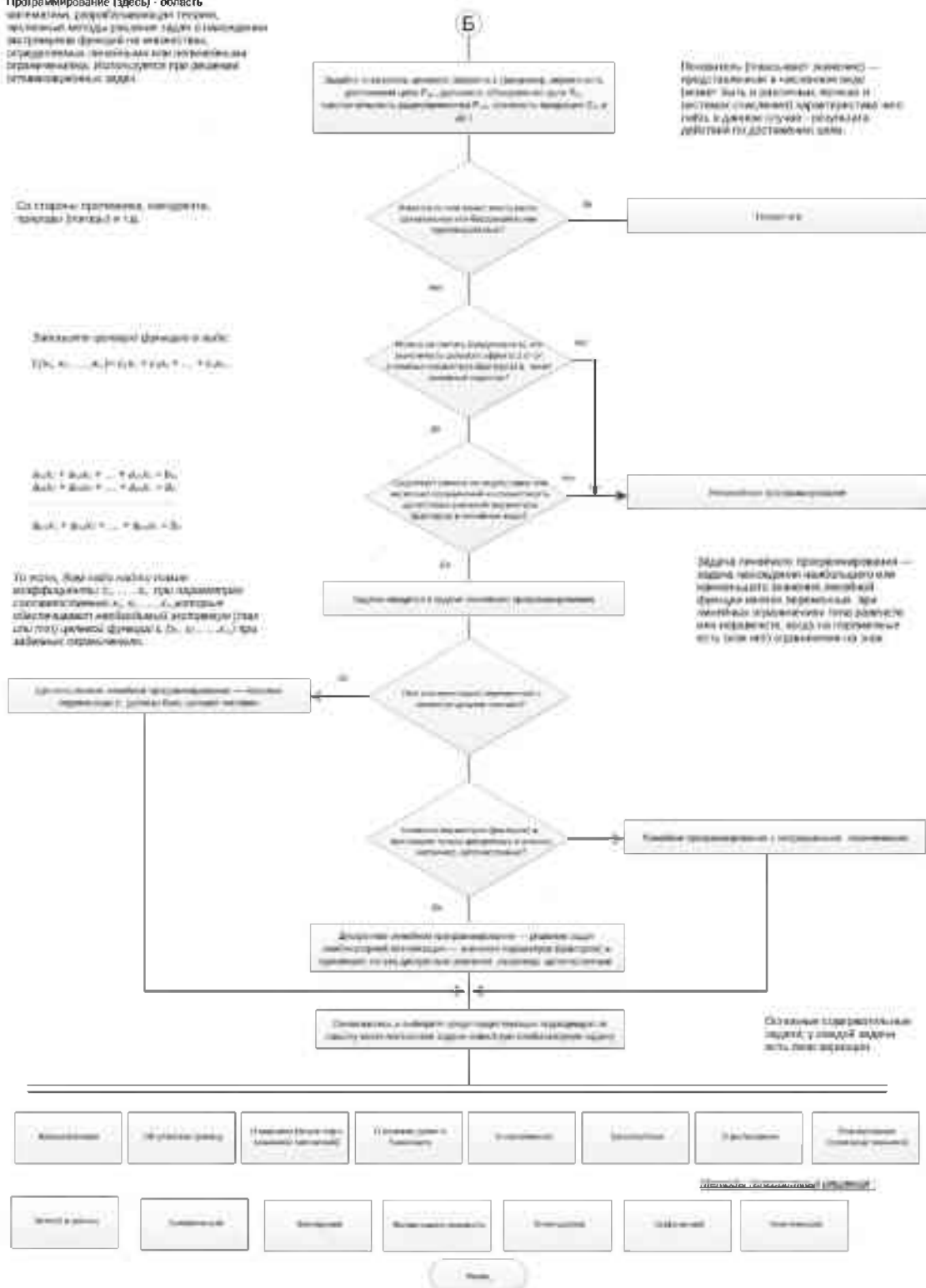
Основоположником теории математического линейного программирования является советский ученый Л.В.Канторович¹⁰, предложивший начала изящного математического аппарата для решения народнохозяйственных задач типа планирования производства и других в 1939 году.

Различают методы линейного и нелинейного программирования – в первом случае целевая функция представляет собой полином первой степени нескольких переменных x_i , коэффициенты c_i при которых и являют собой искомый набор оптимальных значений. При этом и ограничения на совместность допустимых значений параметров – переменных – должны быть в линейном виде.

⁹ Парето Вильфредо Федерико Дамасо (1848-1923) – итальянский инженер, экономист и социолог; один из основоположников теории элит. Предложил статистическое Парето-распределение, иногда сводимое к правилу 80/20: «20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий – лишь 20% результата».

¹⁰ Леонид Витальевич Канторович (1912-1986) – советский ученый математик и экономист, нобелевский лауреат по экономике (1975).

Программирование (здесь) - область
информатики, изучающая методы построения
программных аппаратов и программ для них.
Включает в себя следующие разделы:
структурное программирование, объектно-ориентированное
программирование, алгоритмы сортировки,
поиска, комбинаторика, математическая логика,
теория автоматов.



**Рисунок 7 – Методика использования методов математического программирования
для поиска оптимального решения**

Если переменные являются целыми числами, например, число предметов в рюкзаке, то задачи решают методами целочисленного линейного программирования – пожалуй, наиболее разработанная область прикладной науки. Разработанность этой области подтверждается целым рядом – свыше 15 – частных методов (здесь их можно назвать и алгоритмами), ориентированных на частные конкретные ситуации, зачастую проистекающими из типичных интересно математически поставленных как бы жизненных задач, например, задаче «о марьяже»¹¹ и другие, среди которых современный исследователь в области технических наук сможет подобрать для себя разработанный профессиональными математиками алгоритм.

4 Лист В: Математический аппарат прогнозирования

Предлагаемая методика относительно несложна, понятна и ориентирована на выбор аппарата для предсказания предельных или промежуточных состояний объекта наблюдения или его параметров методами:

- дифференциальных уравнений – в частных производных от наблюдаемых параметров (для детерминированных случаев непрерывных величин, то есть при отсутствии неопределенности);

- марковских¹² цепей (как непрерывных, так и дискретных без последействия, то есть когда следующее событие зависит только от нынешнего актуального) в случае неопределенности вероятностного типа, то есть переход в то или иное состояние осуществляется с той или иной вероятностью. Теория и практика марковских цепей отличается своей глубокой проработанностью, модели широко представлены в научно-технической и научно-экономической литературе, интуитивно понятны, удобны для имитационного моделирования. С учетом того факта, что зачастую со временем последующие модели и методы чрезмерно усложняются, что ведет к затруднению понимания физической сущности и покрытию туманом изощренных математических преобразований, начинающему исследователю можно порекомендовать [11] в качестве пособия для освоения этой интересной области;

- конечных автоматов и формальных грамматик и метаграмматик [12, 13]: переходы из одних состояний в другие состояния однозначно определяются входным воздействием, но исследователю обычно неизвестна или структура конечного автомата или/и случаев поток входных воздействий на конечный автомат. Чаще всего, исследователю необходимо найти состав и структуру конечного автомата как некой относительно упрощенной модели реального объекта исследования, например, помехоустойчивого кодера для канала радиосвязи. Формальные грамматики представляют собой способ описания формального языка и распознавания его слов.

¹¹ Марьяж – пара дама и король в карточных играх; задача о марьяже – задача о предпочтениях, в простой формулировке: надо составить брачные пары из женихов и невест таким образом, чтобы семьи были устойчивы.

¹² Названы по имени первооткрывателя Андрея Андреевича Маркова (1856-1922) – русского математика, внесшего большой вклад в теорию вероятностей, математический анализ и теорию чисел.

5 Лист Е: Методы извлечения знаний и исходных данных

Получение исходных данных, сведений и знаний – не такая простая задача, как это может показаться на первый взгляд. Здесь мы рассматриваем случай поиска необходимой информации в:

- литературных источниках;
- сети Интернет (частично перекликается с поиском в литературных источниках);
- ходе коммуникации людей.

В методике представлены две представляющие для нас интерес ветви работы исследователя: методы, скажем так, естественного интеллекта и *Web Mining* – интеллектуального анализа данных для автоматического поиска веб-документов и сервисов, извлечения информации из веб-ресурсов.

Следует понимать, что до начала 21 века, пожалуй, единственным путем поиска исследователем информации являлись научно-технические библиотеки, а каталогизация книг и статей с целью облегчения поиска осуществлялась, прежде всего, с помощью, существующей и сейчас библиотечной универсальной десятичной классификации (УДК), позволявшей с достаточной точностью приписывать источник к тому или иному разделу научно-технической информации. Всесоюзным (ныне – Всероссийским) институтом научной и технической информации (ВИНИТИ) Российской академии наук регулярно выпускались и выпускаются и сейчас реферативные журналы по различным областям знаний, где публиковались аннотации и выходные данные публикаций основных мировых и отечественных издательств.

Сегодня такой подход кажется несколько архаичным и не пользуется особой популярностью, хотя, по нашему мнению, он позволяет с большей полнотой отслеживать публикационный «трафик» в интересующих научных областях.

На сегодняшний день электронный ресурс ВИНИТИ РАН содержит самый крупный в России федеральный банк отечественных и зарубежных публикаций по естественным, техническим и точным наукам¹³.

Вторым ресурсом информации о публикациях исследователю можно рекомендовать Научную электронную библиотеку eLibrary.ru – достаточно удобный, полный и постоянно расширяющийся ресурс научных знаний и сведений об авторах.

Здесь же следует посоветовать начинающему ученому, реализуя текстологические методы поиска информации, определиться с основными журналами по близким тематикам и регулярно отслеживать, просматривать, изучать содержание очередных выпусков, а при прочтении статей особое внимание обращать на пристатейный список цитируемой литературы¹⁴ – это позволяет фактически обогатиться результатами поиска и обработки информации, проделанной авторами статьи.

Коммуникативные, в частности активные, методы добывания информации целесообразно также рассматривать и как инструменты научного познания, а их результаты считать научными результатами. Так, например, экспертный опрос, исследовательская деловая игра, научно-обоснованное анкетирование и т.д. являются вполне достойными научными методами извлечения скрытых или неосознанных, необобщенных знаний.

¹³ Электронный адрес баз данных – catalog.viniti.ru.

¹⁴ К сожалению, гонка за индексами цитируемости иногда приводит к тому, что в последнее время стали нередки случаи безосновательного включения в список литературы «нужных» публикаций.

6 Лист И: Методы обработки и анализа статистических данных и/или результатов экспериментов

Смысл предложенной методики состоит в систематизации и упорядочивании существующих методов первичной (предварительного анализа и обработки) и вторичной обработки (выявления связей, зависимостей и закономерностей) статистических данных.

Первичная обработка ориентирована на попытку описать каким-либо известным теоретическим законом распределения случайной величины или случайных событий наблюдаемые и, как правило, зашумленные, недостаточно стабильные и т.д. данные. Обычной практикой является обоснование того, что наблюдаемые данные описываются нормальным законом распределения. Другими часто используемыми законами распределения выступают пуассоновское, биномиальное, экспоненциальное и др. В этом случае на основании совместного анализа выборочных среднего, дисперсии и/или коэффициентов эксцесса более высокого порядка в соответствии с одним из известных способом осуществляется выдвижение гипотезы об обоснованности применения (правдоподобности) того или иного закона распределения. Дальнейшее подтверждение обоснованности выбора осуществляют путем проверки по тому или иному критерию – Пирсона (Хи-квадрат), Колмогорова-Смирнова (лямбда-критерий), Стьюдента (t -критерий), Фишера (f -критерий) и др.

Примечание. В теории распределений доказано, что каждому закону свойственно определенное соотношение между коэффициентами асимметрии и эксцесса,

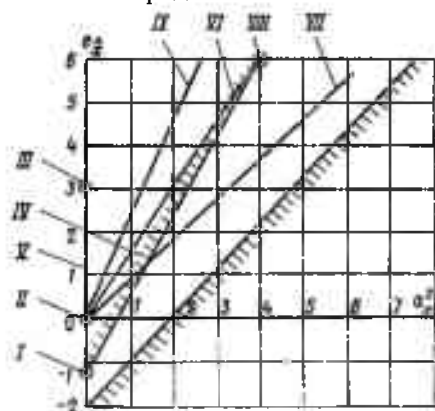


Рисунок 10

то есть может быть построена диаграмма (рис. 10 [14]), на которой выделены следующие характерные точки, прямые и области. Точки (0;-1,2), (0;0), (0;3) и (4;6) отвечают соответственно равномерному и нормальному распределениям, распределению Лапласа и показательному распределению.

Гамма-распределение, логарифмически нормальное распределение, распределения Стьюдента и Пуассона показаны на диаграмме прямыми, а бета распределение представлено областью. На диаграмме обозначены: I – равномерный закон; II – нормальный закон; III – закон Лапласа; IV – бета-распределение; V – закон Стьюдента; VI – гамма-распределение; VII – закон Пуассона; VIII – показательный закон; IX – логарифмически нормальное распределение.

При попадании точки в области диаграммы, для которых не определен закон распределения, выдвижение гипотетического закона должно осуществляться на основании каких-либо дополнительных априорных сведений или соображений. Знание оценок коэффициентов асимметрии и эксцесса позволяет приближенно определить гипотетический закон распределения. Для этого по полученным значениям оценок на диаграмму наносится точка и если она окажется вблизи от точки, прямой или области, соответствующих одному из распределений, то последнее и следует выдвинуть в качестве гипотезы.

В терминах устранения неопределенности первичную обработку статистических данных можно охарактеризовать как идентификацию источника порождения наблюдаемых данных как датчика случайных чисел, генерирующего данные по тем или иным законам распределения с конкретными параметрами.

Соответственно, отдельной подветкой методики предлагается использовать ме-

тоды (критерии) – Колмогорова, Стьюдента, Манна-Уитни, Вилкоксона, Фридмана обоснования гипотезы о принадлежности наблюдаемых выборок одной генеральной совокупности – в противном случае приходят к выводу, например, о том, что данные порождены разными источниками.

Вторичная обработка ориентирована на выявление статистических связей, зависимостей и закономерностей в наблюдаемых данных от одного или нескольких источников. Здесь рекомендуется применять такие виды анализа как регрессионный, корреляционный, факторный, кластерный, дискриминационный, метод группового учета аргументов¹⁵ (МГУА) и др. Среди прочих здесь выделяется задача анализа временных рядов, когда необходимо учитывать зависимость появления наблюдаемого статистического материала во времени. Внутри класса задач анализа временных рядов, в свою очередь, большой интерес представляют задача выявления тренда путем сглаживания временного ряда. Его суть сводится к замене фактических значений ряда расчетными, полученными после удаления высокочастотных составляющих. Поэтому сглаживание ряда часто называют фильтрованием, а преобразование ряда (оператор), с помощью которого осуществляется фильтрация, – фильтром. Частным и очень часто используемым и даже, в какой-то мере, «модным» является фильтр Калмана – эффективный рекурсивный фильтр, оценивающий вектор состояния динамической системы, используя ряд неполных и¹⁶ зашумленных измерений.

Также отдельно обозначим проявившуюся в последние десятилетия проблему, связанную с возможностью получения, добывания огромного объема данных, обработать которые исследователю по классическим подходам 17-20 веков не представляется возможным. В этом случае используют подходы так называемого *Data mining* – дословно «добывание данных», но точнее – это добывание не данных, а зависимостей и взаимосвязей в больших объемах данных.

После процедур первичной и/или вторичной обработки статистических данных исследователю предстоит следующая большая научно-прикладная задача – интерпретировать полученные результаты, выявленные взаимосвязи, имеющие, подчеркнем, вероятностный характер – ведь возможны и таковые невероятного характера¹⁷.

7 Лист Л: Переход к моделям и методам теории массового обслуживания

Если ученому удобно и целесообразно объект исследований представлять, как некоторый орган управления ли, диспетчерский пункт ли, или иное средство, на которое приходят некие входные данные, которые надо обрабатывать, но при этом возможности по обработке этих входных данных ограничены, то теория предлагает удобный инструмент описания из научной области систем массового обслуживания (СМО).

¹⁵ Предложен советским математиком Алексеем Григорьевичем Ивахненко (1913-2007), специалистом в области автоматического управления, кибернетики и математического моделирования. МГУА являет собой подход к эвристической самоорганизации моделей, или индуктивного моделирования.

¹⁶ Назван в честь американского математика венгерского происхождения Рудольфа Э. Калмана (предложил алгоритм в 1960 г.), хотя признается, что подобные алгоритмы были предложены несколько раньше, например, Питером Сверлингом (1958 г.).

¹⁷ Выдающийся советский математик, один из крупнейших математиков XX века Андрей Николаевич Колмогоров (1903-1987) прямо указывал, что «Вообще говоря, нет причин предполагать, что случайные ... явления подчиняются каким-то вероятностным законам» [7].

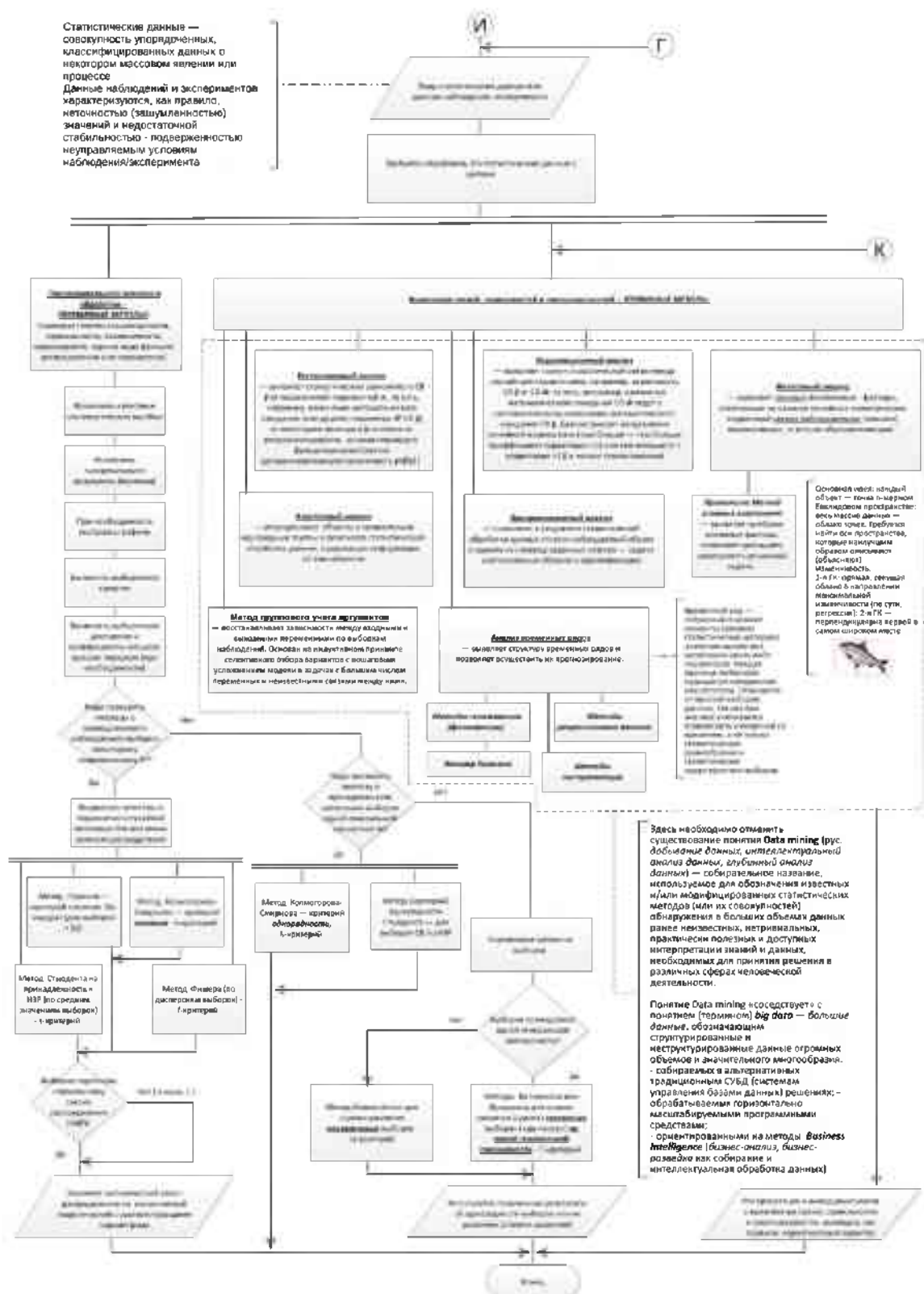


Рисунок 11 – Методика выбора методов обработки и анализа статистических данных и/или результатов экспериментов

Так, например, средство противовоздушной обороны объективно обладает ограниченными возможностями по числу обнаруживаемых и обстреливаемых целей, никакой руководитель не способен вмиг решать возникающие проблемы/задачи и мгновенно отвечать на все вопросы¹⁸, даже серверы сети интернет имеют ограничения на число одновременно принимаемых обращений, на чем основана так называемая *DDoS*-атака – отказ в обслуживании в связи с перегрузкой.

В СМО вводится абстрактное понятие прибора обслуживания – того самого центра приема и обработки чего-либо, например, авиадиспетчера. Далее предполагается, что события или данные для обработки поступают на прибор обслуживания или их совокупность некоторым случайным образом, а сам прибор функционирует при избыточной интенсивности входных сообщений по одной из трех основных стратегий:

- если свободных приборов обслуживания нет, то сообщение/заявка отбрасывается и пропадает;
- заявка/сообщение поступает в некий накопитель конечной емкости;
- заявка поступает в накопитель бесконечной емкости.

Соответственно, в первом случае рекомендуется использовать математическую модель СМО с отказами, во втором – с ограниченным временем ожидания, в третьем – теорию СМО с очередями.

Случайные появления заявок/сообщений в теории СМО называют потоками и стараются предъявить к ним требования однородности, отсутствия последствия и стационарности.

Затем обосновывают и выбирают наиболее подходящий закон распределения случайных событий или величин, при этом наиболее употребительными в теории СМО выступают потоки Пуассона, нормальный, Эрланга, гамма-поток и ряд других.

На следующем шаге предлагается описать множество состояний объекта исследования и исследовать методами марковских цепей для дискретного случая или путем решения систем дифференциальных уравнений для непрерывного.

В конечном итоге исследователь получает средние значения для объекта исследования, например, числа заявок в системе, в очереди, среднее время ожидания, среднее время обслуживания, пропускная способность и т.д. Помимо средних значений представляется возможным получения в качестве результата распределения вероятностей на множестве в произвольный или наперед заданный момент времени или произвольном шаге.

¹⁸ Неслучайно существует понятие «нормы управляемости» – число людей, которыми непосредственно управляет руководитель, которые находятся в его непосредственном подчинении, – оптимальным считается 7 человек. В реальности эта норма не соблюдается и часто существенно превышает; зависит от однородности выполняемых задач, опыта и харизмы руководителя и др.

Заключение

Предложенный системный подход к обоснованию выбора математического аппарата при проведении научных исследований не претендует на избыточную полноту. Наоборот, он может казаться несколько фрагментарным и недостаточно подробным. Тем не менее, он позволяет достаточно профессионально оценить роль и место используемого в научных исследованиях математических методов и алгоритмов среди совокупности современных подходов, прежде всего, сбора и обработки данных экспериментов и наблюдений. Отдельные неизбежные для такой работы неточности, которые увидит внимательный читатель, будут способствовать как его математическому развитию, так и развитию и дополнению представленной методики.

Литература

- 1 Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».
- 2 Баушев С.В., Езерский В.В. Справочник для аспирантов по направлению подготовки 56.06.01 – «Военные науки» (отрасль знаний – технические науки). Часть 1. Термины, основные понятия и их толкование / Под ред. С.В. Баушева. СПб: Балтийская печать. 2021.
- 3 Сайбель А.Г., Марченко Б.И., Волгин В.А. Методические рекомендации аспирантам // Радионавигация и время. №9. 2022.
- 4 Кузнецова Н.И., Розов М.А., Шрейдер Ю.А. Объект исследования – наука. М.: Новый хронограф, 2012.
- 5 Вентцель И.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972.
- 6 Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. М.: АСТ, 2006.
- 7 Колмогоров А.Н. О логических основаниях теории вероятностей // Теория вероятностей и математическая статистика. 1986.
- 8 Баушев С.В. Неопределенность ситуаций // Проблемы информатизации. Вып.4. 1996.
- 9 Нариньяни А.С. Введение в недоопределенность // Проблемы информатики. № 3. 2018.
- 10 Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979.
- 11 Казаков В.А. Введение в теорию марковских процессов и некоторые радиотехнические задачи. М.: Сов. радио, 1973. 232 с.
- 12 Гросс М., Лантен А. Теория формальных грамматик. М.: Мир, 1971.
- 13 Атакищев О.И., Грибунин В.Г., Борисенков И.Л., Лысачев М.Н. Метаграмматический подход анализа иерархий для синтеза систем безопасности // Вопросы кибербезопасности. 2023. № 1.
- 14 Бушуев А.Ю., Кутыркин В.А. Введение в прикладную теорию автоматов. М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2024.
- 15 Городецкий В.И., Иоффе А.Я., Морозов Л.М., Петухов Г.Б., Сидоров В.Н., Юсупов Р.М. Статистические методы в прикладной кибернетике: Учебное пособие / Под общей ред. Р.М.Юсупова. МО СССР, 1980.

Баушев Сергей Валентинович – доктор военных наук, профессор, начальник Научно-образовательного центра, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: организация производства, оптимизация производственных процессов.

Email: baushev_sv@mail.ru.

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

JUSTIFICATION AND SELECTION OF MATHEMATICAL APPARATUS WHEN CONDUCTING SCIENTIFIC RESEARCH

The article is intended for graduate students and applicants who use mathematical tools in research. It represents a systematic approach to the justification and selection of mathematical and other methods for collecting and processing initial data, and also illustrates with examples the procedure for formulating and presenting a problem situation and a scientific problem.

Key words: scientific research; mathematical apparatus; justification and choice.

Baushev Sergey Valentinovich - Doctor of Military Sciences, Professor, Head of the Research and Educational Center, JSC "Obukhovsky plant", St.Petersburg city.

Research interests: manufacturing organization, manufacturing processes optimization.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ИТ-ЛАНДШАФТА С ПОМОЩЬЮ PLM-СИСТЕМЫ

Лумбина К.В., Авербух А.Б.

Рассматриваются основные элементы ИТ-архитектуры и их свойства, а также актуальность управления ИТ-ландшафтом. Выдвинута гипотеза об адаптации технологической платформы PLM-системы для управления ИТ-ландшафтом, основываясь на сходстве ИТ-ландшафта и производственного процесса.

Ключевые слова: ИТ-ландшафт; ИТ-архитектура; система управления жизненным циклом изделия; моделирование; управление данными; элементы ИТ-архитектуры.

Введение

ИТ-архитектура – это общая концепция, которая описывает принципы, стандарты, компоненты и решения в области информационных технологий в организации [1]. Она определяет, как различные ИТ-компоненты должны взаимодействовать друг с другом, чтобы достичь бизнес-цели компании. ИТ-архитектура фокусируется на создании общей структуры ИТ-системы и определении технологических решений, необходимых для поддержки бизнес-процессов компании.

ИТ-ландшафт – более широкое понятие, охватывающее все аспекты ИТ-инфраструктуры компании, включая ИТ-архитектуру, системы и приложения, сетевую инфраструктуру, управление данными, облачные сервисы и безопасность [2]. ИТ-ландшафт описывает все компоненты, которые используются компанией для поддержки бизнес-процессов и обеспечения ее операционной деятельности.

ИТ-архитектура и ИТ-ландшафт – два понятия, связанные с организацией информационных технологий в компаниях, но имеющие разные значения и функции.

ИТ-архитектура фокусируется на описании принципов и структуры ИТ-системы, в то время как ИТ-ландшафт описывает все компоненты и ресурсы ИТ-инфраструктуры, используемые в организации [3]. ИТ-архитектура является частью ИТ-ландшафта и представляет собой ее один из компонентов, который описывает общую структуру ИТ-системы и определяет правила и стандарты для ее разработки и поддержки.

Актуальность управления ИТ-ландшафтом в настоящее время остается очень высокой. С развитием информационных технологий и цифровой трансформации бизнеса, ИТ-инфраструктура и ИТ-процессы стали неотъемлемой частью любого предприятия.

Без эффективного инструмента для управления ИТ-ландшафтом предприятие может столкнуться с проблемами снижения производительности, невозможностью быстрой адаптации к изменениям рынка и другими проблемами, которые могут негативно сказаться на бизнесе.

При этом существует ряд актуальных тенденций, которые делают управление ИТ-ландшафтом еще более важным. Это, например, расширение использования облачных технологий, увеличение количества устройств и приложений, подключаемых к корпоративной сети, рост объемов и важности данных.

Таким образом, управление ИТ-ландшафтом остается важной задачей для бизнеса, и компании должны постоянно улучшать свои процессы управления, чтобы успешно конкурировать на рынке и обеспечивать стабильную и безопасную работу ИТ-инфраструктуры.

1 Основные компоненты ИТ-ландшафта

ИТ-ландшафт включает в себя широкий спектр компонентов от аппаратного и программного обеспечения до данных и людей (рисунок 1) [4].



Рисунок 1 – Основные компоненты ИТ-ландшафта

1) Аппаратное обеспечение – это физическая часть ИТ-ландшафта. Оно включает в себя компьютеры, серверы, сетевое оборудование, периферийные устройства и другие устройства, необходимые для работы информационных систем.

2) Программное обеспечение – это набор инструкций, которые управляют аппаратным обеспечением. Оно включает в себя операционные системы, прикладное программное обеспечение, системы управления базами данных и другие программные продукты.

3) Сети и коммуникации обеспечивают связь между различными компонентами ИТ-ландшафта. Они включают в себя локальные сети, глобальные сети, облачные сети, а также системы коммуникации, такие как электронная почта, видеоконференции и голосовая связь.

4) Данные – это информация, которая хранится и обрабатывается ИТ-системами. Они включают в себя структурированные данные в базах данных, а также неструктурированные данные, такие как документы, электронные таблицы, изображения и другие медиафайлы.

5) Процессы и процедуры определяют, как используются ИТ-ресурсы организации. Они включают в себя стандарты безопасности, процессы резервного копирования данных, планы управления проектами и другие операционные процедуры.

6) Люди играют ключевую роль в ИТ-ландшафте. Они включают в себя ИТ-персонал, администраторов, пользователей систем, менеджеров по безопасности информации и других специалистов, которые обеспечивают поддержку и управление информационными технологиями.

7) Безопасность – это защита ИТ-систем и данных от несанкционированного доступа, использования или раскрытия. Она включает в себя механизмы защиты данных, управление доступом, системы мониторинга безопасности, защиту от вредоносных программ, а также политики и процедуры безопасности.

2 Основные свойства элементов ИТ-ландшафта

1) Гетерогенность. ИТ-ландшафт состоит из различных компонентов, таких как аппаратное обеспечение, программное обеспечение, сетевые устройства и прочие элементы. Эти компоненты могут иметь различные конфигурации и быть разных типов и моделей, что делает ИТ-ландшафт гетерогенным.

2) Интегрируемость. Важным свойством ИТ-ландшафта является возможность интеграции различных компонентов. Интеграция позволяет эффективнее использовать ресурсы, упрощает управление системой и повышает ее производительность.

3) Распределенность. ИТ-ландшафт может располагаться на разных географических расстояниях. Это свойство требует использования сетевых технологий для обеспечения связи между компонентами системы.

4) Динамичность. ИТ-ландшафт постоянно изменяется и развивается. Новые технологии и программные решения могут появляться каждый день, что требует от системы динамичности и готовности к изменениям.

5) Безопасность. Является одним из важнейших свойств ИТ-ландшафта. Система должна быть защищена от внешних угроз, таких как хакерские атаки, вирусы и прочие угрозы, а также от внутренних угроз, таких как несанкционированный доступ к данным и утечки информации.

6) Управляемость. Означает возможность контролировать работу ИТ-ландшафта и принимать решения в режиме реального времени. Управление позволяет эффективно использовать ресурсы системы, оптимизировать работу и повысить ее производительность.

7) Расширяемость. ИТ-ландшафт должен быть расширяемым, что позволяет добавлять новые компоненты и функциональность без необходимости полного изменения системы.

3 Требования к системе моделирования ИТ-ландшафта

Большое число элементов ИТ-ландшафта усложняет процесс управления ими во времени. Для решения этой задачи необходимо спроектировать систему, которая сможет в динамике отслеживать изменения и показывать суть принимаемого решения.

Во-первых, система для проектирования обязательно должна позволять создавать объекты с разной степенью вложенности [5]. Это одно из основных свойств модели ИТ-ландшафта, которое отражает иерархическую структуру компонентов и их взаимосвязи, где каждый узел представляет отдельный компонент, такой как сервер, база данных, приложение и т.д. Узлы могут быть связаны друг с другом, чтобы отобразить взаимодействие между компонентами.

Вложенность также позволяет проводить анализ ИТ-ландшафта на разных уровнях детализации, начиная с общей картины и переходя к более детальному описанию компонентов ИТ-системы. Это может быть полезно при принятии решений по управлению ИТ-ресурсами, так как позволяет оценить влияние изменений на различные уровни ИТ-системы.

Отсюда также следует, что должна быть предусмотрена возможность описания взаимосвязей между компонентами. Например, для описания программных модулей, состоящих из других программных модулей, связи между серверами и базами данных, приложениями и операционными системами, и т.д.

Во-вторых, система должна позволять создавать новые версии объектов. Версии обозначают конкретное состояние или уровень развития каждого компонента. Это позволяет отслеживать изменения и обновления, вносимые в компоненты, а также обеспечивает возможность контроля истории изменений и возврата к предыдущим версиям в случае необходимости.

В-третьих, в системе должна быть возможность хранения документации, поскольку она позволяет сохранить информацию об архитектуре и конфигурации ИТ-системы, ее компонентах и их взаимодействии.

В документации должна содержаться актуальная информация о состоянии ИТ-ландшафта. В случае если состояние изменяется, например, из-за внесения изменений в конфигурацию системы, документация должна быть обновлена соответствующим образом. Поэтому версияльность должна быть доступна и для документов.

Помимо этого, документация может быть полезна для сотрудников ИТ-отдела, которые могут использовать ее в качестве руководства при управлении ИТ-ландшафтом и решении возникающих проблем.

4 *PLM*-система как технологическая платформа для управления ИТ-ландшафтом

Создание отдельного продукта для управления архитектурой является дорогостоящим проектом. Используя информацию об элементах и свойствах ИТ-ландшафта, а также требованиях, которым должна отвечать система для построения модели, можно предположить, что в качестве технологической платформы можно адаптировать *PLM/PDM*-систему.

PLM (*Product Lifecycle Management*) и *PDM* (*Product Data Management*) системы являются ключевыми инструментами управления жизненным циклом изделий и данными о продукте в процессе его разработки и выпуска на рынок [6].

PLM система включает в себя управление всем жизненным циклом продукта, начиная от концепции и заканчивая его уходом с рынка. Эта система позволяет управлять данными о продукте, координировать работу команды разработчиков, а также управлять процессами и ресурсами, связанными с разработкой и выпуском продукта.

PDM система, в свою очередь, является подсистемой *PLM*, отвечающей за управление данными о продукте во время его жизненного цикла. Она позволяет управлять информацией о компонентах изделия, их свойствах, документации, чертежах, моделях и других данных, связанных с продуктом. *PDM* система также обеспечивает синхронизацию данных между различными департаментами и сотрудниками, что позволяет избежать ошибок и повторной работы.

ИТ-ландшафт и производственный процесс имеют много общего, в том числе и в структуре элементов и свойствах. Рассмотрим некоторые из них:

1) ИТ-ландшафт состоит из множества элементов, которые могут включать в себя серверы, сетевое оборудование, базы данных, приложения и т.д. В производственном процессе элементами могут быть детали, узлы и сборки.

2) Элементы ИТ-ландшафта могут быть организованы в иерархическую структуру, где каждый элемент может включать в себя более мелкие элементы. Например, сервер может состоять из нескольких компонентов, каждый из которых может иметь

свои собственные элементы. Аналогично в производственном процессе на верхнем уровне находится основная сборочная единица или конечный продукт. Ниже этого уровня находятся «подсборочные» единицы, включающие в себя группы компонентов, которые, в свою очередь, могут содержать детали или другие «подсборочные» единицы.

3) Каждый элемент ИТ-ландшафта и производственного процесса имеет свои собственные свойства. Например, сервер может иметь свойства, такие как процессор, объем оперативной памяти, жесткий диск и т.д. В производственном процессе свойства могут включать в себя размеры, вес, материал и т.д.

4) В производственном процессе элементы взаимодействуют между собой для создания конечного продукта. Аналогично, элементы ИТ-ландшафта должны взаимодействовать между собой для обеспечения целостности и работоспособности системы.

5) Как и в производственном процессе, каждый элемент ИТ-ландшафта имеет свой жизненный цикл, который включает в себя этапы разработки, тестирования, внедрения, опытной эксплуатации, опытной промышленной эксплуатации и вывода из эксплуатации.

6) PLM-система предоставляет возможность сравнения версий ИТ-ландшафта аналогично сравнению сборочных единиц. Это необходимо для анализа и принятия управленческих решений.

Исходя из вышесказанного, можно предполагать, что для моделирования и управления ИТ-ландшафтом можно использовать методы и инструменты, разработанные для управления производственным процессом.

Одним из главных преимуществ использования PLM-системы является то, что у крупных промышленных предприятий уже есть лицензия на какую-либо PLM-систему, и, как правило, острая необходимость в управлении ИТ-ландшафтом. Крупные предприятия имеют обширные операции и разветвленные структуры, требующие слаженной работы множества ИТ-систем для обеспечения эффективности и конкурентоспособности.

На основе статистики, собранной *TAdviser*, по количеству проектов внедрений подрядчиками PLM-систем было выбрано средство реализации от фирмы Аскон ЛОЦМАН/PLM (рисунок 2) [7]. Так как большая часть внедрила данный продукт на своем предприятии и могут использовать эту же систему для управления ИТ-ландшафтом.

5 Проектирование объектов

Перед построением модели необходимо спроектировать объекты, которые нужно создать в системе, и связи между ними (рисунок 3). Это необходимо для того, чтобы правильно создать объекты в системе и настроить связи между ними.

На рисунке 3 описаны связи между компонентами ИТ-ландшафта. Так, например, программный модуль может состоять из других программных модулей. Помимо этого, на один программный модуль может быть выпущено несколько документов, для этого используем связь «Документы». Также существуют ИТ-проекты, которые влияют на изменения в программных модулях (создание новых версий) и порождают документы.



Рисунок 2 – Диаграмма подрядчиков по количеству проектов внедрений

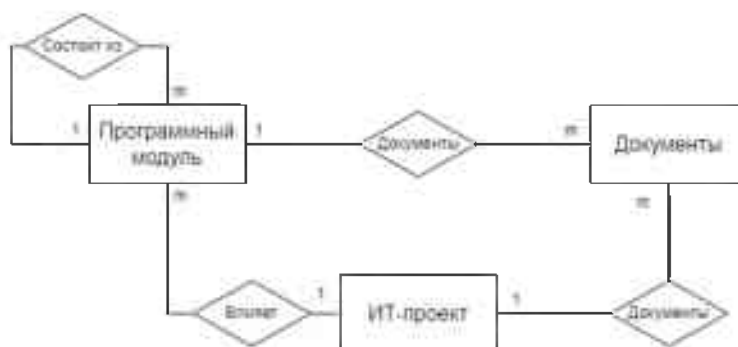


Рисунок 3 – Структура модели

Опишем минимальные необходимые атрибуты для наших объектов.

Таблица 1 – Атрибуты объектов

Объект	Атрибут	Значения (при наличии)
Программный модуль	Наименование	
	Класс ПО	Системное, прикладное, инструментальное
	Компания поставщик	
	Компания лицензиат	
Документы	Наименование	
	Тип	Архитектурная/проектная, техническая, пользовательская
ИТ-проект	Наименование	

Заключение

В ходе выполненного исследования рассмотрены и проанализированы основные аспекты и особенности реализации средств моделирования ИТ-ландшафта с использованием систем автоматизации промышленных предприятий. Полученные результаты подчеркивают важность применения современных технологий и методов в управлении информационно-технологическими ресурсами на предприятиях.

В ходе исследования выявлены следующие ключевые моменты:

1) Моделирование ИТ-ландшафта играет важную роль в оптимизации управления информационными технологиями, позволяя анализировать воздействие изменений и решений.

2) Системы автоматизации промышленных предприятий предоставляют мощные инструменты для управления производственными процессами, которые можно адаптировать для управления ИТ-ландшафтом, что способствует повышению эффективности предприятия.

3) Внедрение систем автоматизации в управление ИТ-ландшафтом требует компетентного подхода и наличия квалифицированных специалистов, способных адаптировать систему к специфике организации.

Таким образом, правильная реализация средств моделирования ИТ-ландшафта с использованием систем автоматизации промышленных предприятий может значительно повысить эффективность и конкурентоспособность организации.

На основе полученных результатов и анализа планируется дальнейшая реализация исследования в рамках следующих проектов и исследований. Основываясь на выявленных тенденциях и ограничениях, предполагается расширить область исследования для включения более широкого спектра параметров и факторов. Будущие исследования будут направлены на углубленный анализ процесса моделирования ИТ-ландшафта в выбранной *PLM*-системе. Предполагается также проведение практических экспериментов для подтверждения результатов текущего исследования и дальнейшего уточнения рекомендаций, представленных в данной статье.

Литература

1 Рыбальченко М.В. Архитектура информационных систем: учеб. пособие для СП. М.: Издательство Юрайт, 2016. 91 с.

2 Лезжова М.А., Яхонтова И.М. Анализ бизнес-рисков, связанных с текущим состоянием архитектуры бизнес-системы и ИТ-ландшафта // Сборник материалов X международного студенческого форума. – Краснодар: КГАУ имени И.Т.Трубилина, 2018. С. 52-55.

3 Трутнев Д.Р. Архитектуры информационных систем. Основы проектирования: Учебное пособие. СПб.: НИУ ИТМО, 2012. 66 с.

4 Абросимов В.К., Демидов Р.С. Информационный ландшафт организации // Интеллектуальные системы. 2011. Т.1. С.9-23.

5 Ландшафтный дизайн ИТ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.osp.ru/os/2012/08/13019120> (Дата обращения: 10.11.2023).

6 Product Lifecycle Management [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья/Product_Lifecycle_Management (Дата обращения: 13.11.2023).

7 PLM Управление жизненным циклом изделия [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/PLM_Управление_жизненным_циклом_изделия?cache=no&ptype=vendors (Дата обращения: 01.04.2023).

Лумбина Карина Вугар кызы – магистрант, Университет ИТМО, системный аналитик, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: информационные системы и технологии в различных сферах деятельности, ИТ-ландшафт.

E-mail: karina.lumbina@yandex.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Авербух Александр Борисович – кандидат технических наук, главный архитектор решений ИТ, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: информационные системы и технологии в различных сферах деятельности, ИТ-ландшафт.

E-mail: a.averbuh@goz.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

DESIGNING AN IT LANDSCAPE MODEL USING A PLM SYSTEM

The main elements of IT architecture and their properties are considered, as well as the relevance of IT landscape management. A hypothesis has been put forward about the adaptation of the PLM system technology platform for managing the IT landscape, based on the similarity of the IT landscape and the production process.

Keywords: IT-landscape; IT-architecture; product lifecycle management system; modeling; data management; IT-architecture elements.

Lumbina Karina Vugar kyzy – Master's degree, ITMO University, System Analyst, Obukhov State Plant, St. Petersburg.

Research interests: information systems and technologies in various fields of activity, IT landscape.

Averbukh Alexander Borisovich – Candidate of Technical Sciences, Chief Architect of IT Solutions, Obukhov State Plant, St. Petersburg.

Research interests: information systems and technologies in various fields of activity, IT landscape.

ОБОБЩЕННАЯ ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ И ВОСПРОИЗВОДСТВО КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Ермакович В.В.

Отмечена роль науки и образования в устойчивом развитии государства. Представлен анализ траектории развития рейтинговой системы российских периодических изданий. Приведены статистические данные по количественным показателям подготовки кадров высшей квалификации и их анализ. Предложены пути развития системы учета публикационной активности в интересах совершенствования воспроизводства кадров высшей квалификации.

Ключевые слова: публикационная активность; подготовка кадров; наукометрия; показатели качества; перечень изданий.

*«... литератор пописывает, а... читатель почитывает»
М.Е.Салтыков-Щедрин*

Введение

Сегодня наука и образование признаны ключевыми факторами устойчивого развития государств, способствуя как разработке и внедрению передовых технологий, так и интенсивному росту экономики, ведущему к повышению качества жизни людей.

Научные публикации играют ключевую роль в обмене научными знаниями, способствуя прогрессу и развитию науки в целом. Статьи в научных журналах являются важным инструментом в распространении идей, достижений и инноваций в научном сообществе. Через публикации ученые делятся своими открытиями, выводами и методами с коллегами по всему миру. Это способствует обсуждению, критическому анализу и дальнейшему развитию науки в соответствующих областях.

В ушедшем двадцатом веке в СССР сложилась достаточно стройная система научных и профессиональных журналов¹⁹ – согласно статистическим данным Всесоюзной книжной палаты [1] в 1988 году в СССР издавалось 1578 журналов, в том числе научных – 415, научно-практических и производственных – 325. Если же посмот-

¹⁹ Отметим, что в XIX и начале XX веков преобладающим языком науки был немецкий. Вместе с тем, в 1948 году научные труды ученых из СССР уже составляли 1/3 всех неанглоязычных научных публикаций в мире. Десятилетие с небольшим спустя на английском выходила уже примерно половина всех научных публикаций, а к 2005 англоязычные работы и вовсе составили порядка 90%. Существует мнение, что наличие английских переводов советских журналов сыграло важную роль в превращении английского языка в самый распространенный научный язык в мире. Многие престижные журналы приняли английский язык в качестве основного языка публикаций, устанавливая стандарт, который поощряет исследователей публиковать свои работы на английском языке, чтобы охватить более широкую аудиторию и получить признание в своих областях (Melinda Baldwin «Cracking the code of scientific Russian» [2]).

реть по тематическим разделам, то естественно-научных журналов выходило 264 наименования, технических – 268, сельскохозяйственных – 121, медицинских – 113 (в том числе, не только научных).

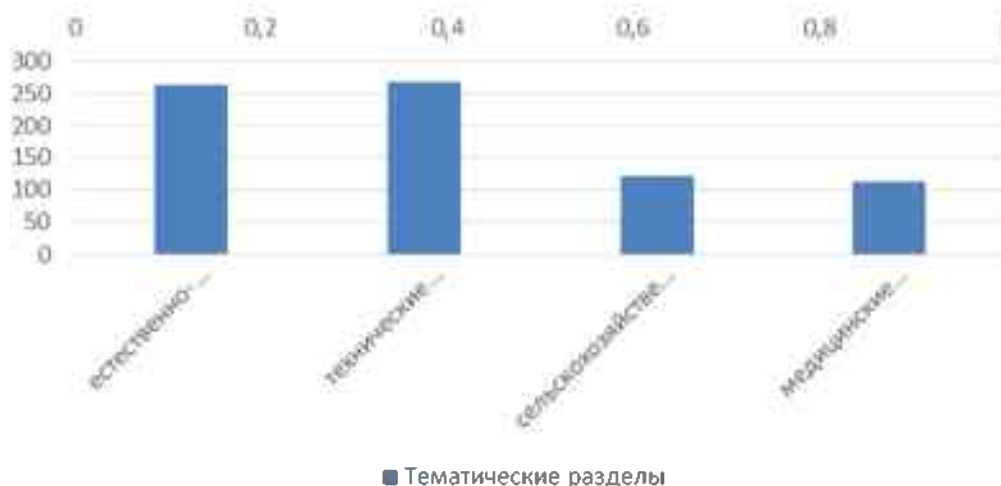


Рисунок 1 – Общее количество журналов, издаваемых в СССР в 1988 году по тематическим разделам

В настоящее время ключевую роль в обеспечении качества научной работы и высшего образования в России играет Высшая аттестационная комиссия (ВАК) при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, способствуя развитию научно-исследовательской деятельности и аттестации кадров [3]. ВАК определяет рецензируемые научные издания, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученых степеней (далее – Перечень).

На сегодняшний день в указанный Перечень входят 3078 научных изданий. Казалось бы, что увеличение в четыре раза числа научных, научно-практических и производственных журналов должно свидетельствовать о кратном росте численности научных кадров и полученных ими технических, технологических, инновационных и иных решений, имеющих научную значимость. Однако многие участники процесса создания научной продукции полагают, что из-за обилия «ваковских» и «неваковских» журналов имеет место вынесенная в эпиграф ситуация, а точнее: найти интересную и полезную статью среди вала публикаций, зачастую носящего характер информационного «белого гауссовского шума», крайне непросто.

Поэтому целью работы является в очередной раз привлечение внимания научного сообщества к проблематике как эффективной наукометрии [4, 5], так и к взаимосвязи обобщенной публикационной активности и динамики воспроизводства квалифицированных научных кадров.

1 Причины введения и эволюция перечня научных журналов и изданий

В настоящее время действуют два перечня: научные журналы, рекомендованные ВАК для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций; научные журналы, включенные в международные реферативные базы и системы учета

цитирований, признаваемые ВАК России. Подробнее остановимся на первом из них.

Впервые он был введен в 2001 году и опубликован в «Бюллетене ВАК» №1 за 2002 год. Перечень создавался как временная мера для борьбы с проблемой массовых защит диссертаций научных степеней, часто не имеющих реального значения для развития науки [6]. Эта мера была вынужденной – низкое качество диссертаций, снижение планки работы диссертационных советов стали причиной появления первого Перечня научных изданий ВАК. В 90-е годы наблюдался рост числа защит диссертаций, в том числе и откровенно фиктивных работ, что негативно сказывалось на качестве научных исследований и престиже научных степеней. Тогда же и появилось требование о наличии публикаций в журналах из Перечня, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации [6]. В Положении о порядке присуждения ученых степеней значится: «Основные научные результаты диссертации должны быть опубликованы в научных изданиях. Основные научные результаты докторской диссертации должны быть опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях. Перечень указанных журналов и изданий определяет ВАК» [6]. Справедливо предполагалось, что это требование приведет к повышению качества диссертационных работ и усилению требовательности к диссертационным советам, так как рецензирование ведущими учеными – членами редколлегии журналов – должно являться признанием научной ценности и важности результатов исследования.

На сегодняшний день количество публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук (к) и на соискание ученой степени доктора наук (д), в рецензируемых изданиях должно быть [7]:

- по историческим, педагогическим, политическим, психологическим, социологическим, филологическим, философским, экономическим, юридическим отраслям науки, искусствоведению, культурологии и теологии – не менее 3(к)/15(д);
- по остальным отраслям науки – не менее 2(к)/10(д).

Примечание. Количество публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора наук, оформленной в виде научного доклада, в рецензируемых изданиях, определяемых в соответствии с рекомендацией Комиссии, должно быть за последние 10 лет не менее 50. Количество публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, оформленной в виде научного доклада, в рецензируемых изданиях, определяемых в соответствии с рекомендацией Комиссии, должно быть не менее 10 [8].

Рассмотрим эволюцию Перечня ВАК на интервале с 2001 по 2024 год (рисунок 2), выделив пять знаковых периодов:

- а) 2001-2005 г.г. число изданий оставалось стабильным на уровне 1100 и, видимо, соответствует в основном российской научной периодике советского наследия;
- б) в 2007 году произошло снижение числа журналов [9];
- в) с 2008 года начался тренд на увеличение числа изданий, достигнув локального пика в 2013 году (2269 изданий) [10];
- г) в 2015 году наблюдается снижение числа изданий по сравнению с предыдущими годами [11];
- д) с 2017 года число изданий снова начало увеличиваться, достигнув значимого роста к 2024 году (3078 изданий) [12]. При этом Перечень ВАК пополнялся и корректировался едва ли не ежемесячно.

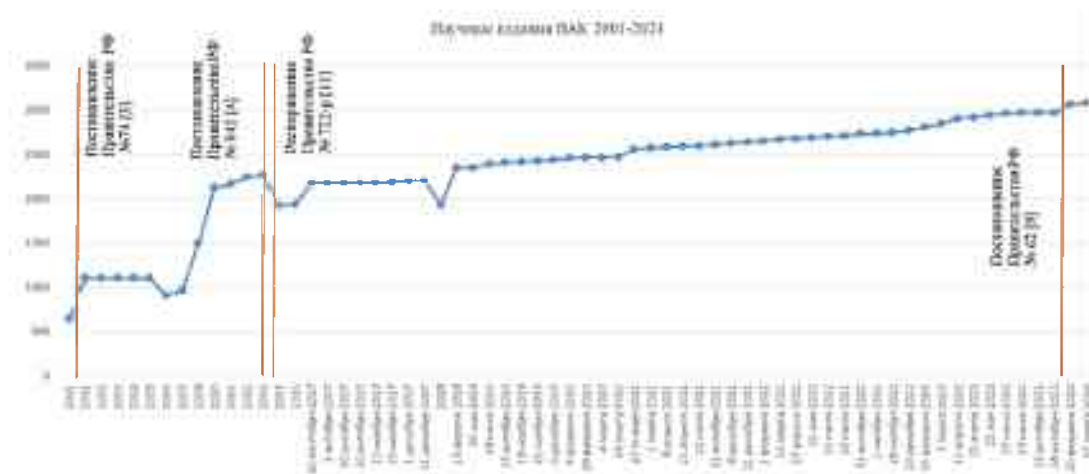


Рисунок 2 – Число изданий в Перечне ВАК

2 О взаимосвязи числа публикаций и интенсивности защит диссертаций

Анализ открытых статистических данных с 2010 по 2021 годы [13] свидетельствует о значительном снижении числа присужденных степеней во всех научных областях. В 2010 году защитили более 19 тысяч работ, в 2018-2019 – примерно по 8 тысяч, а в 2021 – всего 6,5 тысяч.

Особенно заметно снижение в области общественных наук, где количество диссертаций уменьшилось значительно.

В общественных науках (политические, экономические, социологические специальности) наблюдается самое крупное сокращение: присуждение степеней уменьшилось в 10 раз, 6,5 раз и 8 раз соответственно.

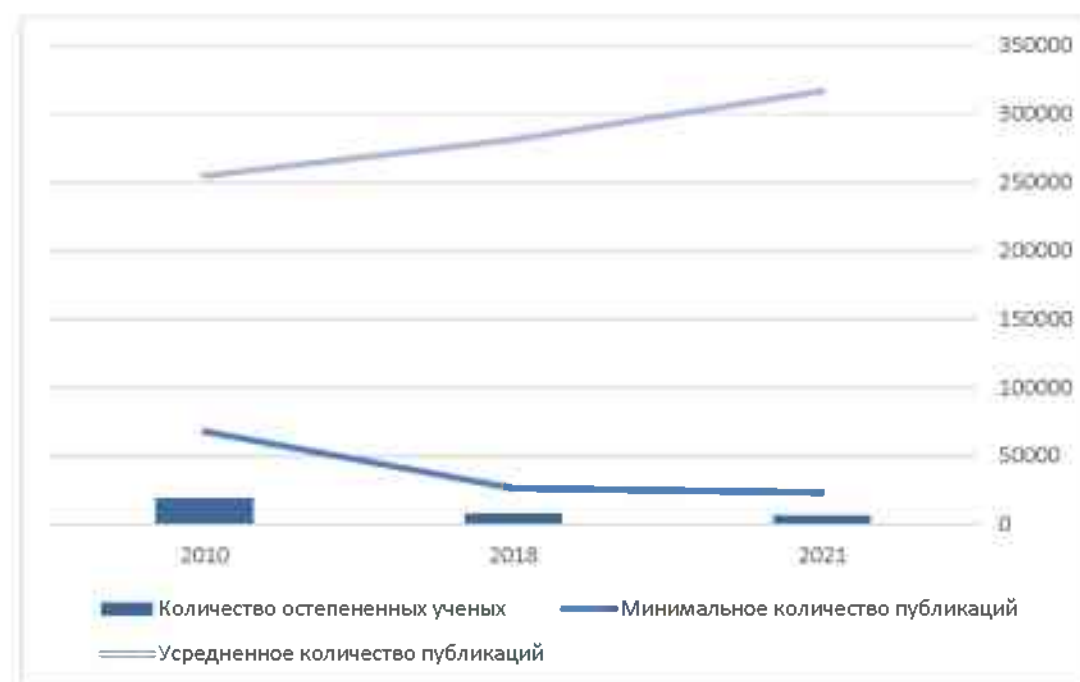
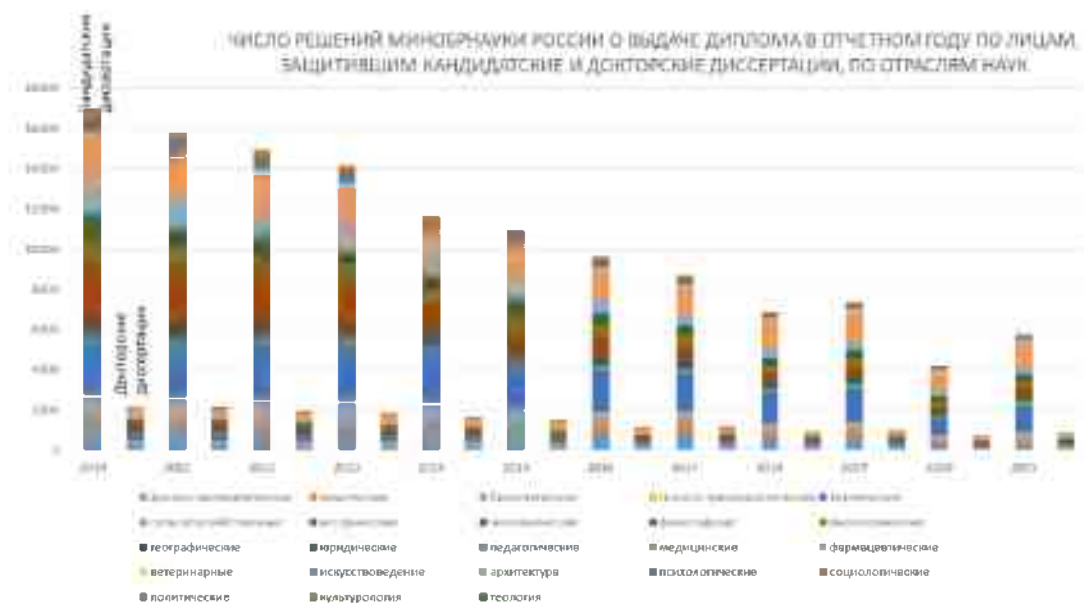
Гуманитарные науки (философия, психология) также показали существенное снижение: например, в философии – в 5,4 раза, а в психологии – в 7 раз.

Диссертации по естественным и техническим наукам также уменьшились. Математика, астрономия, географические и геолого-минералогические науки испытали наибольшее сокращение, примерно в четыре раза.

Меньшее снижение числа ученых, получающих степени, наблюдается в технических, медицинских и сельскохозяйственных науках.

Тенденция к снижению интенсивности успешных защит очевидна.

С учетом наличия формального требования о наличии от 2 до 15 публикаций в изданиях, входящих в Перечень ВАК (в зависимости от присуждаемой степени и отрасли науки), в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук, в рецензируемых изданиях, должно быть. Поэтому можно рассчитать минимальное количество публикаций за эти периоды: 68056, 26470, 23283 – и, как видно, количество публикаций неумолимо падает. Также, можно предположить, что, исходя из того, что каждый журнал издается от 4 до 12 номеров в год и в каждом по, скажем, 15 статей, то можно оценить усредненно общую численность в 300 тысяч статей ежегодно, или 822 статьи в день, включая праздничные и выходные дни.



На наш взгляд, проблема Перечня научных журналов и изданий ВАК в настоящее время состоит в том, что он реализует одновременно две существенно разные функции, которые не только не сочетаются между собой, но и в некоторой степени противоречивы.

Первая функция – публикация основных результатов кандидатских и докторских диссертаций, то есть реализуется функция публикации результатов, прежде всего, ради воспроизводства квалифицированных научных кадров. В ходе развития Пе-

речень изменился: от единого списка до деления на кандидатские и докторские, а затем по группам и отдельным научным специальностям. 22 июня 2023 года состоялось заседание Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России, на котором была принята Рекомендация № 1-пл/2 «О работе по совершенствованию и оптимизации перечня научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», где и было утверждено распределение журналов Перечня ВАК по категориям [14].

Вторая функция – публикация результатов текущих исследований научных работников и преподавателей.

Проблема возникает из-за разных целей, а именно: у одних – продемонстрировать диссертационному совету кондиционность диссертационного исследования через предъявление рецензированных редколлегиями уполномоченных журналов двух и более статей, а у других – желание довести до научной общественности собственные значимые результаты. Если для соискателей ученых степеней публикация результатов диссертаций – это обязательное формальное требование (как критерий пригодности и диссертабельности), то для научных работников – своего рода подтверждение достоверности и значимости выполненных исследований, а также возможность для научного обсуждения и обмена мнениями с другими учеными, что способствует развитию научного диалога и продвижению научных идей.

Сегодня обилие статей первых порождает собой информационный шум для вторых. Поэтому некоторые ученые пытаются уйти в Scopus²⁰ и другие базы, потому что в них отмеченная тенденция присутствует в меньшей мере.

Дополнительным фактором увеличения числа изданий и публикаций явилось введение эффективного²¹ контракта для профессорско-преподавательского состава университетов и научных организаций, в результате внедрения которого должны были произойти следующие изменения: рост престижа и привлекательности профессий в научно-образовательной сфере, повышение квалификации сотрудников и качества предоставляемых услуг, а также установление прозрачной системы оплаты труда – ведь качество высшего образования в значительной степени зависит от профессионализма преподавателей, их активности в научной и публикационной деятельности.

Согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2014 г. № 722-р «О плане мероприятий («дорожной карте») «Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки» ожидаемыми результатами раздела V «Изменения в сфере высшего образова-

²⁰ В марте 2022 года Правительством Российской Федерации был введен мораторий на учёт публикаций российских учёных в международных научных журналах в связи с недружественными действиями ряда иностранных государств, осложнившими доступ российских учёных к международным научным изданиям, публикации в которых учитывались при защите диссертаций. Поэтому на сегодняшний день российским ученым не обязательно размещать свои работы в журналах, включенных в международные базы данных.

²¹ Эффективный контракт – это трудовой договор с работником, в котором конкретизированы его должностные обязанности, условия оплаты труда, показатели и критерии оценки эффективности деятельности для назначения стимулирующих выплат в зависимости от результатов труда и качества оказываемых государственных (муниципальных) услуг, а также меры социальной поддержки [15].

ния, направленные на повышение эффективности и качества услуг в сфере образования, соотнесенные с этапами перехода к эффективному контракту» было повышение уровня мотивации научных и научно-педагогических кадров; ожидаемыми результатами раздела VI «Изменения в сфере науки и технологий, направленные на повышение эффективности и качества выполняемых работ в этой сфере, соотнесенные с этапами перехода к эффективному контракту» стали:

- повышение публикационной и изобретательской активности российских исследователей на международном уровне;
- создание развитой системы инструментов финансирования науки на конкурсной основе;
- создание функционирующей сети исследовательских лабораторий, работающих под руководством ведущих ученых;
- повышение заработной платы научных работников к 2018 году до уровня 200 процентов средней заработной платы в соответствующем регионе [16].

Несомненно, что научная деятельность профессорско-преподавательского состава университетов и научных работников научных организаций чрезвычайно важна, а публикационная активность является ее отражением. Однако существующая частная система оценивания и оплаты научной деятельности сотрудников²² научных и образовательных организаций по публикационной активности исказила, к сожалению, смысл, дух этой деятельности: в соответствии с известным законом (принципом) Кэмпбэл-Гудхарта показатель перестает быть объективным, как только его делают целевым и управляемым.

Следующим явилось решение о категорировании российских научных изданий аналогично тому, как это сделано в базах *Web of Science* и *Scopus*: Постановлением Правительства Российской Федерации от 25.01.2024 № 62 установлены требования о категорировании научных изданий, входящих в Перечень [17]. Документ закрепляет положение, что такие издания должны быть поделены на группы в зависимости от их значимости в научном сообществе. По результатам проведенного анализа наукометрических показателей все научные издания, входящие в Перечень рецензируемых научных изданий, были выстроены по убыванию коэффициента научной значимости, и распределены по категориям в соотношении K1²³ – 25%, K2 – 50%, K3 – 25% [18]. Основанием для отнесения издания к одному из квартилей является совокупность количественных и качественных показателей. Качественные показатели, по которым оценивают статус издания, – это уровень авторитетности авторов, уникальность и качество их статей, уровень рецензирующей организации и организации-учредителя. Количественные показатели – *Science Index*; индекс Херфиндаля-Хиришана; индекс Джинни; средний индекс Хирша авторов; 10-летний индекс Хирша издания; среднее число просмотров с средним на одну статью за год.

²² Ключевым условием внедрения эффективного контракта в качестве механизма повышения мотивации и стимулирования преподавательского состава было обеспечение прямой зависимости заработной платы от качества и результатов работы профессорско-преподавательского состава.

²³ Статьи, опубликованные в журналах квартиля K1, считаются равноценными статьям, опубликованным в изданиях *Scopus* и *Web of Science*.

3 Эмпирико-экспертное обоснование варианта стратегии анализа и оценки научных публикаций

Авторами был проведен экспертный опрос сотрудников ряда научных и образовательных организаций на предмет формирования множества конструктивных предложений по устранению недостатков в сложившейся системе публикаций. Опрос проводился в режиме «мозгового штурма», целью которого являлось не столько обоснование своих предложений, сколько их генерирование. Последующее обсуждение регламентировалось таким образом, чтобы не превращать смысл предложений в юридически выверенный, но малопонятный текст.

В результате нам удалось выделить семь основных организационно-технических идей:

1) необходимо выделение ряда журналов в отдельную категорию «для воссоздания научного потенциала», где публиковать только статьи соискателей ученых степеней, причем с одновременной или отложенной публикацией двух рецензий на них членов редколлегий, которые являются членами каких-либо диссертационных советов;

2) публикуемые на статью рецензии членов диссертационных советов засчитывать как научную деятельность (научный труд, возможно как научную статью). Следует понимать, что зачастую члены диссертационных советов – люди возрастные и по объективным причинам свой пик творческой активности у них позади. Поэтому оценивать их профессионализм хотелось бы не по числу научных статей, которые пишут уже их ученики или они сами на философские темы, а по качеству экспертно-аналитической работы, в которой они безусловно сильны, а рецензии будут служить отражением их именно «контрольно-надзорной» деятельности. Безусловно, здесь имеет место быть риск подписывания рецензий для учеников своих друзей и знакомых – научных руководителей соискателей, однако, с другой стороны, опубликование единоличной рецензии, а также последующих рецензий со стороны читателей журнала должно помочь избежать упрощенчества;

3) известна проблема «последней мили» – доведения продукта до покупателя на конечном участке или услуг связи от магистрали до множества разбросанных конечных абонентов, однако в научной деятельности можно вести речь и о проблеме «первой мили», или первой статьи – начальные письменные шаги в науке даются очень непросто и соискателю нужна помощь. При том не только научного руководителя, но и редакционной коллегии, а первые статьи они же еще и не очень серьезные, в журналы Перечня ВАК их «проталкивать» было бы неправильно. То есть, по аналогии с тренерами для детей, юношества и взрослых напрашивается и градация журналов по уровню результатов диссертационных исследований. И здесь журналы, так сказать, «ринцевские», могли бы сыграть ведущую позитивную роль;

4) создания групп научных журналов для научной общественности (авторы, которые не могут молчать, которым есть что сказать научному сообществу, желающие поделиться своими идеями и мыслями, а также получить обратную реакцию, при этом, засчитывать «в копилку» публикаций следует, по-нашему мнению, лишь докторам наук в связи с их компетенцией и опытом). При этом журналы первой группы имеют право рекомендовать отдельные статьи для опубликования в группе журналов для научной общественности;

5) глянецовые «генеральские» журналы (в них публикуют статьи по широкому кругу тем, от фундаментальных исследований до прикладных разработок высокопоставленные лица, принимающие решения в тех или иных областях народного хозяйства, в том числе губернаторы, министры, руководители крупных корпораций и организаций и пр. Материалы для таких изданий должны готовить опытные ученые, имеющие опыт ведения и организации научных исследований, способные на доступном уровне доносить состояние и тенденции развития отраслей научных исследований до лиц, принимающих общественно-значимые решения;

6) отдельной категорией предлагается выделить статьи для оправдания грантов и эффективного контракта профессорско-преподавательского состава. Идея состоит в публикации статей в журналах ВАК с квартилями. Например, гранты федерального уровня должны предоставляться только за публикации в журналах первого квартиля ВАК, гранты министерского уровня — за публикации в журналах первого и второго квартилей и т.д.;

7) платные публикации. Необходимо отметить, что у такого рода публикаций есть как неоспоримые достоинства, так и значительные недостатки. Существует риск, что платные публикации могут быть использованы для достижения личных или финансовых целей (как авторов журнала, так и ученых (гешефт в виде «выполнения» эффективного контракта или дополнительного мотивационной выплаты, превышающей затраты на публикацию)), а не для продвижения науки. Опыт знакомых авторов показывает, что поскольку процесс рецензирования не такой строгий — соответственно и публикации работ низкого качества. Проблема платных публикаций заключается в том, что они могут подорвать доверие к научному сообществу и качеству научных исследований. В идеале, рецензирование должно быть объективным процессом, направленным на улучшение качества научной работы, а не на генерацию дохода для журнала или авторов. В то же время, быстрая публикация может быть полезной в определенных обстоятельствах, например, при распространении срочных медицинских данных или в случаях, когда задержка в публикации может привести к упущенным возможностям. Важно, чтобы научное сообщество и издатели работали вместе для обеспечения прозрачности и поддержания высоких стандартов рецензирования, независимо от того, является ли публикация платной или бесплатной. Это поможет сохранить целостность научных исследований и доверие к научным публикациям.

4 Количество изданных научных публикаций в Санкт-Петербурге

Санкт-Петербург является одним из крупнейших научно-образовательных центров, признанным в этом качестве в истории и современности в России и за ее пределами. По различным показателям в городе сосредоточено более 10% научного потенциала страны, который составляют свыше 360 научных организаций, включая более 50 организаций Российской академии наук и других государственных академий, 10 государственных научных центров, 64 гражданских образовательных организаций высшего образования (в том числе 6 филиалов, 4 национальных исследовательских университета) [19].

По данным мониторинга за 2022 г. организации-респонденты опубликовали более 86 тыс. научных статей, более 1,5 тыс. монографий, более 3 тыс. учебников и учебных пособий и более 22 тыс. иных типов публикаций. Всего за 7 лет с 2016 по

2022 гг., организации-респонденты опубликовали более 746 тыс. различных видов печатных работ (более 556 тыс. научных статей, более 13,6 тыс. монографий, более 28 тыс. учебников и учебных пособий).

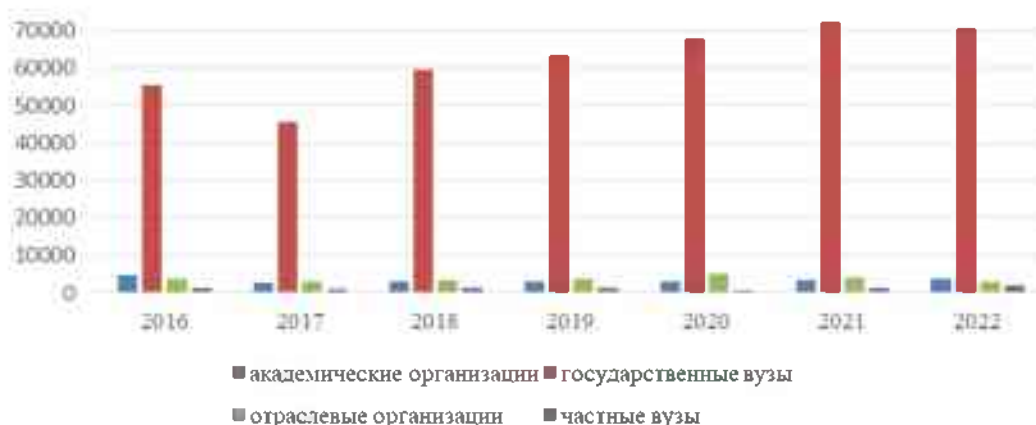


Рисунок 5 – Количество опубликованных научных статей, по группам организаций

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа

Группа организаций	Количество публикаций в отчетном году – научные статьи, ед.							Изменение 2022 г. к 2016 г.
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
академические организации	4648	2823	2932	3197	3120	3534	3726	-19,8%
государственные вузы	55332	45614	59423	63182	67704	72222	70622	27,6%
отраслевые организации	3625	3077	3536	3728	5007	4216	3178	-12,3%
частные вузы	1234	925	1408	1222	683	1278	1926	56,1%

По количеству научных статей по «ядру выборки» мониторинга наблюдается относительно устойчивый рост значений показателя в период 2017-2021 г. для государственных вузов, с небольшим сокращением в 2022 г. Для академических организаций также имеет место устойчивый рост. Для отраслевых организаций активный рост количества опубликованных научных статей 2017-2020 гг. сменился таким же заметным сокращением в 2021-2022 гг. Для частных вузов динамика показателя неустойчивая (что, вероятно, связано с небольшим объемом выборки), с тенденцией к росту в 2021-2022 гг.

Заключение

Научные публикации, являясь одним из результатов деятельности работников умственного труда, выступают одновременно и показателем их продуктивности. Сложность количественного оценивания значимости научных публикаций приводит к формированию непростой системы наукометрических показателей. За лесом описывающих их формул теряется содержательная составляющая научной деятельности,

явственно проявляющаяся в отсутствии корреляции между объемом опубликованных работ в журналах из перечня ВАК и числа защит диссертаций.

Представленный анализ позволяет утверждать, что сложившаяся система наукометрического учета публикационной активности ориентирована не на воспроизводство кадров высшей квалификации, и поэтому нуждается в совершенствовании.

Предложенные семь основных организационно-технических идей могут рассматриваться как предпосылки для начала широкой дискуссии, призванной способствовать разработке практических мер, направленных на формирования инструментария управления научной деятельностью в интересах устойчивого развития государства, разработки и внедрения передовых технологий и интенсивного роста экономики.

Литература

- 1 Печать СССР в 1988 году. Стат. сб. М.: 1989. 238 с.
- 2 Melinda Baldwin «Cracking the code of scientific Russian» [электронный ресурс <https://pubs.aip.org/physicstoday/Online/5273/Cracking-the-code-of-scientific-Russian>, дата обращения 17.04.2024].
- 3 Постановление Правительства Российской Федерации от 26.03.2016 г. № 237 «Об утверждении положения о Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации».
- 4 Гринёв А.В. Некоторые проблемы современной наукометрии, научной политики и необходимость формирования наукометрических субдисциплин // Управление наукой и наукометрия. 2023. Т.18, № 3. С.415.
- 5 Гришина Е.А. Проблемы применения наукометрических методов к измерению эффективности публикационной активности вузовских преподавателей // Философия. Социология. Искусствоведение. 2019. № 2. С.103.
- 6 Постановление Правительства Российской Федерации от 30.01.2002 № 74 «Об утверждении Единого реестра ученых степеней и ученых званий и Положения о порядке присуждения ученых степеней».
- 7 Постановление Правительства РФ от 26 октября 2023 г. № 1786 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
- 8 Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».
- 9 Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 2007 г.)
- 10 Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 2013 г.).
- 11 Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 2015 г.).
- 12 Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 16.09.2017 г.).
- 13 Индекс науки 2023 URL:<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/822633163.pdf>

(дата обращения: 06.04.2024).

14 Рекомендация № 1-пл/2 «О работе по совершенствованию и оптимизации перечня научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

15 Программа поэтапного совершенствования системы оплаты труда в государственных (муниципальных) учреждениях на 2012–2018 годы, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 26 ноября 2012 г. № 2190-р.

16 Распоряжение Правительства РФ от 30 апреля 2014 г. № 722-р «О плане мероприятий («дорожной карте») «Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки».

17 Постановление Правительства Российской Федерации от 25.01.2024 № 62 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»

18 Итоговое распределение журналов Перечня ВАК по категориям K1, K2, K3 в 2023 году.

19 Бюллетень тенденции развития науки в Санкт-Петербурге, Выпуск 2, Санкт-Петербург, 2023.

Ермакович Вероника Васильевна – старший инспектор, Комитет по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга, г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: разработка и применение наукометрических методов; анализ и оптимизация публикационной активности; оценка научной деятельности; совершенствование системы наукометрического учета; управление научной деятельностью; изучение роли науки и образования в устойчивом развитии государства.

E-mail: Ermakovich@knvsh.gov.spb.ru.

Почтовый адрес: 191144, Санкт-Петербург, улица Новгородская, дом 20, литера А.

GENERALIZED PUBLICATION ACTIVITY AND REPRODUCTION OF HIGHLY QUALIFIED PERSONNEL

The role of science and education in the sustainable development of the state is noted. An analysis of the development trajectory of the rating system of Russian periodicals is presented. Statistical data on quantitative indicators of training of highly qualified personnel and their analysis are presented. Ways have been proposed for developing a system for recording publication activity in the interests of improving the reproduction of highly qualified personnel.

Keywords: publication activity; personnel training; science-metrics; quality indicators; list of publications.

Ermakovich Veronika Vasilievna – senior inspector, Committee for Science and Higher Education of the Government of St. Petersburg, St. Petersburg.

Research interests: development and application of scientometric methods; analysis and optimization of publication activity; assessment of scientific activity; improvement of the scientometric accounting system; management of scientific activities; studying the role of science and education in the sustainable development of the state.

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ВИБРАТОРНОЙ АНТЕННЫ

Давыдова У.А.

Рассмотрены особенности включения нагрузок в передающие устройства на примере вибраторной антенны, проанализированы случайный поиск и генетический алгоритм в рамках общей классификации методов оптимизации, а также разобран один из подходов поиска распределения тока по антенне.

Ключевые слова: вибраторная антенна; генетический алгоритм; случайный поиск; распределение нагрузок; КСВ.

Введение

Одной из задач прикладной электродинамики является проектирование антенн с помощью программных пакетов. Это позволяет не только исследовать статистические методы и программные алгоритмы, но и сэкономить временные и материальные затраты.

Улучшение характеристик электромагнитных устройств, не изменяя их геометрических размеров, всегда актуально.

Как правило, для увеличения рабочего диапазона частот, минимизации коэффициента стоячей волны (КСВ), используется дополнительная согласующая цепь, например, включение параллельных контуров в виде сосредоточенных нагрузок [1, 2].

В качестве антенны выбран диполь Герца. Расчет параметров произведён по методу матрицы токов. Если ток найден, то можно вычислить все основные характеристики антенны: коэффициент усиления (КУ), диаграмму направленности (ДН) и КСВ [3, 4].

В работе сравниваются два алгоритма случайного поиска.

Первый – случайный подбор, взятый как самый простой, быстрый в реализации и распространённый в применении.

Второй – генетический алгоритм, выбранный как наиболее успешный среди эволюционных методов в настоящее время.

Таким образом, задача данной работы заключается в сравнении вычислительных алгоритмов случайных процессов на примере численного моделирования вибраторной антенны с включёнными параллельно контурами в виде сосредоточенных нагрузок при ограничениях на диапазон частот.

1 Исходные данные и общий принцип моделирования

Программа автоматически ищет оптимальный набор нагрузок для антенны, чтобы минимизировать коэффициент стоячей волны (КСВ) в диапазоне частот от 0,2 до 2,0 ГГц. Пользователь задает число конденсаторов и их начальные значения перед началом работы программы.

Общий алгоритм программы выглядит следующим образом: сначала, с использованием генетического алгоритма либо случайного подбора формируется набор нагрузок, для которого затем вычисляется и сохраняется экстремум КСВ функции, завершается первое повторение цикла. После этого происходит автоматическое формирование новых ёмкостей для следующей итерации. Таким образом, создается 100 наборов, из которых выбирается и выводится результат с наименьшим значением КСВ, а также строится соответствующий график. Пользователь может также изменить размер выборки, но на практике обычно ста итераций достаточно, чтобы достичь необходимого экстремума.

2 Реализация случайного поиска и формирование целевой функции

Данная часть кода генерирует случайным образом значения нагрузок на каждой итерации программы и оценивает их воздействие на целевую функцию КСВ. Используемый подбор заключается в равномерном случайном «бросании» точек в пространство поиска. Результаты случайного поиска принимаются в качестве основных, эталонных результатов, которые будут сравниваться с результатами генетического алгоритма при теоретическом и численном сравнении.

В связи с широким применением аббревиатуры *rnd* в программировании, (от англ. *random* – случайный), в дальнейшем для краткости изложения будем использовать большими буквами обозначение *RND* вместо словосочетания «случайный подбор».

Сформированный *RND* набор конденсаторов (вектор *Set*) из диапазона значений от $0,1 \cdot 10^{-12}$ до 100 Ф поступает на вход функции с названием «*тКСВ*», которая возвращает две переменные; первая – это входящий набор нагрузок *ZN*, вторая – значение целевой функции *Simpson* (площадь под графиком КСВ, рассчитанная по методу Симпсона). Расчёт матрицы токов антенны производится численно методом Галёркина.

Пример кода показан на рисунке 1.

Комментарии к программе:

KCB8SET – функция, принимающая на вход набор нагрузок *ZN* и вычисляющая для него значение функции *Simpson* (площадь под графиком КСВ, рассчитанная по методу Симпсона);

ZZ – матрица импедансов размера $N \times N$. Элементы матрицы с индексами i, k определяются значением касательной составляющей электрического поля в k -ой точке на антенне, обусловленной N -ой базисной функцией тока I , текущего по всей длине провода;

U – вектор возбуждающего напряжения;

Z(i, k, f, l) – взаимное поле элементарных излучателей по формуле

$$Z(f, l) = \frac{1}{\sin(\frac{2\pi fl}{c}) - l} \int_0^l \sin(\frac{2\pi f(l-|z|)}{c}) \cdot E(f, l) dz ; \quad (1)$$

E(z, f, l) – поле элементарного излучателя по формуле

$$E(f, l) = -\frac{30i}{\sin\left(\frac{2\pi fl}{c}\right)} \left[\frac{e^{-i2\pi f \sqrt{a^2 + (z+1)^2}}}{\sqrt{a^2 + (z+1)^2}} + \frac{e^{-i2\pi f \sqrt{a^2 + (z-1)^2}}}{\sqrt{a^2 + (z-1)^2}} - 2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi fl}{c}\right) \cdot \frac{e^{-i2\pi f \sqrt{a^2 + z^2}}}{\sqrt{a^2 + z^2}} \right], (2)$$

где l – длина плеча вибраторной антенны,
 f – частота работы антенны,
 z – переменная интегрирования по длине антенны,
 a – перпендикуляр от координаты z до точки наблюдения M (рисунок 2),
 $\sqrt{a^2 + (z \mp 1)^2}$ – расстояния от верхнего и нижнего концов вибратора до точки наблюдения M ,
 $\sqrt{a^2 + z^2}$ – расстояние от центра вибратора до точки наблюдения M .

```

E(x, f, l) = -30i / sin(2*pi*f*l/c) * [ exp(-i*2*pi*f*sqrt(a^2+(z+1)^2))/sqrt(a^2+(z+1)^2) + exp(-i*2*pi*f*sqrt(a^2+(z-1)^2))/sqrt(a^2+(z-1)^2) - 2*cos(2*pi*f*l/c)*exp(-i*2*pi*f*sqrt(a^2+z^2))/sqrt(a^2+z^2) ];

Z(x, f, l) = 1 / sin(2*pi*f*l/c) * integral(@(z) exp(i*2*pi*f*(l-|z|)/c) * E(x, f, l) dz, -1, 1);

function [Y] = KCHMET(gamma)
    N = length(gamma);
    ZH = zeros(N, N);
    for i1 = 1, N
        for i2 = 1, 2*N+1
            ZH(i1, i2) = ZH(i1, i2) + 1 / (2*pi*(f1_2 + (i1-i2)*Deltaf));
        end
    end
    for i1 = 1, N
        for i2 = 1, 2*N+1
            ZH(i1, i2) = ZH(i1, i2) + ZH(i2, i1);
        end
    end
    G = ZH^-1;
    I = G * Z;
    ZH_N = 1 / ZH;
    R = (ZH_N - Z) / (ZH_N + Z);
    rKCH_0 = (1 - R) / (1 + R);
    Simpson = (rKCH_0 + rKCH_N + 2 * sum(rKCH_1:N-1, 1) + 4 * sum(rKCH_2:N-2, 1)) * h / 3;
    Y = [ ZH; Simpson ];
end

```

Рисунок 1 – Скриншот программы целевой функции

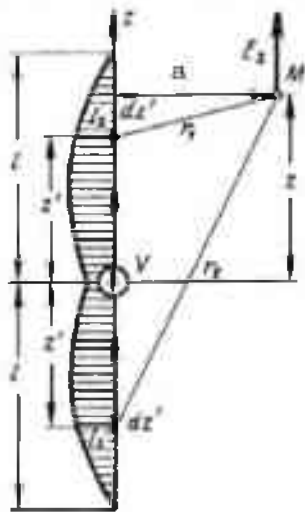


Рисунок 2 – Иллюстрация модели [5]

Таким образом, в части программы случайного подбора запоминаются наборы нагрузок, соответствующие им значения площадей под графиками КСВ, происходит сортировка и выбор лучшего решения.

3 Описание реализации генетического алгоритма

В данной части программы набор нагрузок формируется с помощью генетического алгоритма (англ. *genetic algorithm*, *GA*), схема реализации которого изображена на рисунке 3.

На этапе «Инициализация популяции» пользователь задаёт 2 набора распределённых нагрузок или 2 родителя, к ним добавляются ещё 8 случайно подобранных родителей с нагрузками из диапазона $0,1 \cdot 10^{-12}$ до 100 Ф, что формирует начальную популяцию из 10 особей (*Set*), каждому из которых сопоставляется одна хромосома: бинарный вектор, хранящий информацию об организме (в биологии) или наборе значений конденсаторов (в нашем случае).

Функция пригодности (целевая функция КСВ) остаётся такой же, как и при случайном подборе, чем меньше её значение, тем более приспособленной считается особь или пробное решение.

Рекомбинацию бинарных строк в *GA* принято называть кроссинговером, например, 1100&1010 → 1110&1000.

Гомология хромосом в генетике отвечает за одинаковый размер участка генома, которым обмениваются родители. Если принять длину строки за целую нагрузку, то решается задача скачков из диапазона значений и не тратится время на перевод их в двоичную форму и обратно при каждой итерации, что оптимизирует код.

Мутация – изменение одной или нескольких позиций в хромосоме. Например, 1010011 → 1010001. Данный оператор необходим для «выбивания» популяции из локального экстремума, что препятствует преждевременной сходимости [7, 8].

Так, посредством генетического алгоритма, отбирается набор нагрузок, рассчитываются соответствующие им значения площадей под графиками КСВ, происходит сортировка и выбор лучшего решения.

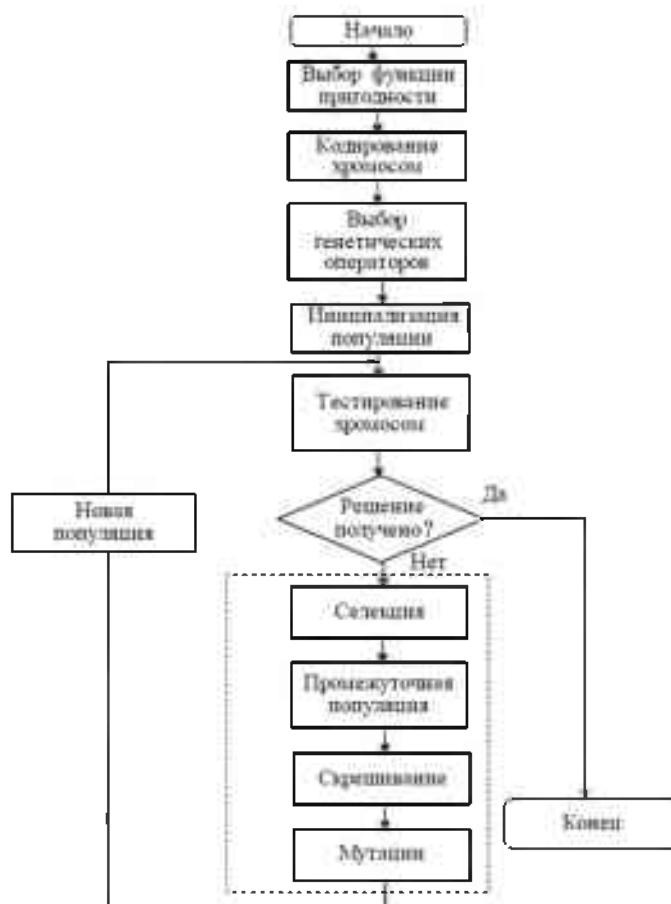


Рисунок 3 – Схема алгоритма программы GA [6]

4 Анализ результатов

Ниже, в таблицах, приведены результаты работы программы Mathcad, представляющие собой наборы нагрузок с минимальным значением целевой функции КСВ.

N – число нагрузок,

S – значение целевой функции КСВ соответствующего набора.

По данным таблиц видно, что алгоритм *RND* при $N=2$ и $N=4$ минимизировал целевую функцию больше, чем *GA* ($1,122 \cdot 10^9 < 1,238 \cdot 10^9$; $3,054 \cdot 10^9 < 3,143 \cdot 10^9$), в остальных случаях случайный подбор работал менее успешно.

Для более достоверной информации смоделируем вибраторную антенну для случая пяти ($N=5$) и одной ($N=1$) нагрузок в *CST STUDIO SUITE*, т.к. этот пакет более реально моделирует антенные структуры, учитывая растекание тока по устройству, граничные условия, которые не учитываются в разработанной программе.

Графики КСВ наложим друг на друга. Линия красного цвета обозначает уровень 2,0, розовым – 1,5.

Таблица 1 – Сопоставление набора нагрузок и соответствующего значения целевой функции для случайного поиска

Число нагрузок	$N=1$	$N=2$	$N=3$	$N=4$	$N=5$
Значения нагрузок	-	-	-	-	$2,614 \cdot 10^{-11}$
	-	-	-	$1,365 \cdot 10^{-10}$	$2,548 \cdot 10^{-12}$
	-	-	$1,905 \cdot 10^{-12}$	$4,312 \cdot 10^{-12}$	$2,905 \cdot 10^{-7}$
	-	$1,223 \cdot 10^{-12}$	$1,770 \cdot 10^{-11}$	$3,258 \cdot 10^{-5}$	$2,638 \cdot 10^{-7}$
	$2,863 \cdot 10^{-12}$	$5,441 \cdot 10^{-12}$	$2,601 \cdot 10^{-12}$	$2,007 \cdot 10^{-12}$	$1,381 \cdot 10^{-12}$
Порт вибратора					
Значение целевой функции KCB	$7,189 \cdot 10^8$	$1,122 \cdot 10^9$	$2,077 \cdot 10^9$	$3,054 \cdot 10^9$	$3,296 \cdot 10^9$

Таблица 2 – Сопоставление набора нагрузок и соответствующего значения целевой функции для генетического алгоритма

Число нагрузок	$N=1$	$N=2$	$N=3$	$N=4$	$N=5$
Значения нагрузок	-	-	-	-	$2,000 \cdot 10^{-11}$
	-	-	-	$1,576 \cdot 10^{-12}$	$7,283 \cdot 10^{-12}$
	-	-	$1,900 \cdot 10^{-12}$	$9,066 \cdot 10^{-12}$	$2,710 \cdot 10^{-11}$
	-	$1,328 \cdot 10^{-10}$	$9,699 \cdot 10^{-12}$	27,777	0,486
	$2,946 \cdot 10^{-12}$	$1,552 \cdot 10^{-12}$	$4,854 \cdot 10^{-12}$	$2,462 \cdot 10^{-12}$	$3,552 \cdot 10^{-12}$
Порт вибратора					
Значение целевой функции KCB	$7,188 \cdot 10^8$	$1,238 \cdot 10^9$	$2,068 \cdot 10^9$	$3,143 \cdot 10^9$	$3,259 \cdot 10^9$

По графикам (рисунки 4, 5) можно увидеть, что с добавлением конденсаторов происходит уменьшение выбросов KCB на частотах выше 0,75 ГГц для *RND5C*, *RND1C* и *GA1C*, *GA5C*, что говорит о стабилизации тока в антенне с увеличением количества параллельных контуров.

На рисунке 4 также видно, что при росте числа конденсаторов площадь под графиком *RND* увеличивается ($S_{RND5C} > S_{RND1C}$), для генетического алгоритма зависимость обратная – при росте числа конденсаторов площадь под графиком *GA* уменьшается ($S_{GA5C} < S_{GA1C}$, рисунок 5).

По рисунку 6 для $N=1$ наблюдается большая высота выбросов KCB *GA1C* по сравнению с *RND1C*, что согласуется с теорией, но не сходится с результатами первого этапа работы (при $N=1$ $S_{GA} > S_{RND}$ таблицы 1, 2). Однако в этом и заключается необходимость использования *CST STUDIO SUITE*, пакета с более реальными условиями моделирования. Одной из причин такого поведения *GA* при $N=1$ (Mathcad) служит его уход в локальный экстремум.

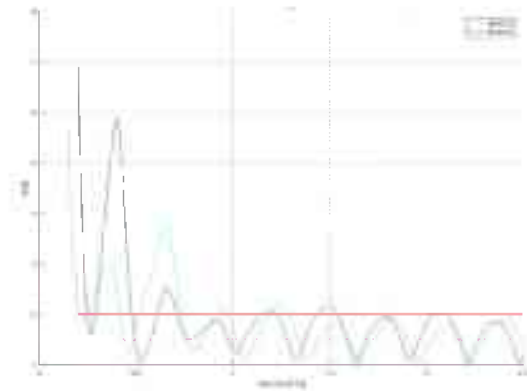


Рисунок 4 – Зависимость КСВ от частоты для $N=1$ и $N=5$ RND

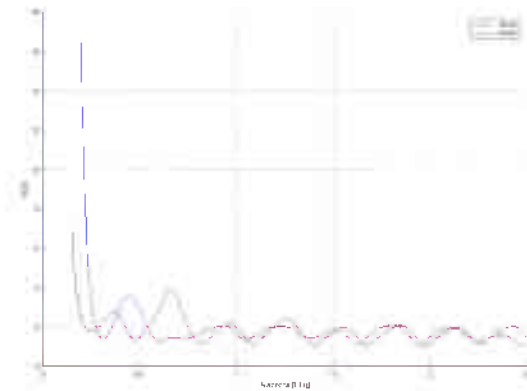


Рисунок 5 – Зависимость КСВ от частоты для $N=1$ и $N=5$ GA

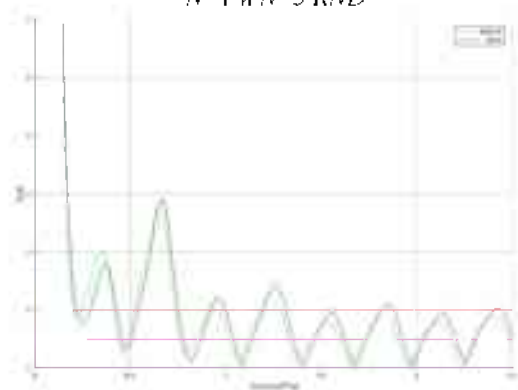


Рисунок 6 – Зависимость КСВ от частоты для $N=1$ RND и GA

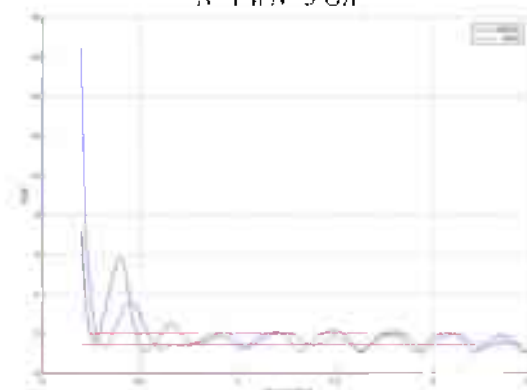


Рисунок 7 – Зависимость КСВ от частоты для $N=5$ RND и GA

Рассмотрим рисунок 7. График $GA5C$ опускается ниже $КСВ=1,5$ восемь раз, а график $RND5C$ – шесть; локальные максимумы $GA5C$ также в среднем ниже, чему у $RND5C$, за исключением областей частот 0,9 ГГц и 1,75 ГГц. Значения КСВ 1,5 – 2,0 говорят о том, что существуют потери в высокочастотных разъёмах (порт), но антенна способна работать исправно.

Несмотря на то, что на нижних частотах 0,2 ГГц RND даёт результаты лучше, чем GA (значения КСВ достигают 7 и 16 соответственно), усреднённые площади КСВ по методу Симпсона не равны на всём интервале частот ($3,296 \cdot 10^9 > 3,259 \cdot 10^9$).

По графикам коэффициента рассеяния S просматривается хорошая работа антенны с 5 нагрузками в районе 2 ГГц, так как наблюдается спад значений S до – 40 дБ в обоих случаях (рисунок 8).

Сравним КУ и ДН получившихся антенн в разных плоскостях сферической системы координат (рисунки 12, 13).

В плоскости при $\phi=0$ на частотах 0,3 и 0,85 ГГц коэффициент усиления больше по GA , с переходом на высокие частоты ситуация меняется. Максимальный коэффициент усиления показал случайный поиск 6,97 дБ (у GA 6,05 дБ) на частоте 2 ГГц (рисунки 9, 10). Ширина главного лепестка на всех частотах меньше по генетическому алгоритму.

В плоскости $\theta=90$ максимальный коэффициент усиления показал GA 3,55 дБ (у RND 2,87 дБ) на частоте 0,3 ГГц.

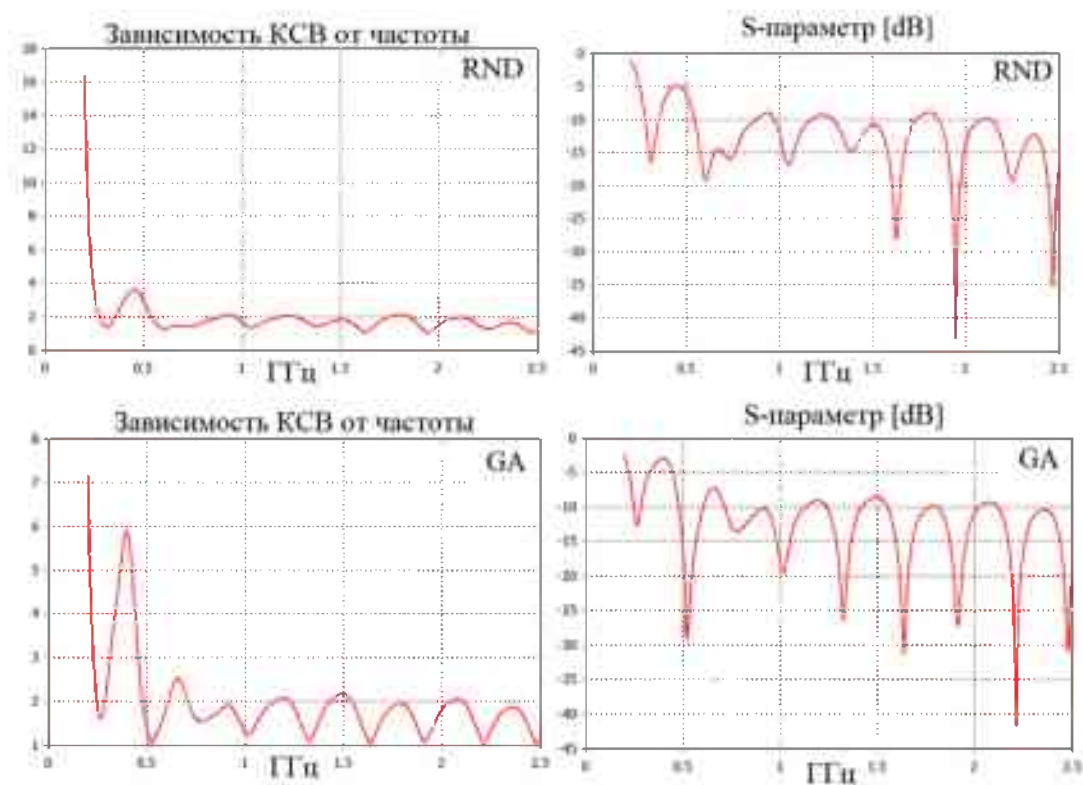


Рисунок 8 – Графики коэффициента рассеяния S в алгоритмах *RND* и *GA* при $N=5$

Пояснения к рисункам 9, 10:

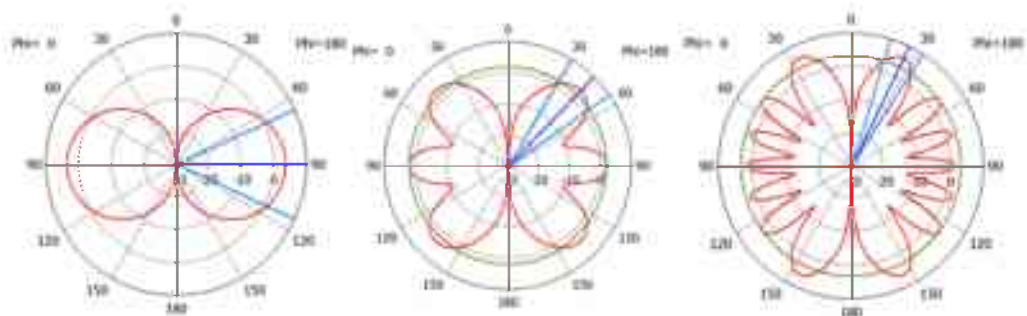
f – частота [ГГц];

ML – величина главного лепестка dB_i ;

D – направление главного лепестка;

w – ширина главного лепестка по уровню 3 dB .

Таким образом, с усложнением целевой функции *GA* показывает лучшие результаты, в отличие от *RND*: антенна становится более помехоустойчивой, увеличивается полоса рабочих частот, что согласуется с теорией антенн. При упрощении целевой функции, наличии локального экстремума рекомендуется использовать случайный поиск. В рамках любого исследования на полном множестве задач нельзя выделить самый лучший метод оптимизации по теореме *NFL (No Free Lunch)*, где утверждается, что производительность всех алгоритмов, ищущих экстремум функции качества, одинакова, если усреднить результаты по всевозможным функциям качества [9].

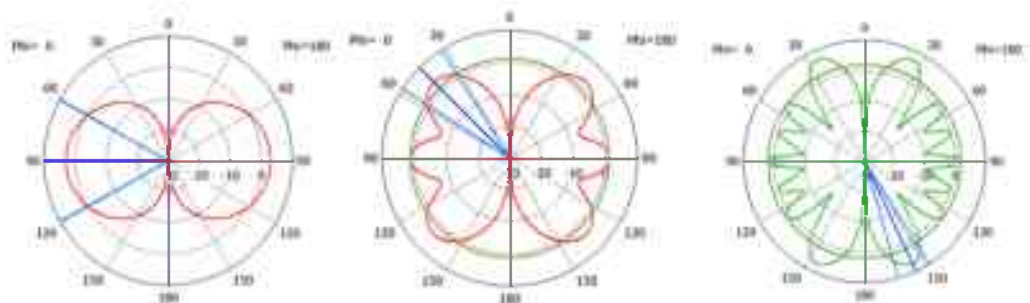


$f = 0.3$
 $ML = 3.45$
 $D = 90^\circ; w = 49,6^\circ$

$f = 0.85$
 $ML = 3.78$
 $D = 44^\circ; w = 24,1^\circ$

$f = 2$
 $ML = 6.05$
 $D = 26^\circ; w = 15,7^\circ$

Рисунок 9 – Зависимость диаграммы направленности от угла θ ($\phi = 0^\circ$) GA



$f = 0.3$
 $ML = 2.86$
 $D = 90^\circ w = 58,1^\circ$

$f = 0.85$
 $ML = 3.62$
 $D = 45^\circ w = 24,9^\circ$

$f = 2$
 $ML = 6.96$
 $D = 25^\circ w = 16,1^\circ$

Рисунок 10 – Зависимость диаграммы направленности от угла θ ($\phi = 0^\circ$) RND

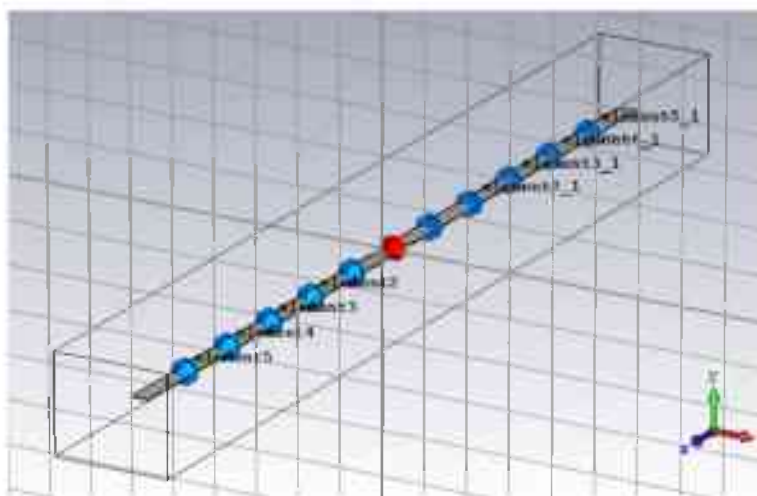


Рисунок 11 – 3D модель антенны с 5 нагрузками на плече

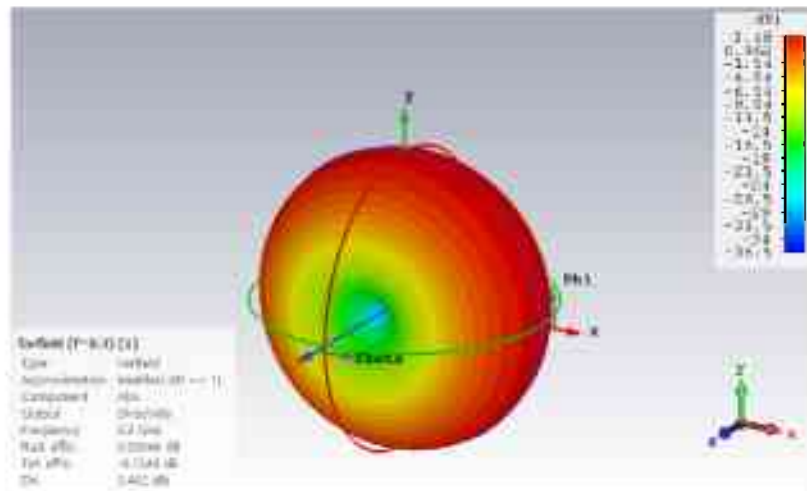


Рисунок 12 – 3D модель поля для частоты 0,3 ГГц

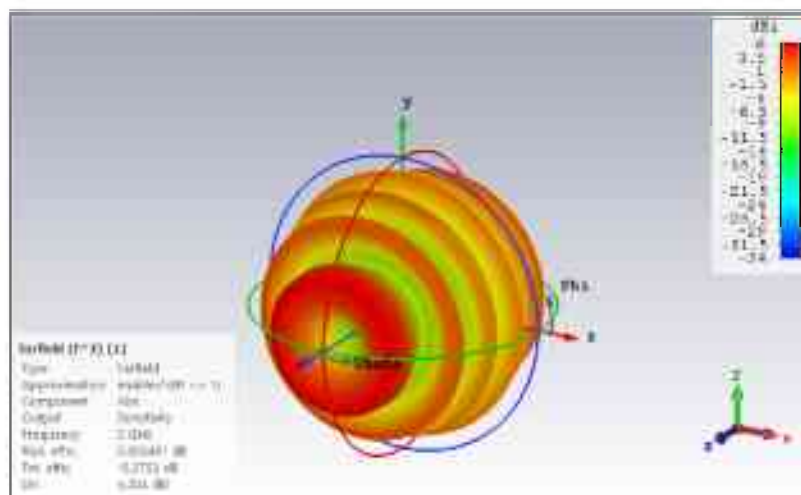


Рисунок 13 – 3D модель поля для частоты 2 ГГц

Заключение

В работе обоснован выбор вибраторной антенны дециметрового диапазона, аргументирован выбор целевой функции КСВ для оптимизации характеристик диполя Герца.

При рассмотрении общих методов оптимизации были выделены два алгоритма: случайный поиск, как простой и основной среди детерминированных методов для работы с локальными экстремумами, и генетический, как лучший среди эволюционных алгоритмов для работы с многоэкстремальными целевыми функциями.

Несмотря на то, что *GA* работает в 2,5 раза дольше, чем случайный подбор при большом числе нагрузок ($N > 3$) он эффективно минимизирует целевую функцию КСВ. При малом числе нагрузок ($N < 3$) лучшие показатели продемонстрировал случайный подбор.

Таким образом, результаты измерений в рамках исследования свидетельствуют об успешном применении алгоритмов оптимизации вибраторной антенны с распределёнными нагрузками.

Литература

- 1 Пистолькорс А.А., Литвинов О.С. Введение в теорию адаптивных антенн. М.: Наука, 1991. 200 с.
- 2 Овсяников В.В. Вибраторные антенны с реактивными нагрузками. М.: Радио и связь, 1985. 120 с.
- 3 C.M.J. van Coevorden [et al.] / GA design of a thin-wire bow-tie antenna for GPR applications // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2006. Vol. 44, № 4. pp.1004-1010.
- 4 Солбриг О., Солбриг Д. Популяционная биология и эволюция М., 1982. 43 с.
- 5 Mittra R. Computer techniques for Electromagnetics. 1973. 300 с.
- 6 Бураков М.В. Генетический алгоритм: теория и практика: учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2008. 164 с.
- 7 Газизов Т.Т. Сравнение методов глобальной оптимизации // 16-е Туполевские чтения: материалы междунар. молодежной науч. конф. Казань, 2008. С.219-221.
- 8 Панченко Т.В. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие / под ред. Ю.Ю.Тарасевича. Астрахань: АГУ, 2007. 87 с.
- 9 Hoorfar A. Evolutionary Programming in Electromagnetic Optimization: a Review // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2007. Vol. 55, № 3. pp.523-537.

Давыдова Ульяна Алексеевна – инженер 1 категории, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: радионавигационные системы и комплексы, радиопередающие устройства.

E-mail: u-daw6@yandex.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120, лит. ЕЦ.

COMPARISON OF VIBRATOR ANTENNA OPTIMIZATION ALGORITHMS

The issue of optimizing the characteristics of a vibrator antenna by including parallel circuits in it is considered. Random selection and genetic algorithm were analyzed to find the best solution depending on the number of loads on the antenna.

Key words: vibrator antenna; genetic algorithm; random search; load distribution; SWR.

Davydova Ulyana Alekseevna – engineer of the 1st category, JSC “Obukhovsky Plant”, St. Petersburg.

Area of scientific interests: radio navigation systems and complexes, radio transmitting devices.

О РЕЛЯТИВИСТСКОМ ЗАМЕДЛЕНИИ ВРЕМЕНИ В ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ

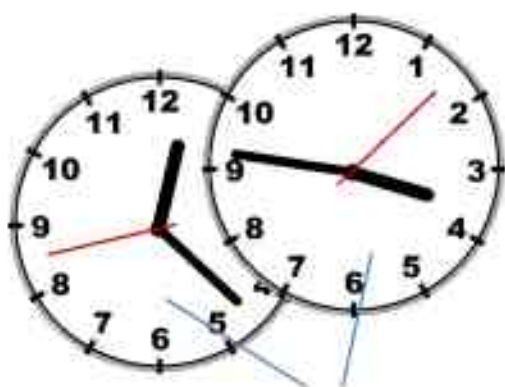
Плясовских А.П., Яковлев В.Т., Григорьев С.В., Шайдуров И.Г., Пономарев К.Ю.

В работе приведена, казалось бы, простая задача о движущихся навстречу друг другу часах. Известна скорость относительного движения часов и время, которое пройдет до встречи по первым часам. С использованием специальной теории относительности (СТО) по известной формуле нужно определить время, которое покажут вторые часы в момент встречи. Проблема состоит в том, что решение задачи с использованием СТО приводит к неразрешимым в рамках формальной логики противоречиям. Разрешение этих противоречий остро необходимо в технических науках, поскольку так называемое релятивистское «замедление времени» высокоточных часов на навигационных спутниках спутниковых навигационных систем в течение суток в тысячи раз превышает требуемую точность государственного первичного эталона времени.

Ключевые слова: научная проблема; специальная теория относительности; СТО; релятивистский эффект; теория аберрации; ход движущихся часов.

Графическая аннотация

Противоречие, к которому приводит «релятивистское замедление времени» СТО: одновременно одни и те же часы показывают два совершенно разных значения времени.



Одновременные показания одних
и тех же часов в момент возник-
новения одного события

Противоречие:
одно событие происходит в два
разных момента времени
по одним часам

Введение

Настоящая работа является результатом многочисленных и многолетних исследований ученых – представителей технических наук в области аэронавигации, спутниковой навигации, а также авиационного наблюдения. Появление высокоточных часов, которые уже сейчас широко используются в авиации и в спутниковых навигационных системах, а также повышение требований к точности определения времени в авиации требуют учета эффектов, которые раньше могли не приниматься во внимание. Одним из таких эффектов, который необходимо учитывать при разработке авиационных и спутниковых навигационных систем является *релятивистское замедление времени*. Этот эффект по расчетам, приводит к суточной погрешности хода часов спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS большей, чем 7000 нс (наносекунд, $1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$). Значение суточного отставания часов спутника по сравнению с неподвижными часами на Земле из-за релятивистского «замедления времени» Δt за 86400 секунд, то есть за сутки, рассчитывается по формуле [1, с.19]

$$\Delta t = 86400 \times \left(1 - \sqrt{1 - (v/c)^2}\right) \text{ с},$$

где v и c – скорость движения навигационного спутника и скорость света, соответственно.

Спутники ГЛОНАСС и GPS движутся со скоростью примерно 3900 м/с. Скорость света равна 299792458 м/с.

При этом в соответствии с существующими требованиями пределы допускаемых смещений национальной шкалы времени UTC(SU) относительно шкалы всемирного координированного времени UTC составляют $\pm 3,0 \text{ нс}$ [2]. Таким образом, точность современного государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени *в тысячи раз выше* величины расчетного суточного «релятивистского» ухода часов этих спутниковых навигационных систем. Поэтому величина погрешности, возникающей при расчете ухода спутниковых часов из-за этого эффекта, является настолько большой, что пренебрегать ею ни в коем случае нельзя.

Вместе с тем попытки практического использования СТО для решения прикладных задач в спутниковой навигации наталкиваются на неразрешимые в рамках формальной логики противоречия. Попросту говоря, ученые – представители технических наук не могут (не в состоянии) решить целый ряд прикладных задач с использованием СТО [3-5].

Настоящая работа представляет собой своего рода публичное обращение к ученым-представителям теоретической физики со стороны представителей технических наук с настоятельной просьбой о помощи. Помогите, пожалуйста, разобраться в разрешении описанных в статье противоречий и опубликуйте на страницах научных изданий методику решения задач, подобных тем, которые описаны ниже.

В работе представлена, по сути, одна и та же задача в несколько разных формулировках. Решение задачи приводит к противоречиям: разные способы решения задачи при одних и тех же условиях приводят к разным, несовместимым друг с другом решениям.

На наш взгляд противоречия, возникающие при расчете релятивистского эффекта «замедления времени», являются выражением серьезной и крайне актуальной (для разработчиков авиационной и космической техники) научной проблемы, которая

требует своего разрешения. Эти противоречия говорят о том, что значения ухода часов из-за этого эффекта при решении практических задач, например, в спутниковой навигации, могут быть рассчитаны с относительно большими ошибками, которые недопустимы в современных спутниковых навигационных системах.

Задача многократно обсуждалась с целым рядом ученых, однако возникающие противоречия при обсуждениях не были разрешены.

1 Задача

Пусть друг относительно друга со скоростью v движутся два ряда часов (рисунок 1). Каждый ряд часов жестко прикреплен к длинным твердым, например, металлическим стержням, которые движутся параллельно друг другу в непосредственной близости. Часы A и B в первом ряду, а также часы C и D оснащены датчиками близости, например гипотетическими концевыми выключателями.

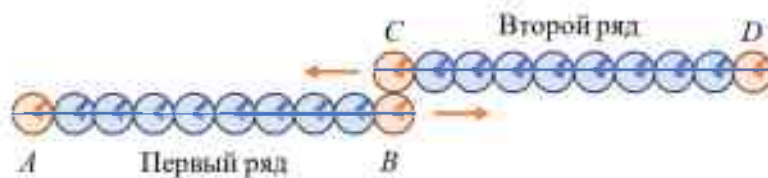


Рисунок 1 – Задача о часах

В момент прохождения часов B и C мимо друг друга по сигналу датчиков близости рядом с этими часами происходит вспышка света, например, вспыхивает лампа. При этом часы B и C устанавливаются на ноль. По вспышке света часы первого ряда синхронизируются между собой по известному расстоянию между часами B и другими часами. В момент, когда луч света от вспышки достигнет часов A , показания часов A устанавливают на значение $t_A = s_{AB}/c$, где s_{AB} – известное расстояние между часами A и B , c – скорость света. Аналогично, часы второго ряда синхронизируются между собой по известному расстоянию между часами C и другими часами. В момент, когда луч света от вспышки достигнет часов D , показания этих часов устанавливают на значение $t_D = s_{CD}/c$, где s_{CD} – известное расстояние между часами C и D .

Скорость v относительного движения рядов равна 0,9 скорости света.

С точки зрения часов первого ряда (или наблюдателя, расположенного возле часов B) часы D движутся к часам B со скоростью v (рисунок 2). При встрече часов D и B эти часы останавливаются по сигналу датчиков близости.



Рисунок 2 – Движение часов D относительно часов первого ряда

Вопрос 1. Сколько времени покажут часы D в момент остановки при встрече с часами B , если при встрече часы B будут показывать 100 секунд? Ответ на этот вопрос нужно найти с использованием формул СТО с указанием источника (предпочтительно работ Эйнштейна). Вводить какие-либо дополнительные тела, часы и системы отсчета запрещается.

Решение задачи.

Согласно СТО [1, с. 19; 6, с. 22] ответ можно найти по формуле

$$t_D = t_B \times \sqrt{1 - (v/c)^2} \text{ секунд.}$$

где t_D и t_B – это время часов D и B , соответственно, при встрече.

Таким образом,

$$t_D = 100 \times \sqrt{1 - 0,9^2} = 43,6 \text{ секунд.}$$

Искомый ответ: часы D при встрече с часами B будут показывать 43,6 секунд.

Вопрос 2. Рассмотрим теперь эту же ситуацию с другой стороны. С точки зрения второго ряда часов часы B движутся к часам D со скоростью v (рисунок 3).



Рисунок 3 – Движение часов B относительно часов второго ряда

Сколько времени покажут часы D в момент остановки при встрече с часами B , если при встрече часы B будут показывать 100 секунд?

Решение. В этом случае нужно воспользоваться аналогичной формулой

$$t_B = t_D \times \sqrt{1 - (v/c)^2},$$

откуда

$$t_D = \frac{t_B}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = \frac{100}{\sqrt{1 - 0,9^2}} \approx 229 \text{ секунд.}$$

Ответ: часы D при встрече с часами B будут показывать 229 секунд.

Вопрос 3. После остановки часов D и B в момент их встречи (рисунок 1) эти часы были перемещены некоторому исследователю для сравнения их показаний.

Какие показания этих часов зафиксирует исследователь?

Решение. По условию задачи показания часов B в момент остановки равны 100 секунд.

Согласно сделанным расчетам (вопрос 1) показания часов D после их остановки при встрече будут равны 43,6 секунд. Таким образом, по причине движения часы D отстанут от часов B .

Однако при ответе на вопрос 2, мы получили, что при тех же показаниях часов B показания часов D будут другими, а именно 229 секунд. Другими словами, к моменту остановки часы D будут опережать часы B .

2 Обсуждение решений

Мы имеем противоречие: в момент остановки часы D , с одной стороны, покажут 43,6 секунд, а с другой стороны, 229 секунд. При этом встретившиеся с часами D часы B будут показывать 100 секунд. Часы D при остановке после встречи с часами B не могут показывать два значения времени одновременно. Остановившиеся часы D могут показывать одно и только одно значение времени.

Следует обратить внимание также на то, что по условиям задачи (рисунок 1) с точки зрения первого и второго рядов часов имеет место абсолютно симметричная картина (рисунок 4).



Рисунок 4 – Симметрия относительного движения

В силу очевидной симметрии движения двух рядов часов, а также в силу изотропности пространства показания часов D и B должны быть после их остановки одинаковыми, то есть равняться 100 секундам.

При рассмотрении движения часов D относительно часов первого ряда (рисунок 2) какие-то из часов, представленных на рисунке 1, просто исключены из рассмотрения. Аналогичным образом, при рассмотрении движения часов B относительно часов второго ряда (рисунок 3) какие-то из часов, представленных на рисунке 1, также исключены из рассмотрения. Однако исключение из рассмотрения каких-либо часов не оказывает и не может оказывать никакого влияния на ход рассматриваемых часов.

Поэтому ответы на вопросы 1 и 2 должны быть одинаковыми. Часы D и B после их остановки должны показывать одинаковое время.

Нужно иметь в виду, что всякое движение является относительным. Применительно к рассмотренной задаче (рисунок 1) первый ряд часов, с одной стороны, является неподвижным, а второй ряд – движущимся. Но одновременно с этим, с другой стороны, первый ряд часов является движущимся, а второй ряд – неподвижным. Поэтому согласно СТО, одни и те же часы, с одной стороны, должны идти медленнее, чем часы другого ряда, а с другой стороны – быстрее часов другого ряда. Это противоречие и проявляется в представленной задаче.

Замечание о синхронизации часов в начальный момент времени. По условию задачи в начальный момент времени, когда часы B и C первого и второго ряда устанавливаются на ноль, между часами B и C по сигналу датчиков близости возникает вспышка света. По этой вспышке света синхронизируются, во-первых, часы первого ряда, и во-вторых, часы второго ряда. Условие задачи может быть и таким: в момент прохождения часов B и C рядом друг с другом показания этих часов равны нулю, причем все часы в первом ряду синхронизированы друг с другом, а все часы во втором ряду также синхронизированы друг с другом. Синхронизация часов по вспышке света (или по радиосигналу) при современном уровне развития техники является довольно простой инженерной задачей.

3 О понятии «относительности одновременности»

Возникает вопрос: может ли помочь объяснить возникшее противоречие понятие «относительности одновременности»? «Относительность одновременности» помогает апологетам СТО объяснить значительное количество имеющихся в этой теории противоречий.

Согласно принципу «относительности одновременности» если два разнесенных в пространстве события наблюдаются одновременно в «движущейся» со скоростью $v > 0$ системе отсчета, то они будут наблюдаться неодновременными относительно «неподвижной» системы.

Однако в СТО это понятие применимо только в случае, если есть два разнесенных в пространстве события. В нашем же случае есть только одно событие: двое часов *A* и *B* встречаются рядом при движении друг относительно друга, и в момент сближения останавливаются. Часы останавливаются один единственный раз. Поэтому двух показаний одновременно у одних и тех же остановившихся часов быть не может.

Именно поэтому относительность одновременности в данном случае не помогает объяснить возникшее противоречие.

4 Возникшие противоречия

Противоречия, к которому приводит релятивистское «замедление времени» заключаются в том, что:

- 1) одно событие происходит одновременно в два совершенно разных момента времени по одним и тем же часам;
- 2) одни и те же часы в один и тот же момент времени (момент возникновения события) показывают два совершенно разных значения времени.

В соответствии с законом непротиворечия формальной логики и первое, и второе невозможно. В более общем смысле возникшее противоречие состоит в том, что расчеты одной и той же физической величины (времени возникновения одного события по одним и тем же часам) разными способами при одних и тех же исходных данных приводят к совершенно разным значениям, которые абсолютно несовместимы друг с другом.

Перечисленные противоречия нуждаются в разрешении со стороны ученых – физиков-теоретиков.

5 Противоречие в спутниковых навигационных системах

Применительно к спутниковым навигационным системам *GPS*, ГЛОНАСС и другим имеет место следующее противоречие.

С одной стороны, спутники движутся по орбитам относительно земной поверхности. Поэтому, согласно СТО, должно иметь место замедление хода часов навигационных спутников и, соответственно, их отставание от часов на Земле.

Как отмечалось во введении, суточное отставание часов спутника *GPS* или ГЛОНАСС по сравнению с неподвижными часами на Земле должно составлять величину не менее 7000 нс.

Но, с другой стороны, с точки зрения наблюдателей на спутниках спутники неподвижны, а часы на земной поверхности движутся относительно них. Поэтому с точки зрения часов на спутниках должен иметь место противоположный эффект, то

есть часы на Земле должны идти медленнее часов на спутниках. Другими словами, часы на спутниках за сутки должны уходить вперед по сравнению с земными часами на величину не менее 7000 нс.

Противоречие состоит в том, что спутниковые часы, с одной стороны, должны отставать от земных часов. С другой стороны, спутниковые часы, должны идти быстрее земных часов. Но как на самом деле идут спутниковые часы, если не принимать во внимание «гравитационное замедление времени» (фактическую разницу прошедшего времени между двумя событиями, измеренную наблюдателями, находящимися на разных расстояниях от гравитирующей массы)?

Кроме того, часы навигационных спутников, расположенных на одной орбите, движутся относительно часов навигационных спутников, расположенных на другой орбите. Поэтому одни часы спутниковых навигационных систем должны отставать от других часов. Какие же часы спутниковых навигационных систем будут отставать от других, если все орбиты имеют одинаковые параметры (одну и ту же высоту и, соответственно, скорость движения)?

Если предположить, что один ряд синхронизированных часов находится на экваторе некоторой планеты, на которой нет атмосферы, а другой ряд синхронизированных часов движется по круговой орбите на очень малой высоте (в этом случае гравитационным замедлением времени в силу его малости можно пренебречь), то какие часы будут идти медленнее: неподвижные часы на поверхности планеты, или же движущиеся часы на орбите? С точки зрения наблюдателя, движущегося на орбите вместе с часами, часы на орбите являются неподвижными, а часы на поверхности планеты, напротив, движущимися.

6 Пути разрешения противоречий

Указанные выше противоречия нуждаются в своем разрешении со стороны ученых-представителей теоретической физики.

При этом их разрешение возможно следующими путями. Одним из путей является поиск причин возникновения противоречий и их разрешение, не выходя за рамки СТО. Другим из путей является разработка теорий, альтернативных СТО. Еще Эйнштейн отмечал, что один и тот же комплекс физических явлений и экспериментальных фактов может быть объяснен несколькими разными теориями [7]. Поэтому явления, описываемые СТО, могут быть описаны другими, альтернативными ей теориями. Альтернативной СТО теорией является, например, теория аберрации [8-14].

Заключение

Решение задачи о движущихся навстречу друг другу часах показало, следующее. Релятивистское «замедление времени», суть которого состоит в том, что движущиеся часы идут медленнее неподвижных, приводит к таким противоречиям:

- 1) одно событие происходит одновременно в два совершенно разных момента времени по одним и тем же часам;
- 2) одни и те же часы в один и тот же момент времени (момент возникновения одного события) показывают два совершенно разных значения времени;
- 3) расчеты одной и той же физической величины разными способами при одних и тех же исходных данных приводят к совершенно разным значениям, которые абсолютно несовместимы друг с другом.

Эти противоречия требуют своего разрешения. Настоящая статья является своего рода обращением к физикам с просьбой публикации в научных изданиях статей, в которых будет сделан подробный разбор приведенной задачи с изложением методики ее непротиворечивого в рамках технических наук решения.

По мнению Эйнштейна, «для одного и того же комплекса опытных фактов может существовать несколько теорий, значительно различающихся друг от друга» [7]. Поэтому вместо СТО при расчетах хода движущихся часов для устранения ошибок можно использовать теорию абберации – первую альтернативную СТО теорию, которая подтверждена экспериментально [8-14].

Литература

- 1 Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел // Собр. науч. тр. Т. 1. М.: Наука, 1965. С.7-35.
- 2 Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты (утв. Приказом Росстандарта от 26.09.2022 N 2360).
- 3 Plyasovskikh A.P., Eshmuradov D.E. Which formula of special theory of relativity is true? // International Scientific Journal «Science and Innovation». Series A. Vol.2. Issue 3. 2023. P.302-312.
- 4 Плясовских А.П. К вопросу использования формул специальной теории относительности в спутниковой навигации // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2023. №43. С.136-144.
- 5 Плясовских А.П. Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2023. №11(19). С. 134-147.
- 6 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ. Т.2. М.: Наука, 1988. 512 с.
- 7 Эйнштейн А. О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение) // Собр. науч. тр. Т. 1. М.: Наука, 1965. С.593.
- 8 Плясовских А.П. Теория абберации. Первая теория, альтернативная специальной теории относительности. М.: Знание-М, 2023. 503 с.
- 9 Plyasovskikh A.P., Eshmuradov D.E. Theory of aberration – an alternative to the special theory of relativity. – Т.: «Fan va texnologiyalar mashriyot-matbaa uyi», 2024. 432 p.
- 10 Плясовских А.П. Теория абберации – первая теория, альтернативная специальной теории относительности: популярное изложение. Москва: Знание-М, 2023. 55 с.
- 11 Плясовских А.П. Теория абберации – первая теория, альтернативная специальной теории относительности. Популярное краткое изложение. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8150872>.
- 12 Плясовских А.П. Теория абберации – первая теория, альтернативная специальной теории относительности. Сокращенное изложение. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8151586>.
- 13 Плясовских А.П. Теория абберации. Научно-популярное изложение. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8250637>.
- 14 Плясовских А.П. Детская ошибка Эйнштейна. Прочитав эту работу за час,

вы поймёте то, что Эйнштейн не смог понять за всю свою жизнь: научно-популярное изложение. М.: Знание-М, 2023. 74 с.

Плясовских Александр Петрович – доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А.Новикова, г.Санкт-Петербург.

Область научных интересов: навигация и управление воздушным движением, аэронавигация, радионавигация, теория относительности, теория аберрации

E-mail: al.plyasovskih@yandex.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Яковлев Виктор Тимофеевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: аэронавигация, радиолокация, радионавигация

Email: yakovlevvt2000@gmail.com

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Григорьев Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А.Новикова», г.Санкт-Петербург.

Область научных интересов: радионавигационные системы и комплексы.

E-mail: grigoriev_sv47@mail.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Шайдулов Иван Георгиевич – кандидат технических наук, и. о. заведующего кафедрой №22, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А.Новикова», г.Санкт-Петербург.

Область научных интересов: аэронавигация, организация и управление воздушным движением, интеллектуальные транспортные системы.

E-mail: shaydurovig@spbguga.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Пономарев Кирилл Юрьевич – кандидат технических наук, авиадиспетчер, ГП «Белаяэронавигация», г.Минск.

Область научных интересов: аэронавигация, организация и управление воздушным движением, когнитивные системы, автоматизированные системы управления.

E-mail: kirpon1@yandex.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

ON RELATIVISTIC TIME DILATION IN GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS

The paper presents a problem about clocks moving towards each other. The speed of the relative movement of the clock and the time that will pass until the first clock meets is known. Using the special theory of relativity (SRT) using a well-known formula, you need

to determine the time that the second clock will show at the moment of meeting. The problem is that solving a problem using SRT leads to contradictions that cannot be resolved within the framework of formal logic. The resolution of these contradictions is urgently needed in the technical sciences, since the so-called relativistic "time dilation" of high-precision clocks on navigation satellites of satellite navigation systems during the day is thousands of times higher than the required accuracy of the state primary time standard.

Keywords: scientific problem; special theory of relativity; SRT, relativistic effect; theory of aberration.

Plyasovskikh Alexander Petrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A.Novikov.

Research interests: navigation and air traffic control, air navigation, radio navigation, theory of relativity, theory of aberration

Yakovlev Viktor Timofeevich – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, JSC "North-Western Regional Center of the Concern VKO "Almaz-Antey" - Obukhov Plant."

Research interests: air navigation, radar, radio navigation

Grigoriev Sergey Vasilevich – Candidate of technical sciences, Docent, Saint Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg city.

Research interests: radio navigation systems and complexes.

Shaidurov Ivan Georgievich – candidate of technical sciences, acting. O. Head of Department No. 22, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov", St. Petersburg.

Research interests: air navigation, organization and control of air traffic, intelligent transport systems.

Panamarou Kiryl Urievich - candidate of technical sciences, air traffic controller, Belaeromagatsia SOE, Minsk city.

Research interests: aeronavigation, air traffic control and management, cognitive systems, automated control systems.

ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ПОЛЯ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Гузевич С.Н.

Рассмотрена модель четырехмерного пространства, построенного на измерении вектора между инерциальными полями атомарных, астрономических и биологических объектов. Передача информации построена на принципе парности наблюдения и сравнения линейных параметров радиусов и амплитуд полей относительно оси, соединяющей центры полей, обеспечивая возможность пространственной ориентации полей на основе сравнения, практически без «использования» вычислений.

Ключевые слова: парность; пространство; время; шаровое поле; параллактические углы; инерциальные поля; электрическое и магнитное поле; плоскость; ортогональность; образ, сравнение; синхронизация; синфазирование.

Введение

За всю историю науки фундаментальные основы физики постоянно пересматривались. Обсуждение этих проблем всегда было основным источником прогресса в науке, наравне с эмпирическими знаниями и математикой. Например, дискуссии: О природе пространства и времени с участием Ньютона, а затем и Эйнштейна; О природе тепла и энергии; О необратимости и вероятности; О характере материи и значении измерений; О значении нормировки. Они многое поменяли в наших представлениях об основах физики.

Природа уравновешена и не знает ни робастных функций, ни итерационных зависимостей и управляется на основе сравнения наблюдаемых параметров, что автоматически обеспечивает выполнение условий достоверности измерений, так как при сравнении ни каких мер и вычислительных средств нет. Попытаемся последовательно рассмотреть вопросы модельного обеспечения линейности измерений, как на плоскости, так и в пространстве, выполняемых во времени.

Одним из направлений, определяющих использование ряда основных понятий в физике, являются постулаты Евклида. Они основаны на принципе парности, связывающего вещественную и полевую материи единой математико-физической основой времени и пространства. Полевая материя заключена в «шаровую» форму [1], которая невидима, но присутствует в природе в инерциальных полях. Попытаемся рассмотреть эти вопросы с позиции используемых средств измерений плоскостных и сферических параметров полей, и сравним их со средствами, используемыми зрением и энергетического обмена между физическими полями атомарных, астрономических и биологических объектов.

1 Измерения в пространстве и основные условия

1.1 Современная методика изучения материи в пространстве

Инерциальные поля Земли являются шаровыми образованиями, форма которых невидима при использовании моносистем координат (систем координат с одним цен-

тром, использование которых общепринято) ни зрительными, ни техническими средствами. Это практически исключило шар из модельных описаний структуры полей. В настоящее время для описания формы Земли используют четырехмерную опорную систему координат, установленную Международной службой вращения Земли в смысле ОТО (общей теории относительности), которые были рекомендованы для метрологических работ Международным астрономическим союзом и Международным союзом мер и весов.

В качестве эталона сферического пространства Земли выбрана поверхность геоида, который является модельным отображением водной поверхности Земли на плоскости ее сечения. Для оценки изменений формы геоида в пространстве используют шкалу вращения Земли, оцениваемую атомными стандартами частоты, используя время для пересчета расстояния от поверхности Земли до геоида. Инерциальные поля Земли и Солнца уравновешены, что является основным условием их совместного существования. Открытие И. Ньютоном в 17 веке закона всемирного тяготения связано с полем инерции. Это привело к возникновению идеи о том, что Земля представляет собой не идеальный шар, а сплюснутый у полюсов сфероид. Хотя сама Земля вращается вокруг оси и движется вокруг Солнца, и основные положения теорий Коперника, Канта и Лапласа утверждали, что ее движение было чисто умозрительным, но убеждение в пространственном взаимодействии материальных объектов и их истинности постепенно укрепилось. Так наблюдения Луны в квадратурах были положены в основу способа определения расстояния от Земли до Солнца, предложенного за 200 лет до н.э. древнегреческим астрономом Аристархом - «Коперником древнего мира» (320-250 гг. до н.э.) [2].

Поэтому все измерения объектов на поверхности Земли, в том числе и астрономии, были направлены на изучение форм и размеров материальных объектов, и только в 20 веке были обнаружены поля, окружающие все планеты, но их роль в описании планет, не рассматривается. Человечество в настоящее время изучает на поверхности Земли собственные поля объектов и условия их создания.

Вопрос о трёхосности планеты впервые был поставлен академиком Российской Академии наук военным геодезистом Ф.Ф. Шубертом. Идея Шуберта о трёхосности Земли имела большое научное значение для дальнейшей разработки вопроса, как о математической фигуре Земли, так и о методах её изучения и использования. При отсутствии модельных условий определения центра инерциального поля, Земной эллипсоид рассматривался с полярной осью, совпадающей с осью вращения Земли, относительно которой Земля обладает наибольшим моментом инерции, который является условием поиска центра масс Земли. Это подтвердили вычисленные параметры размеров трёхосного эллипсоида по данным внешнего гравитационного поля Земли. Для планетарной геодезии важна оценка взаимного положения инерциальных, средних и мгновенных полюсов Земли. В теории фигуры Земли, а также при установлении параметров уровенного эллипсоида, наилучшим образом аппроксимирующего планетарный геоид, необходимо ось вращения уровенного эллипсоида совмещать с главной центральной осью инерции Земли, а его центр - с центром поля инерции. Динамическая и гравитационная модели Земли отличаются, что связано с различием инерциального - динамического - и гравитационного взаимодействия. Близость инерциальных и средних полюсов облегчает изучение движения полюсов Земли относительно полюса инерциального поля Земли [2].

Все дальнейшие действия построены на математической интерпретации законов сил гравитации потенциальной энергии Земли. Потенциал гравитации, подчиняясь уравнению Пуассона, инвариантен преобразованиям Лоренца. Причина инвариантности связана с тем, что энергия в специальной теории относительности не является скалярной величиной, а переходит во временную компоненту 4-х мерного вектора. Геодезические линии можно найти, если задать в пространстве-времени аналог расстояния между двумя событиями, называемый по традиции интервалом или мировой функцией. Интервал в трёхмерном пространстве и одномерном времени и задаётся 10 независимыми составляющими метрического тензора. Эти 10 чисел образуют метрику пространства. Она определяет «расстояние» между двумя бесконечно близкими точками пространства-времени в различных направлениях. Описываемая этим путем теория гравитации оказывается аналогичной теории электромагнитного поля Максвелла и приводит к отрицательной энергии гравитационных волн, что связано с характером взаимодействия одноимённых масс гравитации, которые притягиваются, а не отталкиваются, как в электромагнетизме [2].

Поэтому в настоящее время принято представлять пространственно-временную связь как произведение одномерного времени на трёхмерное пространство. Ось времени является прямой, а точки её (именуемые моментами времени) параметризуются одной временной координатой. Поэтому преобразования Галилея всегда сохраняют временную координату (с точностью до сдвига), хотя время замкнуто в циклах. Несмотря на несоответствие этого представления физической природе времени, оно используется для построения шкалы всемирного координированного времени на Земле, а также во многих научных моделях, не требующих учёта конечности скорости света [3].

Характер взаимодействия физических полей атомарных объектов связан с их инерциальными полями. Строение атомов, описываемых вихре-тороидальной моделью (совмещенной моделью двух торов), проходит по всем элементам таблицы Менделеева [4], что свидетельствует о ее достоверности. Хотя формально построение атомов и их взаимодействие является разделом химии, но взаимодействия имеют характер смены притяжения и отталкивания, при изменениях направлений вращения торов и их взаимного расположения, которые начинаются с элементов нулевой группы Ньютона и Корония и распространяются на весь ряд строения элементов формирующих Землю. Это свидетельствует о всеобщности парных процессов инерциальных полей, связанных с физическими полями и их параметрами, которые управляются без использования вычислительных средств. При этом инерциальное поле является источником кругового движения в шаре, совершаемое без приложения внешних сил. Взаимодействие шаровых инерциальных полей описываются проведением касательных между шаровыми полями объектов из их центров и поверхностей, обладающих свойствами симметрии, то есть парности [5, 6].

Географическая система координат является парной системой по построению, так как эллипс и геоид имеют два центра при использовании широтно-долготной системы координат. Географическая система координат в настоящее время – это сферическая или эллипсоидальная система координат для измерения и передачи координат непосредственно на поверхности Земли в виде широты и долготы. Географическая система координат – самая простая, старейшая и наиболее широко применяемая из

тысяч используемых систем пространственной привязки, которая лежит в основе большинства других, но погрешность отображения, в которой существенно зависит от масштаба и вида проектирования [7]. Но это не единственная географическая система координат, на рубеже эпох была географическая система координат Евклида, в основе которой лежал шар, что и отражено в глобусе.

1.2 Природный путь решения четырехмерности пространства

Познание природы и ее законов начинается с правил, обеспечивающих достоверную передачу информации, и ее измерений в статике. Пространство состоит из материальных и полевых объектов, которые всегда окружают материальные. В настоящее время основой Мирового пространства приняты материальные объекты, которые окружают нас на Земле и в пространстве. Поэтому для описания материальных объектов на Земле принята трехмерная система координат Декарта, а в качестве основных элементов измерений приняты аксиоматические понятия математики: точка, прямая и плоскость, истинность использования которых даже не обсуждается. При этом для оценки размеров объектов в пространстве измеряют параметры образов объектов, используя произведения измерений проекций параметров на разных осях координат, при этом различие мер измерений на осях координат необходимо для оценки абсолютных значений размеров и положения объектов.

Эти положения удовлетворяли требованиям развития познания до 19 века, когда были открыты электромагнитные явления и физические поля, стационарные и динамические, которые изменяются и измеряются во времени. Основой описания полей дополнительно стали меры времени – углы, которые являются плоскостными параметрами, так как соединяют в пространстве три точки и являются элементом плоскости и ее построения. Для измерения времени ввели «стандартный эталон часов», характеризующий периодом полураспада радиоактивного элемента. Этот процесс не связан с измерением в пространстве, но его использование принесло положительный эффект: время, установленное таким путем, может являться только мерой измерений на атомарных и астрономических объектах Солнечной системы. То есть, в пространстве Солнечной системы, обеспечивается кратность частот их вращений в плоскостном пространстве. Тогда временной процесс должен являться векторным полем, связывающим поля объектов Солнечной системы, что подтверждается и плоскостным характером движения всех планет Солнечной системы, вычисляемой периодичностью их взаимных положений и периодичностью атомарной таблицы Менделеева.

Передача информации на поверхности Земли выполняется между полями объектов центральным парным проектированием. А оценку достоверности процесса проектирования выполняют по размерам материальных объектов, связанных линейной пропорциональностью полученных образов материальных объектов, что и служит условием достоверности измерений. Однако в процессе измерений на расстоянии, когда информация передается с помощью полей, эти условия выполнить невозможно. Это исключено отсутствием связи центров полей измерителя и источника, ведущая к потере достоверности получаемой информации и неопределенности ее описания. А об условиях достоверности измерения полей, которые формируют образ поля на плоскости в проективной системе координат [5], мы даже не говорим, а именно только их мы измеряем.

Так как подобное измеряется только подобным, то измеритель и наблюдаемый объект должны иметь одинаковую структуру. Мерой оценки размеров материальных объектов является линия, имеющая абсолютную меру линейных измерений на плоскости. Мерой оценки полей являются два линейных параметра: амплитуда и радиус, обладающие линейной мерой, связанной с центром поля. Кроме того, поле шара имеет и относительные параметры: цикл или угловой сектор, которые опираются на положение оси, связывающей центры полей. То есть ось, связывающая центры полей, несет информацию о времени и требует использования других аксиоматических понятий и другой системы координат, в которой изменяются меры измерений.

Прежде всего, необходимо установить, что обеспечивает использование пространственного вектора времени. Известно, что время является мерой вращения и мерой линейного перемещения в плоскостном пространстве. Вектор времени, связывающий шаровые поля, может описываться двумя ортогональными плоскостными углами, построенными в окружностях, связывающих поля объектов, каждый из которых ограничивает в пространстве поверхность относительно их центров, характеризующую площадью, как в шаровом пространстве, так и на плоскости, которые: названы долготой и широтой.

Поэтому вектор времени в пространстве может описываться двумя «плоскостными векторами», которые могут оцениваться, как отношением двух хорд шаровой поверхности, так и их произведением. Вектор, связывающий различные поля в астрономическом пространстве, с помощью плоскостных параллактических углов, обеспечивает меры измерений, как в пространстве, так и во времени.

Распространение аксиоматических понятий и элементов математики на физику, является одним из препятствий динамического развития физики, которая основана на своих аксиоматических понятиях и элементах, изложенных Евклидом для описания сферического пространства.

Постулаты Евклида построены на парности отображений взаимодействия параллактических углов с поверхностью шара, формирующих фазированные и противофазные ортогональные сечения в шаровых полях. Площади сечений шаровых полей описываются двумя параметрами в объеме: амплитудой и радиусом, а на поверхности: широтой и долготой, цикл которых делится на половину и четверти, основой которых являются линейные преобразования шаровой поверхности в объемные шаровые части.

На рубеже смены эпох аксиомы Евклида были отвергнуты религией, как исключающие единоначалие построения мира и сложностями, связанными с возможностями практического использования. Это обеспечило использование моносистем координат, связанных с единством центра (и бога) и простотой измерений на плоскости с помощью геометрии Пифагора.

Стационарные поля Земли являются сферическими образованиями, форма которых не видима при использовании моносистем координат ни зрительными, ни техническими средствами. Практика человечества построена на измерении вещественных объектов, и законы метрологии построены на основе измерений вещественных объектов и их образов. Это практически исключило шар из модельных описаний структуры полей и материальных объектов.

При этом все измерения в природе выполняются сравнением, без оценки конкретной величины, выполняя сравнение приращений линейных параметров по направлению вектора из центра шарового поля, что возможно только на плоскости, проведенной в пространстве между центрами шаровых полей [5-7].

Следствием этого являются погрешности описания процессов отображения объектов при использовании пространственных систем координат:

- множество допущений, используемых при выводе различных физических законов, которые только приближенно описывают все материальные объекты в пространстве (прямые измерения всегда являются эталоном);

- отсутствие возможности уточнения законов на основе выполняемых измерений в сферическом пространстве, так как все косвенные измерения, выполняются на расстоянии с помощью полей, описываемых вектором. Это исключает достоверное описание полей при использовании разных метрик радиуса и амплитуды в моносистемах координат. Искусственное введение центра измерений методами статистики только усугубляют трудности понятия строения материи в пространстве.

Вектор на плоскости обладает двумя ортогональными линейными параметрами: амплитудой и протяженностью, а вектор шарового поля – амплитудой и радиусом, которые в шаре равны по модулю, но измеряются в разных единицах измерения на трех ортогональных осях системы координат. Абсолютным пространственным параметром вектора в шаре является радиус, а амплитуда поля связана с радиусом коэффициентом плотности. Угол задает секторное плоскостное пространство направления распространения вектора, относительно оси, связывающей поля. Отсутствие контроля связи центров взаимодействующих полей (измерителя и источника) вносит неопределенность, связанную с параметрами полей (в моносистемах координат связь просто отсутствует). Именно отсутствие контролируемой связи центров систем координат и является источником неопределенности большинства выполняемых на расстоянии измерений, установление которой возможно только для шаровой формы.

Решение задачи достоверного измерения полей на расстоянии требует учета положения, что измерения линейных размеров в пространстве выполняются только на плоскости, формируемой между тремя точками одновременно: плоскостью и углом и при этом из двух полей. Учитывая, что поля трехмерны, и имеют замкнутую сферическую форму, а на плоскости измеряются только два параметра, то описание поля вектором, расположенным в пространстве, возможно при использовании проекций на двух ортогональных плоскостях в шаре. Природа разделила трехмерную систему координат шара $OXYZ$, показанную на рисунке 1, на две равные части: OXY и OYZ , имеющих совпадающую ось Y , направленную на объект взаимодействия, чем уравнила число неизвестных при взаимодействиях шаровых объектов. Она ограничила их формой шара, и, разделив сечение шара на две парные ортогональные части, обеспечила возможность сравнений пар по размерам любого из его линейных или угловых параметров, которые связала 4-мя касательными между поверхностями полей. Этим связываются и разделяются поля объектов: точка F определяет на оси O_1O_2 связь и разделение времен полей объектов в пространстве, задавая их равновесие. Инерциальное поле продольной плоскости показано на рисунке 1 (инерциальное поле поперечной плоскости показать на одном рисунке невозможно).

Выполняя построение плоскостей между двумя точками на поверхности одного шара с центром другого шара или между поверхностями двух шаров, получают две пары ортогональных плоскостей, имеющих общие оси, которые пересекают ортогональными плоскостями шаровые поверхности, формирующие пространственный вектор передачи информации между шаровыми полями.

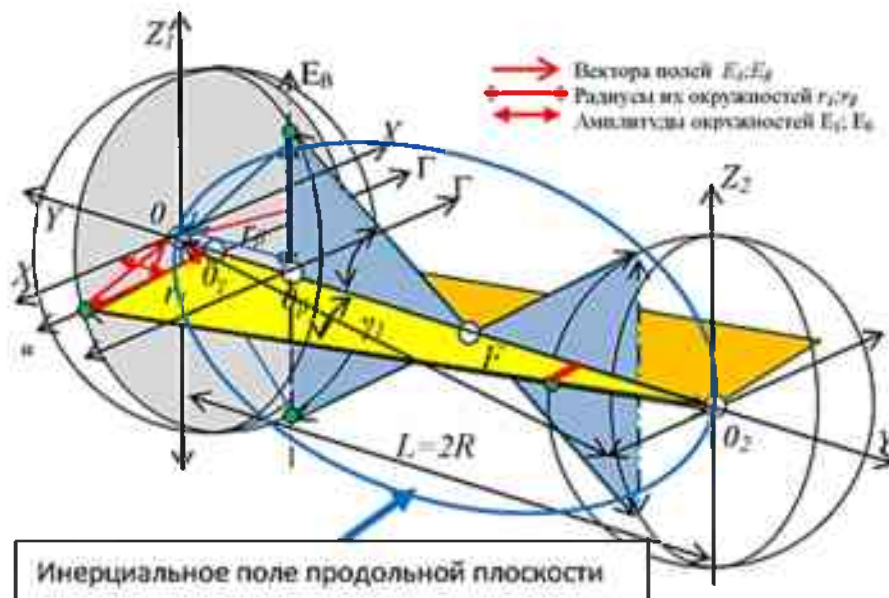


Рисунок 1 – Связь шаровых полей инерциальным полем

Физическими измеряемыми параметрами вектора в шаре являются радиус и амплитуда, которые эквивалентны радиусу и циклу. То есть шар имеет три измеряемых параметра и два вычисляемых. Цикл может измеряться только в циклах и сравниваться только на равных радиусах или амплитудах. Поэтому циклы (время) и все физические параметры являются относительными понятиями, зависящими дополнительно от положения на оси связывающей центры полей. Это требует использования системы координат, в которых проекции параметров полей, имея общий центр F , могут сравниваться еще и в зависимости от взаимного положения центров полей на оси связывающей их. При выполнении этих действий увеличивается число степеней свободы до 4-х, увеличивая число мер измерений пространства.

1.3 Общая концепция построения пространства

Общей концепцией построения пространства, состоящего из полей и вещественных объектов, является совмещение их общностей и отличий. Их общность определяется законом единства части и целого. Их отличия определяются законом единства и борьбы противоположностей.

Геометрия является разделом физики в математике, описывающая правила взаимодействия вещественных объектов на плоскости, обладающих плоскостной линейной метрикой. Аффинная геометрия, устанавливая правила модельного преобразования форм объектов в образы в проективной системе координат, не затрагивает вопро-

сы их метрики. Правила построения образов, изложенные в постулатах Евклида, подтвердили свою достоверность построением моделей в различных областях науки, но также без «метрики». Учитывая необходимость совместного описания пространства, как физикой, так и геометрией, рассмотрим основные модельные элементы описания пространства с позиции закона «Единства части и целого».

Основные понятия описания моделей объектов – точка, прямая и плоскость являются частью целого понятия – плоскости. Основные понятия – точка и прямая – должны характеризоваться двумя параметрами (длиной и шириной), как и их целое – плоскость. То есть точка, прямая линия и плоскость являются характеристиками линейных мер, как для пространства, так и для времени, где плоскость используется для сравнения, прямая – для измерения, а точка – является минимальной мерой и сравнения, и измерений.

Все косвенные измерения выполняются на расстоянии с помощью инерциальных полей, описываются вектором, имеющим два параметра: радиус и амплитуду поля, которые невозможно сравнить, хотя они заключены в шаре и равны. Введение центра инерции методами статистики в моносистемах координат только усугубляют условия понятийных построений природы, исключая их достоверное описание при использовании разных метрик в поле инерции.

В биологической среде при использовании парных измерителей измерения выполняются сравнением приращений (градиента) между амплитудами двух наблюдаемых образов, управляя их равенством поворотом направления базы, обеспечивая когерентную связь полей, практически не используя вычисления.

Использование этих понятий для построения и описания параметров вектора обеспечивает достоверность его отображений на плоскости измерений, например, как проекции из продольной плоскости, по условиям равенства измеряемых амплитуд.

Поэтому вектор – элемент описания направления, но только при доказательстве его расположения на плоскости. В геометрии вектор – это направленный отрезок прямой линии, имеющий начальную и конечную точки (лат. *vector*, несущий). Его параметры отображают в декартовой системе координат в виде двух составляющих. Это позволяет использовать плоскость как основу измерений углов и параметров времени и существенно изменяет физические представления о векторе.

В физике, в отличие от математики, под словом вектор без дополнительных уточнений обычно понимается не «какой-то вектор любого линейного пространства вообще», а прежде всего вектор, связанный с четырехмерным пространством-временем. Понятию вектор в физике соответствует целый класс направленных отрезков, одинаковых по длине и направлению, но различающихся началом и концом, или векторное поле. Обобщая позицию физики, вектор – мысленное символическое отображение физических процессов в объекте, связанных с его поступательным и вращательным движением, происходящим во времени и пространстве, которые позволяют формализовать процесс измерений математическими зависимостями, которые выполняются в двух ортогональных плоскостях.

Вектор в физике описывается двумя линейными параметрами: радиусом и амплитудой поля, которые ортогональны и обычно отображаются на разных осях трехмерной системы координат Декарта, которые несут разные свойства его влияний. То есть пространственный вектор является параметром, который имеет два плоскостных

аргумента функционального влияния на процесс взаимодействия, отражаемый тремя составляющими. Для оценки влияния каждой из функций необходимо выполнить условия, когда одна из составляющих обнуляется, например, замыкается, тогда результаты измерений будут характеризовать другое влияние. Разделение суммарного результата возможно только на плоскости, когда парные измерения выполняются с использованием параметров длины базы, расположенной ортогонально оси, связывающей центры полей. Отсутствие модельной связи центров систем координат двух полей является основной причиной неопределенности их измерений. Именно вектор времени определяет условие равновесия между взаимодействующими полями объектов, определяя положение центра F в шаре инерции.

2 Шаровая форма – опора единства описания Земного пространства

Шар, обеспечивая эталон формы физического пространства, создает и основу измерений линейного пространства, имея центр, как опорную точку, и радиус, как основу границ линейности. При взаимодействии шаровых полей, показанных на рисунке 2, выполняемых лучами из центров и поверхностей полей в продольной и поперечной плоскостях, создается мера линейности сферического пространства d . Ее размер определяется законом геометрического среднего радиусов взаимодействующих полей, или законом «золотого сечения» [5-7].

При этом отношение площадей шаровых поверхностей, построенных на мере линейности и радиусе ее носителя, подчиняются квадратическому закону, а ее отношение с поверхностью, построенной на радиусе отстояния между центрами полей, подчиняется кубическому закону, но не от расстояния, а от величины параллактического угла. Это отношение полей использовано в законе Ньютона-Кулона и характеризует степень сжатия пространства, а в другой интерпретации определяет силы взаимодействия.

«Вещественные» параметры на Земле описываются линейными пространственными параметрами, которые в большинстве своем измеряются с помощью их физических полей, радиусы которых зависят от шаровых полей Земли, наведенных Солнцем. Совмещение двух пар ортогональных параметров полей может быть реализовано только в шаре, что подтверждает действие закона единства части и целого. Поэтому количественную меру измерений пространства имеет только радиус шара, и только шаровая форма полей на Земле может являться формой, в которой обеспечивается 4-х мерность измерений двух параметров физических полей.

Шаровая форма поля, наведенная Солнцем, является инерциальным полем, которое превращается при шаровом проектировании в тороидальные образования, которые называли физическими полями. Поля образованы двумя ортогональными плоскостными векторами в ортогональных плоскостях, имеют 4 ортогональных параметра. Это возможно только при их динамическом вращении с кратными частотами. Такое строение материи подтверждается и строением атомов [4].

Инерция – это взаимодействие между полями двух вращающихся объектов, вызванное синхронизацией и синфазированием их физических полей для обеспечения их резонанса в каждой ортогональной плоскости. Вектор поля инерции разбивается при плоскостном проектировании на две ортогональные векторные плоскостные проекции физических полей, каждая из которых расположена в своей плоскости.

Шаровая форма полей обеспечивает возможность «сравнения» проекций одного вектора на ортогональных плоскостях на половинах и четвертях общей измерительной плоскости в шаре, учитывая их радиус и направленность, показанных на рисунке 2. При плоскостной форме отображения виден плоскостной характер поверхностей тороидальных образований, которые отображаются на плоскости измерений в проективном отображении.

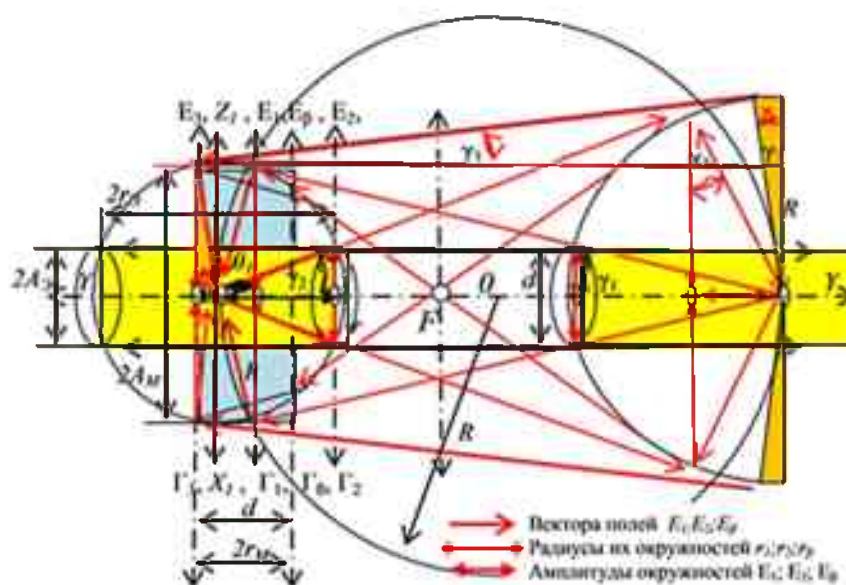


Рисунок 2 – Проектирование в парной параллактической системе координат

Концепция Евклида построена на единой цели описания формы вещественного объекта, используя для этого общность форм всех полей шаровой формы. Шар при проектировании преобразуется в два ортогональных тора в сечении, выделенные цветом на рисунке 1, где буквами E_3 и E_M обозначены амплитуды полей, а r_3 и r_M – радиусы. Радиусы полей имеют одинаковую мерность, а амплитуды – разные.

Общая вычислительная основа построена на описании линейными зависимостями шарового и плоскостного пространств, оцениваемых прямолинейными отрезками на плоскости измерений в параллактической системе координат, представляемой двумя ортогональными плоскостными углами, связывающими центры двух шаровых полей.

Результатом правильности решения этой задачи, выполняемой без использования допущений, будет неравенство сравниваемых результатов, что является исходным условием, а линейность используемых угловых зависимостей для вычислений измеряемых параметров полей, которые однозначно обеспечиваются достоверностью оценки формы полей объектов по равенству ортогональных параметров шара.

Шаровая форма полей в динамике взаимного перемещения их векторов обеспечивается равенством параллактических углов взаимных наблюдений, путем сравнения амплитуд парных полей, оцененных на равных базах, связанных с центрами полей.

Вопрос состоит только в методике разделения этих двух процессов путем использования общности и отличий на сравниваемом участке их парных параметров.

Решение этой задачи разбивается на 2 части: выявление наведенных параметров физических полей (Солнцем для Земли, Землей для объектов на ней), которые необходимо измерять, и определение измерительных средств и принципов измерений параметров и их использования.

Вектор инерциального поля в природе уравнивает положение центров полей вещественных объектов и их физических полей и задает основу их равновесного положения. Следовательно, законы взаимодействия полей определяют законы взаимодействия вещественных объектов, а не наоборот, как это принято считать в настоящее время [1]. А вещественные объекты формируют свои поля, искажая шаровую форму инерциального поля.

Физические поля в природе вещественных объектов охватывают их максимальные размеры. Следовательно, законы взаимодействия физических полей определяют законы формирования вещественных объектов.

Наведенные физические поля в соответствии теоремами аффинной геометрии имеют шаровую форму, формируя плоскость, проходящую через центры полей и вещественных объектов, обеспечивая основу линейных измерений в ней, построенную на линейной мере шаровых плоскостей, связывающих поля зависимостью геометрического среднего. Все объекты находятся в сферическом пространстве, а точно измеряться могут только проекции линейных отрезков, расположенные на ортогональных плоскостях при параллельном перемещении полей.

Эти положения в виде постулат и аксиом впервые были изложены Евклидом более 2220 лет назад, но были забыты, а поля взаимодействовали и взаимодействуют друг с другом по концептуальным постулатам Евклида, которые пока не используют в технических решениях.

Таким образом, выполненное описание показало:

- пространство состоит из двух видов материи: полевой и вещественной;
- полевое пространство описывается двумя видами параметров - линейных в пространстве (абсолютных по характеру) и временных – шаровых (относительных по характеру);
- инерциальные поля – это форма связи полей, вращения которых параллельны и выполняются в одной плоскости;
- пространство трехмерно, но имеет четвертую степень свободы, обеспечивающую связь времени и пространства, обеспечивая условия относительности используемой меры измерений полей и времени в инерциальном поле;
- пространство отображается на плоскостных ортогональных сечениях шаровой поверхности в шаровой двумерной системе координат.

Природный путь решения четырехмерности пространства полей описывается средствами плоскостной геометрии (что обеспечивает ее точность и достоверность), с помощью 4-х мерного пространственного вектора, отображаемого в двух плоскостных векторах, созданных парными параллактическими углами;

- полевая форма объектов имеет форму шара и связана с материальной частью объекта только с его максимальным размером (что обеспечивает единство общего и частного) и расположением на двух ортогональных плоскостях;

- 3-х мерное пространство описывается 4-х мерным вектором инерциального поля, который обладает двумя равными плоскостными векторами, расположенными в ортогональных плоскостях, плоскостные вектора имеют два линейных параметра: радиус и амплитуду, которые отображаются на плоскости измерений шаровой поверхности по законам плоскостной тригонометрии;

- пространство описывается достоверно в процессе взаимодействия полей, связанных 4-х мерным пространственным вектором или парной параллактической системой координат, имеющей парные ортогональные параллактические поверхности, в которых транслируются парные линейные параметры плоскостных векторов;

- пространственный вектор при проектировании на поверхность шара обладает свойством векторного деления, уменьшая меру измерения и повышая разрешающую способность измерений по зависимостям «золотого сечения».

Все эти положения подтверждаются процессом взаимодействия атомарных и астрономических объектов на расстоянии, где отсутствуют вычислительные средства, а объекты совершают пространственные перемещения без использования вычислителей, периодически повторяя совпадения взаимных положений. Используя шаровые поля, природа обеспечивает достоверное управление полями по расстояниям без использования вычислений, путем уравнивания амплитуд или радиусов векторов в парных частях ортогональных плоскостей.

Приведенные материалы, конечно, требуют обсуждения и кажутся очень сложными, но их практическая реализация даже проще, чем в плоскостной геометрии, так как обеспечивается сравнением, а не измерением. Конечно, необходимо учитывать, что это только первый шаг в пространственную физическую геометрию Евклида, но который выявил ряд ошибочных представлений в физике об используемых параметрах и характере их взаимодействия.

Концепция Евклида позволяет сделать следующие выводы:

1) В пространстве взаимодействуют только поля, содержащие и формирующие вещественные объекты разных размеров. Вектор – форма взаимодействия между полями, имеющими шаровую форму.

2) Ось, связывающая центры полей, является пространственным вектором, формирующим физические поля объектов, обеспечивая равновесие парных параметров физических полей объектов в плоскости измерений.

3) Пространственный вектор поля в шаровом пространстве состоит из равных по модулю ортогональных плоскостных парных векторов, описываемых линейными плоскостными параметрами: радиусом и амплитудой, которые равны по величине модуля, но описываются разными мерами в шаровой системе координат.

4) Пространственный вектор, соединяющий центры полей, формирует инерциальное поле в пространстве, имеет две составляющие в виде касательных и радиуса шара, связанные геометрической суммой с модулем вектора.

5) Пространственные проекции шаровых полей формируют во взаимодействующих полях тороидальные образования электрического и магнитного полей, плоскостные проекции которых имеют форму ортогональных трапециевидальных отображений. Радиус и амплитуда которых обладают зеркальными размерами и положением, а геометрическая сумма равна модулю вектора шарового поля.

6) Проекция вектора внутрь шара повышает разрешающую способность его из-

мерений в кубической зависимости от котангенса угла его наблюдения.

7) Проекция вещественного объекта измеряется по проекциям его отображений на плоскости измерений, построенной на взаимодействии физических полей.

Литература

1 Гузевич С.Н. Постулаты Евклида и как их понимать // Навигация и гидрография. 2022. №68. С.28-44.

2 Швец А.И. Физика Земли: учебное пособие. Санкт-Петербург: НОИР, 2015. 208 с.

3 Общая теория относительности (ОТО); Необходимость модификации ньютоновской теории гравитации; Википедия.

4 Артюшкин В.Л. Теория вихре-тороидального дуализма построения мира. С-Петербург: СИНЭЛ. 2018. 148 с.

5 Гузевич С.Н. Парная параллактическая сферическая система координат // Навигация и гидрография. 2022. №68. С.45-57.

6 Гузевич С.Н. Метрологические аспекты достоверных измерений времени в пространстве // Навигация и гидрография. 2023. №69. С.69-76.

7 Людт Г.Н. Картоведение. М: Государственное уч-пед. издат. Минпросвещения РСФСР. 1948. 432 с.

8 Гузевич С.Н. Время, пространство и их физическая сущность // Навигация и гидрография. 2023. №71. С.75-86.

Гузевич Святослав Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, АО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: магнитометрические средства измерений, использование магнитного поля Земли для целей навигации.

E-mail: Guzevich@yandex.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

INERTIAL FIELDS OF THEIR INTERACTION

The paper considers a model for describing a 4-dimensional space based on measuring the vector between the inertial fields of atomic, astronomical and biological objects. Information transmission is based on the principle of paired observation and comparison of linear parameters of radii and amplitudes of fields relative to the axis connecting the centers of fields, providing the possibility of spatial orientation of fields based on comparison, practically without the "use" of computing tools.

Keywords: pairing; space; time; spherical field; parallaxes angles; electric and magnetic field; plane; orthogonality; object image; comparison; synchronization; in phasing.

Guzevich Svyatoslav Nikolaevich – candidate of technical sciences, senior researcher, JSC State Scientific Research Navigation and Hydrographic Institute, St. Petersburg.

Area of scientific interests: magnetometric measuring instruments, use of the Earth's magnetic field for navigation purposes.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ СТРУКТУРОПОДОБНЫХ ПОМЕХ

Лёвин Г.С., Комин А.О., Топилин А.А., Яковлев В.Т.

Построена и описана имитационная модель, включающая в себя формирование чистого сигнала, добавление аддитивных помех, обработку сигнала по двум алгоритмам, вычисление статистических характеристик. Получены результаты моделирования. Проведен сравнительный анализ между двумя алгоритмами обнаружения сигнала.

Ключевые слова: радиолокационная система; сложные сигналы; субимпульс; обнаружение сигнала; ложное обнаружение; имитационная модель; статистическое моделирование.

Введение

Невозможно представить современные радиолокационные системы (РЛС) без использования сложных сигналов [1]. В частности, можно выделить фазокодоманипулированные сигналы (ФКМ-сигналы) [2]. Особенностью ФКМ-сигнала является разделение исходного импульса на N частей (субимпульсов), имеющих одинаковую длительность τ_0 , частоту f и соприкасающихся друг с другом, при этом соседние части могут быть смещены по начальной фазе φ по определенному закону. Для субимпульсов в данном материале используется бинарная псевдослучайная фазовая манипуляция с помощью кодирующих последовательностей, элементы которых принимают значения $\{0,1\}$. В рамках данной статьи в качестве кодирующих последовательностей для формирования импульса были использованы 63-элементные последовательности Голда [3]. Как известно, на основе последовательностей Голда можно сформировать кодовые комбинации, обладающие низкими выбросами (боковыми лепестками) автокорреляционной функции (АКФ) и взаимокорреляционной функции (ВКФ) [4]. Низкие выбросы АКФ позволяют уменьшить ошибку измерения времени задержки сигнала. Низкие выбросы ВКФ нужны для повышения различия между сигналами из одного ансамбля (множества), что позволяет уменьшить вероятность «перепутать» один сигнал с другим при приеме. Для обнаружения таких сигналов можно использовать различные алгоритмы. В настоящем материале сравнивается эффективность двух алгоритмов обработки сигнала на примере вторичной радиолокации (ВРЛ).

В первом алгоритме решение об обнаружении ФКМ-сигнала принимается по количеству совпавших субимпульсов. Во втором алгоритме решение об обнаружении принимается в зависимости от амплитуды сжатого сигнала [5]. Предполагаемым преимуществом первого алгоритма по сравнению со вторым является помехоустойчивость, снижающая вероятность ложной тревоги 2-го рода. Под ложной тревогой 2-го рода, на основании [6], будем подразумевать решение об обнаружении сигнала в том

случае, когда на входе приемника присутствует сигнал, принадлежащий другому (не своему) абоненту, вместе с аддитивным шумом.

В настоящем материале путем моделирования получена статистическая зависимость вероятности правильного обнаружения сигнала D от отношения сигнал/шум (ОСШ). Под правильным подразумевается решение об обнаружении сигнала в том случае, когда на входе приемника присутствует сигнал, принадлежащий ожидаемому абоненту, вместе с аддитивным шумом. Данная зависимость оценивалась при фиксированной вероятности ложной тревоги 1-го рода F_1 . Под ложной тревогой 1-го рода [6] подразумевается решение об обнаружении сигнала, когда сигнал отсутствует, а на входе приемника присутствует только шум. Получена статистическая зависимость среднеквадратичной ошибки (СКО) измерения времени задержки прихода сигнала и СКО измерения дальности до ответчика от ОСШ. Важной особенностью данного материала стала статистическая зависимость вероятности ложной тревоги 2-го рода F_2 от ОСШ.

Целью настоящей работы является выявление преимуществ и недостатков при первом и втором алгоритмах обработки сигналов на основе численных сравнений данных, полученных путем моделирования.

В соответствии с заявленной целью исследования поставлены задачи:

- построить имитационную модель, содержащую два алгоритма обработки и внешние условия для обработки (формирователь сигналов, добавление шума, вычисление статистических характеристик);
- выполнить имитационное моделирование;
- выполнить анализ полученных результатов.

Для выполнения поставленных задач использовался программный пакет *Matlab*.

1 Описание модели

Для выполнения поставленных задач необходимо в первую очередь сформировать сигнал (рисунок 1).

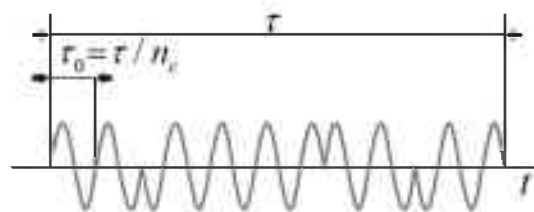


Рисунок 1 – Фазоманипулированный импульс: τ – длительность импульса; τ_0 – длительность субимпульса; n_c – общее количество субимпульсов; t – время

Рассмотрим имитационную модель (рисунок 2). В схеме представлен блок формирования сигнала, осуществляющий формирование сигнала $s(t)$. Под номером 2 осуществляется прохождение сигнала в радиоканале, к которому добавляется белый гауссовский шум $n(t)$. Полученная смесь $\xi(t)$ сигнала и шума поступает на вход блока обработки сигнала, который принимает решение об обнаружении сигнала h и формирует оценку времени задержки прихода сигнала $\hat{t}$.

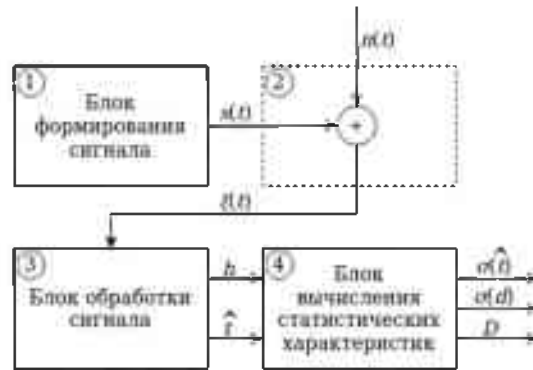


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема имитационной модели

Математическая модель радиоканала [7]:

$$\xi(t) = s(t) + n(t). \quad (1)$$

Статистическая зависимость характеристик ошибок оценки модели получена N повторениями эксперимента. При достаточно большом числе повторений эксперимента кривая зависимости приобретает плавный вид. В данной статье значение N равно 10^4 .

В процессе экспериментов формировался вектор обнаружения сигнала (2) и вектор оценки времени задержки прихода сигнала (3).

$$\mathbf{h} = h_1, h_2, \dots, h_N; \quad (2)$$

$$h_i \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, N},$$

где 0 – признак «сигнал не обнаружен»;

1 – признак «сигнал обнаружен».

$$\hat{\mathbf{t}} = \hat{t}_1, \hat{t}_2, \dots, \hat{t}_N. \quad (3)$$

Примечание – Измерения времени, полученные в экспериментах, где сигнал не был обнаружен, в расчёте СКО не участвовали, а N повторений эксперимента было уменьшено с учётом числа таких измерений.

С учетом (1) и (2) вероятность правильного обнаружения сигнала D [8]:

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i. \quad (4)$$

Если в формуле (1) сигнал $s(t)$ приравнять нулю, то вероятность ложной тревоги 1-го рода F_I будет определяться формулой (4).

С учетом (3) СКО измерения времени задержки сигнала [9]:

$$\sigma(\hat{t}) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (e_i - \bar{e})^2}. \quad (5)$$

$$\bar{e} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i. \quad (6)$$

$$e_i = \hat{t}_i - t_{\text{ист } i}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (7)$$

С учетом (5) СКО измерения дальности до ответчика [10]

$$\sigma(d) = \sigma(\hat{t}) \cdot \frac{c}{2}, \quad (8)$$

где c – скорость света.

Рассмотрим подробнее блок обнаружения сигнала, в частности обнаружитель импульса. Схема обнаружителя сигнала, включающая в себя два алгоритма, представлена на рисунке 3.

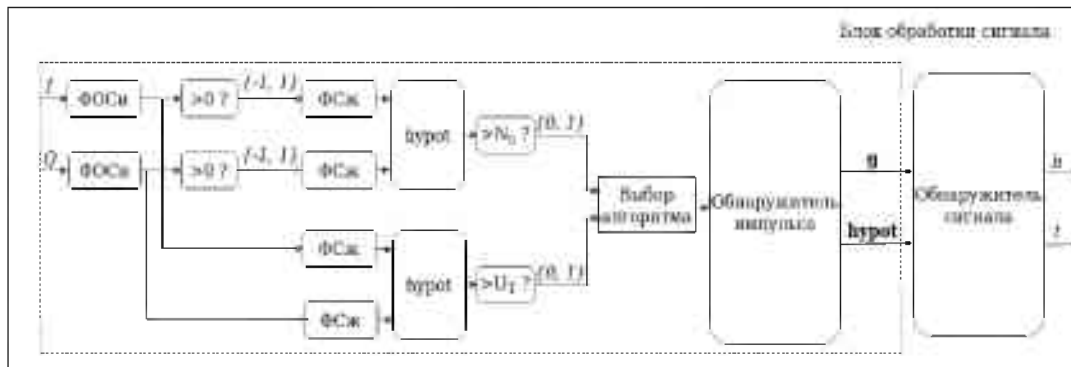


Рисунок 3 – Структурная схема обнаружителя сигнала: I – синфазная составляющая сигнала; Q – квадратурная составляющая сигнала; ФОСи – фильтр одиночного субимпульса; $>0?$ – условное обозначение сравнения амплитуды сигнала с нулевым уровнем, результатом которого является вектор со значениями -1 либо 1; ФСж – фильтр сжатия [5] с импульсной характеристикой, соответствующей кодирующей последовательности; $hypot$ – условное обозначение вычисления модуля вектора, образованного составляющими сигнала: $\sqrt{I^2 + Q^2}$; N_c – отношение количества субимпульсов, необходимое для обнаружения импульса, на общее количество субимпульсов n_c ; $>N_c?$ – условное обозначение сравнения количества совпавших субимпульсов с пороговым значением N_c , результатом которого является вектор со значениями 0 либо 1; U_T – уровень амплитуды, необходимый для обнаружения импульса; $>U_T?$ – условное обозначение сравнения амплитуды «сжатого» сигнала с пороговым значением U_T , результатом которого является вектор со значениями 0 либо 1; g – вектор со значениями 0 либо 1, соответствующий условию о возможном обнаружении для «сжатого» сигнала; h – признак обнаружения сигнала, результатом которого является 0 либо 1; $\bar{t}$ – оценка времени обнаружения сигнала

2 Оценка вероятности ложного обнаружения для двух алгоритмов при разных пороговых значениях

С целью установки одинакового и фиксированного значения вероятности ложной тревоги F_I для двух алгоритмов был осуществлён поиск пороговых значений, при которых F_I примерно равна 10^{-3} .

Данные представлены на рисунках 4-5 с числом повторений эксперимента 10^4 .

С учётом этих данных итоговые пороговые значения для двух алгоритмов выбраны равными

$$N_c = \frac{44}{63}, U_T = 0,225.$$

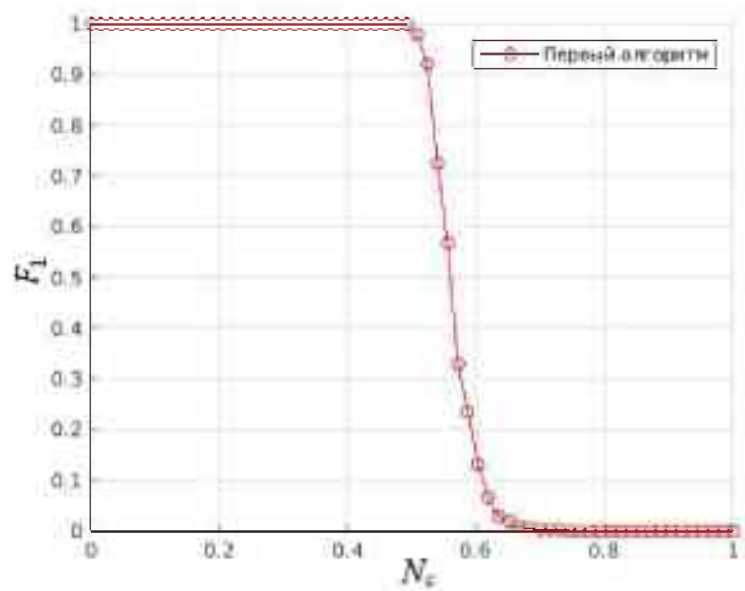


Рисунок 4 – Зависимость вероятности ложной тревоги 1-го рода от порогового значения для первого алгоритма

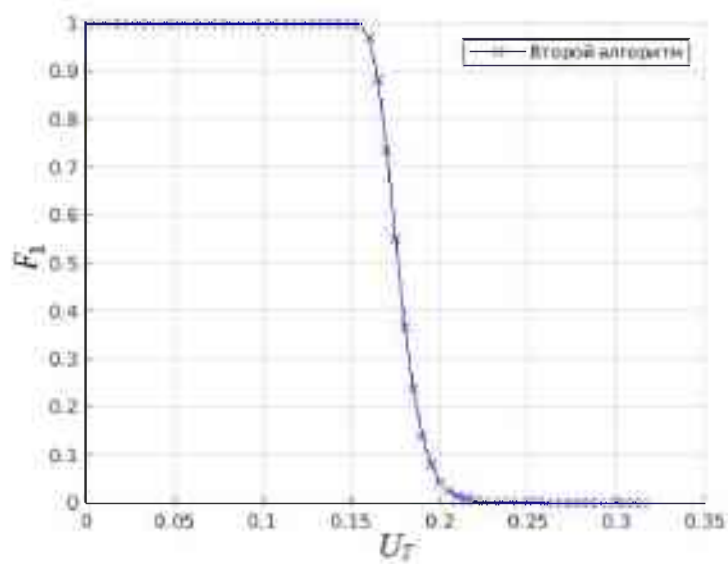


Рисунок 5 – Зависимость вероятности ложной тревоги 1-го рода от порогового значения для второго алгоритма

3 Статистическая зависимость СКО измерения времени задержки сигнала и СКО измерения дальности до ответчика от ОСШ

Рассматривался интервал ОСШ от 0 до 20 дБ. Зависимость D от ОСШ представлена на рисунке 6.

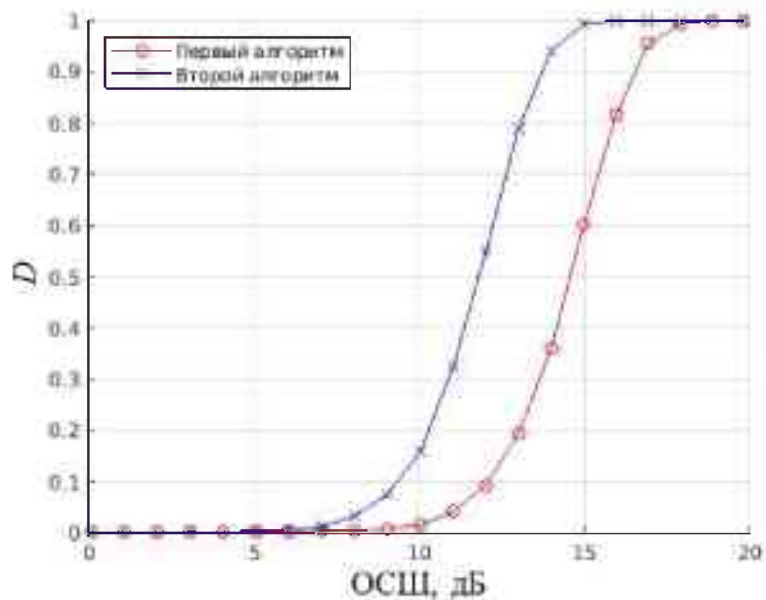


Рисунок 6 – Зависимость вероятности обнаружения сигнала от ОСШ для двух алгоритмов

Зависимость СКО измерения времени задержки сигнала $\sigma(t)$ и СКО измерения дальности до ответчика $\sigma(d)$ от ОСШ представлена на рисунках 7 и 8.

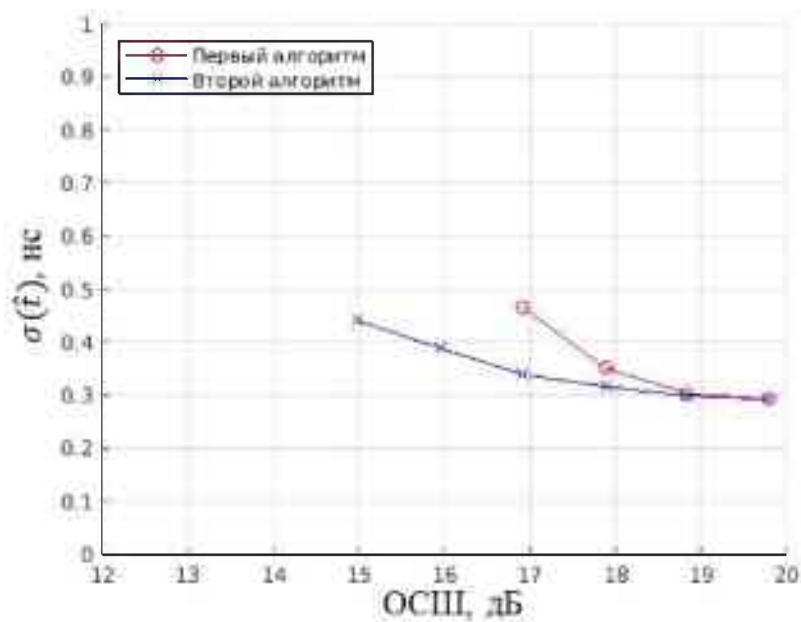


Рисунок 7 – Зависимость СКО измерения времени задержки сигнала от ОСШ для двух алгоритмов

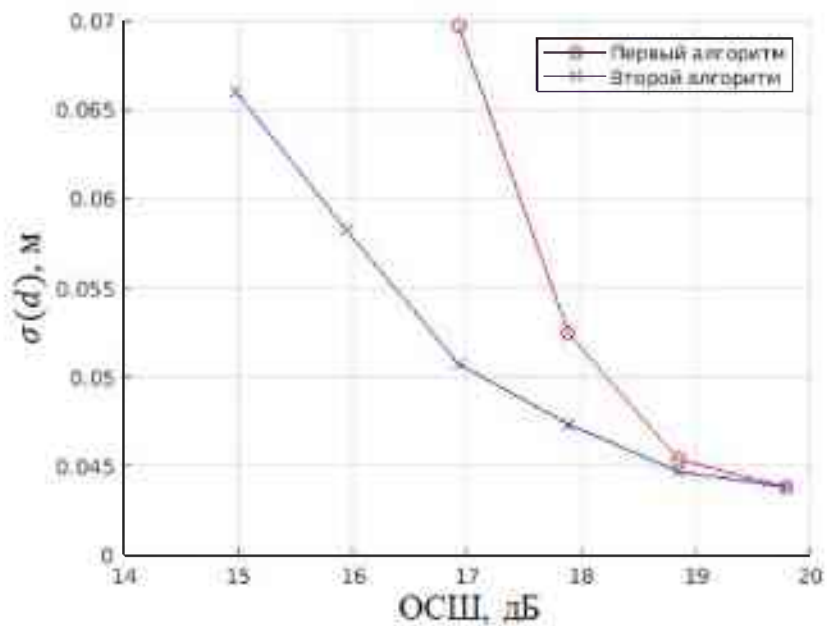


Рисунок 8 – Зависимость СКО измерения дальности до ответчика от ОСШ для двух алгоритмов

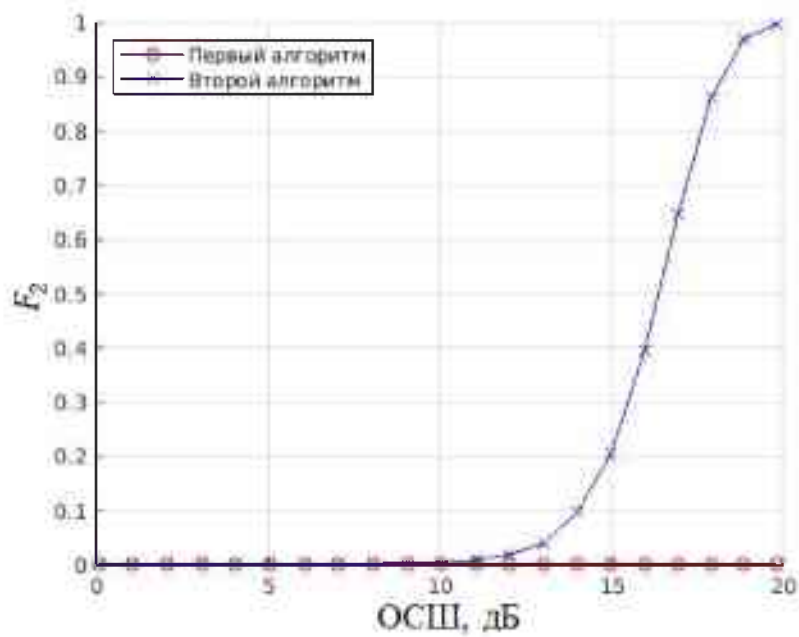


Рисунок 9 – Зависимость вероятности ложной тревоги 2-го рода от ОСШ для двух алгоритмов

В данном материале для обнаружения сигнала, при котором влияние шума не-существенно, было выбрано значение ОСШ, при котором $D = 0,99$.

Значения $\sigma(\hat{t})$ и $\sigma(d)$ при ОСШ = 14,97 дБ для двух алгоритмов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета по модели $\sigma(\hat{t})$ и $\sigma(d)$ при ОСШ = 14,97 дБ для двух алгоритмов

Первый алгоритм		Второй алгоритм	
$\sigma(\hat{t})$, нс	$\sigma(d)$, м	$\sigma(\hat{t})$, нс	$\sigma(d)$, м
0,76	0,177	0,44	0,066

Заключение

Методом статистического моделирования получена зависимость вероятности правильного обнаружения сигнала D от ОСШ для субимпульсного (первого) и стандартного (второго) алгоритма обработки сигналов. Измерения проводились при фиксированной вероятности ложной тревоги $10^{-2} \leq F_l \leq 10^{-3}$.

При использовании первого алгоритма вероятность правильного обнаружения $D=0,99$ достигается при ОСШ равном 17,9 дБ, а при использовании второго алгоритма – при ОСШ равном 15 дБ.

Получена статистическая зависимость СКО измерения времени задержки сигнала $\sigma(\hat{t})$ от ОСШ. При использовании первого алгоритма при ОСШ равном 15 дБ достигается $\sigma(\hat{t})$ равная 0,76 нс. При использовании второго алгоритма при таком же значении ОСШ достигается $\sigma(\hat{t})$ равная 0,44 нс.

Получена статистическая зависимость СКО измерения дальности $\sigma(d)$ от ОСШ. При использовании первого алгоритма при ОСШ равном 15 дБ достигается $\sigma(d)$ равная 0,177 м. При использовании второго алгоритма при таком же значении ОСШ достигается $\sigma(d)$ равная 0,066 м.

При использовании первого алгоритма вероятность ложного обнаружения 2-го рода F_2 практически равна 0, а при использовании второго алгоритма – возрастает начиная с ОСШ равного 13 дБ, и становится равной 1 при ОСШ равном 19,8 дБ, что является явным недостатком.

Таким образом, первый алгоритм является более помехоустойчивым по сравнению со стандартным, так как при его использовании снижено влияние выбросов ВКФ. Ценой за повышение помехоустойчивости является ухудшение в ОСШ на приблизительно 3 дБ.

Литература

- 1 Финкельштейн М.И. Основы радиолокации : учебник для вузов. М.: Радио и связь, 1983. 536 с.
- 2 Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985. 384 с.
- 3 Ханцо Л., Блох Д., Ни С. Системы радиодоступа 3G, HSPA и FDD в сравнении с технологией TDD. Пространственно-временная фильтрация и адаптивная модуляция. Москва: Техносфера, 2012. 672 с.
- 4 Сато Ю. Обработка сигналов. Первое знакомство // пер. с яп.; под ред. Ёсифуми Амэмия. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2009. 176 с.
- 5 Ширман Я.Д. Разрешение и сжатие сигналов. М.: Сов. радио, 1974. 360 с.
- 6 Глобус И.А. Двоичное кодирование в асинхронных системах. М.:Связь, 1972. 108 с.

- 7 Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М: Радио и связь, 1982. 624 с.
- 8 Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш. школа, 1977. 479 с
- 9 Кузьмин С.З. Цифровая обработка радиолокационной информации. М.: Советское радио, 1967. 400 с.
- 10 Тяпкин В.Н., Фомин А.Н., Гарин Е.Н. и др. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск / под общ. ред. В.Н.Тяпкина. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. 536 с.

Лёвин Григорий Сергеевич – инженер-программист 2 категории, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: радиолокация и навигация, статистическая теория радиолокации.

Email: grishalevin-98@yandex.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Комин Александр Олегович – начальник бюро разработки систем передачи команд, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: радиолокация и навигация.

Email: mafalepron@gmail.com

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Топилин Алексей Александрович – кандидат технических наук, начальник отдела радиотехнических средств и комплексов, основанных на принципах вторичной радиолокации, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: радиолокация и навигация.

Email: aatopilin@gmail.com

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

Яковлев Виктор Тимофеевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: радиолокация и навигация.

Email: yakovlevvt2000@gmail.com

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR DETECTION OF COMPLEX SIGNALS AGAINST A BACKGROUND OF STRUCTURE-LIKE INTERFERENCE

A simulation model has been constructed and described, including: generation of a clean signal, addition of additive noise, signal processing using two algorithms, and calculation of statistical characteristics. Modeling results were obtained. A comparative analysis was carried out between two signal detection algorithms.

Keywords: radar system; complex signals; subimpulse; signal detection; false detection; simulation model; statistical modeling.

Levin Grigory Sergeevich – software engineer of the 2nd category, JSC «Obukhov Plant», St. Petersburg.

Research interests: radiolocation and navigation, statistical theory of radiolocation.

Komin Alexander Olegovich – Head of the Bureau for the Development of Command Transmission Systems, JSC «Obukhov Plant», St. Petersburg.

Research interests: radiolocation and navigation.

Topilin Alexey Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Radio Engineering facilities and complexes based on the principles of secondary radar, JSC «Obukhov Plant», St. Petersburg.

Research interests: radiolocation and navigation.

Yakovlev Viktor Timofeevich – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, JSC «Obukhov Plant», St. Petersburg.

Research interests: radiolocation and navigation.

РАСПОЗНАВАНИЕ ДАННЫХ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ АППРОКСИМАЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНОЙ СЕТИ *ANFIS*

Жуков К.М.

*Рассматривается возможность применения нейронных сетей в задачах анализа коэффициентов аппроксимации и его использования для распознавания данных последовательного канала связи. Представлена адаптивная сеть *ANFIS* с интеграцией 4 слоев, разработанная на языке программирования C++. На синтетических наборах данных как идеальных, так и зашумленных сигналов, проведены обучение и верификация разработанной сети. Показана эффективность распознавания цифровых кодовых сигналов при использовании аппроксимации Лагранжа с неполным вычислением коэффициентов. Положительные результаты данного исследования позволяют сделать вывод о перспективности применения нейронных сетей для решения различных задач анализа и распознавания сигналов.*

Ключевые слова: нечеткая логика; искусственная нейронная сеть; *ANFIS*; помехи; цифровая фильтрация; последовательный канал связи; аппроксимация.

Введение

Сегодня эффективное применение цифровой обработки сигналов данных является актуальным в связи с созданием быстрых унитарных алгоритмов и развитием адаптивных технологий решения задач анализа данных. Среди последних – адаптивных технологий, получают развитие системы с нечеткой логикой, в частности адаптивная сеть *ANFIS*. По сравнению с точными технологиями, разработка сети позволяет снизить сложность разработки систем и затем приблизить результаты к желаемым [2, 4]. Кроме того, *ANFIS* имеет достоинства в вычислительной эффективности при оптимальном представлении знаний [5].

1 Постановка задачи

При использовании сети *ANFIS* (адаптивной нейро-нечеткой системы вывода) актуальным является анализ оптимальности представления входных данных. Проведем его на примере программной дешифрации данных, передаваемых по каналам интерфейсов RS-485 и токовой петли, по значениям цифровой осциллограммы. В простейшем случае это делается по пороговому уровню этих значений, и для идеального сигнала RS восстанавливаются битовые и байтовые последовательности по значениям в оптимальных временных отсчетах, в ряде случаев – с проверкой по 2 байтам CRC. Для канала токовой петли, а иногда и RS, возникает проблема распознавания кодовой последовательности, связанная не только с пороговым уровнем битового срабатывания, но и определением центрального отсчета битового сигнала, в связи с другими основными параметрами импульсов, и так как стабильность используемого токового

или сигнала напряжения меньше, чем качественного сигнала напряжения, а разброс соответственно больше. В случае дефектов и «непропаев» переходной платы или зашумленного канала связи дешифрирование требует многочисленных подстроек и уровня срабатывания, и центральных отсчетов и по способам отбрасывания помех. Кроме того, иногда требуются априорные знания о примерных местах расположения сильных помех и смещений уровней сигнала в канале связи, для выборки длительно-стью в несколько байтовых пакетов. Рассмотрим пакеты протокола *Modbus* с параметрами: скорость передачи 19200 бит/с, 1 стоп-бит, без проверки паритета. Используем технологию адаптивной сети *ANFIS* для распознавания данных.

Пусть дан набор исходных сигналов, состоящий из десятков серий из 5800-5900 временных равно-интервальных точечных отсчетов:

1) 256 программно-сформированных 2-байтовых пакетов со значениями: первый байт от 0x00 до 0xFF, второй – 0x03 (начало пакета функции 3 *Modbus*) (рисунок 1);

2) реальных кодовых последовательностей пакетов по 8 байт с интервалом 70 мс с определенными значениями данных (рисунок 2), в которых отдельные серии содержат шумы, в основном от непропаев, при работающих нескольких смежных каналах связи.

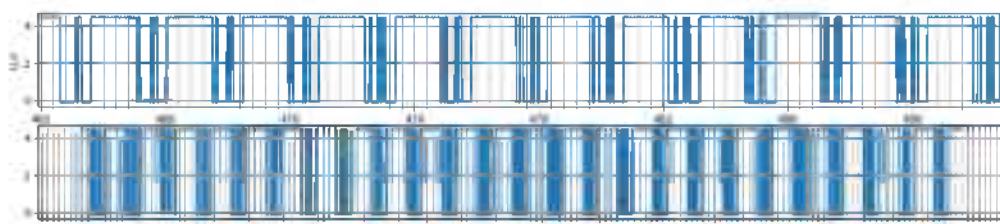


Рисунок 1 – Фрагменты осциллограмм при передаче идеальных 2-байтовых фрагментов пакетов *Modbus*

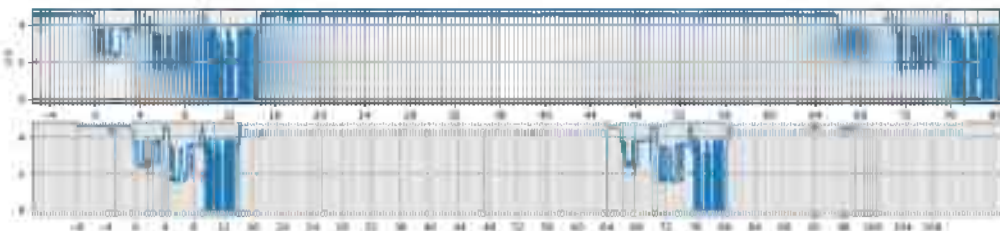


Рисунок 2 – Фрагменты осциллограмм при передаче реальных пакетов *Modbus*

При решении задачи мы будем пользоваться кусочно-полиномиальной аппроксимацией n -точечного полинома Лагранжа $L(C_0, \dots, C_{n-1})$. При этом допускаем, что должны выявиться зависимости содержащие комбинации полиномиальных коэффициентов аппроксимации вида

$$f'(C_a, C_b, C_c, C_d) = p \frac{C_a}{C_b} + q \frac{C_c}{C_d} + r, \quad (1)$$

где C_a, C_b, C_c, C_d – искомые из коэффициентов аппроксимации,
 p, q, r – оптимальные константы.

При этом поведение отображаемой функции $f'(\cdot)$ в условиях искажений разной

величины можно описать с помощью простых линейных функций:

$$g(f(t), z(t)) \rightarrow f'(\cdot) s(k_0, \dots), \quad (2)$$

где $g(\cdot)$ – функция суммы идеального сигнала и одного вида из возмущений,

t – время,

$f(t)$ – соответствует идеальному сигналу,

$z(t)$ – соответствует вводимым возмущениям сигнала,

$s(k)$ – простая линейная функция, зависящая от величины этого возмущения с малым числом (желательно 1-2) коэффициентов.

На этапе настройки алгоритма распознавания байтового сигнала в адаптивной сети в рамках статьи ограничимся рассмотрением следующих случаев. Мы планируем исследовать 3 случая возмущения сигнала и 1 исключительный случай:

а) отсутствие искажения (исключительный случай);

б) искажения амплитуды (множитель значения, изменения от 0,1 до 10);

в) смещения постоянной составляющей (изменения от -1 до 1 В/мс);

г) число одноточечных помех в байте (равные изменения начиная с бита 1, до 1 изменения значений на бит, количество изменений от 0 до 7).

Средствами исследования являются:

1 Обучение адаптивной сети *ANFIS* распознаванию байт в пакетах.

2 После обучения – распознавание байт в неидеальных пакетах.

3 Выделение зашумленной и не зашумленной составляющих сигнала.

Развитию первого средства и посвящена значительная часть данной работы.

2 Предлагаемое решение

На идеальных (программных) образцах пакетов определяем два равных по размеру вектора значений коэффициентов $C_0, \dots, C_{45}$, аппроксимации полинома Лагранжа для 46 точек (при этом относительная погрешность при проверке вычислений с использованием чисел формата *long double* обычно существенно ниже 1%, что признаем максимально допустимой для выполнения численного анализа) из первого байта каждого из 256 2-байтных пакетов. Значения кодов от $0x00$ до $0xFF$.

Для повышения численной устойчивости и точности вычислений, время масштабируется последовательностью целых чисел на 46 точках соответствующих участку прохождения первого байта каждого пакета

-4, -3, ..., 40, 41 (46 точек, последовательность коэффициентов А)

Дополнительно аппроксимируем данный сигнал для смещенной временной оси:

-2, -1, 0, ..., 42, 43 (46 точек, последовательность Б)

Было, в частности, установлено для каждого из 256 кодов, что отношение чисел C_{1A}/C_{3B} , коэффициентов аппроксимации C_1 (при переменной первой степени) последовательности А к C_3 (при переменной 3 степени) последовательности Б практически зависит только от кода и не зависит от амплитуды масштабированного сигнала (при этом коэффициенты умножения/деления значений были 1,5, 2, 3, 4, 10). Недостатком этого отношения C_{1A}/C_{3B} в данном случае являются близкие значения данного отношения, в случае, когда двоичные значения байтового кода содержат 4 и более единицы подряд, что может повредить распознаванию зашумленных сигналов.

Возникает вопрос: существуют ли еще другие важные сочетания коэффициентов, в частности в виде суммы двух отношений?

Назовем значимостью комбинации коэффициентов – косвенно предполагаемую меру инвариантности выделения кода, с помощью этой комбинации, из сигнала, могущего быть заданным образом возмущенным.

Предположим, что могут быть значимы коэффициенты полинома C_i , которые, по значению $C_i \exp(i)$, больше константного порога, остальные, полагая что малые значения приведут к сложности последующих выражений и численной неточности, отбрасываются (при множителе $\exp(i)$ последовательность отдаленно напоминает геометрическую прогрессию). Назначаем порог численных значений $C_i \exp(i)$ так чтобы отбрасывалось до 1/3 части коэффициентов отдельного полинома. Для всех 256 полиномов выделяем список коэффициентов, которые всегда не отбрасываются. Пусть их будет 30 (32) чисел или менее.

Теперь создаем таблицу оставшихся значимых коэффициентов

$$\begin{aligned} &C_0/C_1, C_0/C_2, C_0/C_3, \dots \\ &C_1/C_2, C_1/C_3, C_1/C_4, \dots \\ &C_2/C_3, C_0/C_4, C_2/C_5, \dots \end{aligned}$$

Далее используем адаптивную сеть *ANFIS* [1].

Исследуем значимость линейной комбинации отношений коэффициентов, на примере комбинации вида

$$p \frac{C_{3A}}{C_{5B}} + q \frac{C_{4A}}{C_{5B}} + r,$$

где p, q, r – оптимальные параметры по методу наименьших квадратов далее отображаемой ошибки.

Обозначим входными узлами *ANFIS* (рисунок 3) значения коэффициентов $g_1 = C_{3A}/C_{5B}$, $g_2 = C_{4A}/C_{5B}$ и пусть используется другая комбинация $h_1 = C_{3A}/C_{5A}$, $h_2 = C_{4A}/C_{5A}$. Пусть G – вектор из $[g_1, g_2]$ и H вектор из $[h_1, h_2]$.

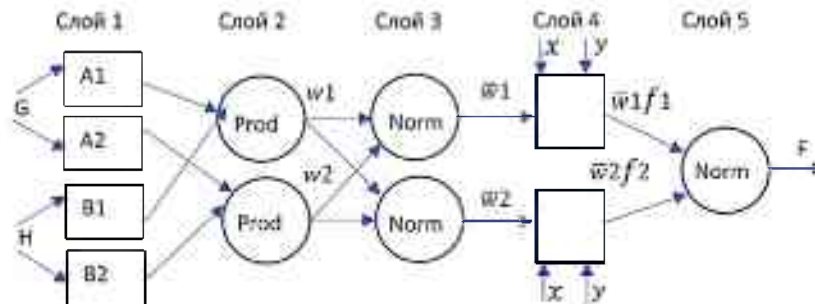


Рисунок 3 – Архитектура типичной адаптивной сети *ANFIS*

В слое I для каждого из векторов G и H , адаптируясь к условиям отклонения возмущенного сигнала от идеального, подбираем функцию принадлежности $O_{1,i}$, – целевому нечеткому предположению о их значимости (в типичном случае происходит от логистической вероятностной модели [3] – по значениям ошибок эксперимента вычисление вероятности его целевой гипотезы, принимает значения от 0 до 1, большее значение соответствует большей значимости входных узлов, но из-за нечеткости множеств здесь не является вероятностью целевого предположения):

$$\begin{aligned} O_{1,i} &= \mu_{A_i}(G), \text{ для } i = 1, 2, \\ O_{1,i} &= \mu_{B_{i-2}}(H), \text{ для } i = 3, 4, \end{aligned} \quad (3)$$

где μ_{Ai} и μ_{Bi} – функции оценки целевых предположений с отдельными параметрами.

Типичная функция принадлежности для *ANFIS* ([1], [3])

$$\mu(g_{li}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{g_{li} - c}{a} \right|^{2b}} ; \quad \mu(h_{li}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{h_{li} - c'}{a'} \right|^{2b'}} , \quad (4)$$

где I – соответствие входному узлу I ,

i – соответствие коду i ;

a, b, c – адаптируемые параметры,

g_i -с (аналогично a', b', c' и h_i -с'), соответствует отображению ошибок гипотезы о том, что при оптимальных параметрах результат инвариантен одному из заданных возмущений (см. выше п.1).

На первой итерации $a=1, b=1, c=0$, затем $g_{li} - c$ и $h_{li} - c'$ – пропорционально $\sum_i Erf_i$ и Erf'_i . (*Erf* вычисляется в слое 4, не является функцией ошибок Гаусса *erf*). Данные g_{li} и аналогично h_{li} , на первой итерации, соответствующие одному коду i , для (4) вычисляются по формуле

$$g_{li} = \sum_{j=\min}^{j=\max} (g_{lij} - g_{li0})^2,$$

где $\min$ соответствует нижней границе возмущения сигнала, $\max$ соответствует верхней границе возмущения, g_{li0} соответствует сигналу без возмущения.

Каждый элемент фиксированного второго слоя вычисляет произведение входов

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{Ai} G * \mu_{Bi} H, \text{ для } i = 1, 2 \quad (5)$$

В *ANFIS* допускаются и другие варианты связей элементов этого слоя.

Слой 3 вычисляет нормированные значения активации, из значений предыдущего слоя

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \text{ для } i = 1, 2. \quad (6)$$

Слой 4 вычисляет заключения правил (оптимизация текущих параметров p, q, r).

$$O_{4,i} = \bar{w}_i(p_i x + q_i y + r_i) = \bar{w}_i f_i, \text{ для } i = 1, 2, \quad (7)$$

где p_i, q_i, r_i – параметры i узлов заключений.

Остановимся подробнее на вычислении этих параметров элементов слоя. Пусть в нашем варианте это выполнения таких действий:

1) Находим отношения $\frac{C_{3A}}{C_{5B}}$ (соответствуют x_i т.е. g_{1i} и независимо h_{1i}) и $\frac{C_{4A}}{C_{5B}}$

(соответствуют y_i т.е. g_{2i} и h_{2i}), соответствующие для всех 256 точек и при нулевом возмущении (см. п.1 статьи).

2) За значения $O_{4,i}$ обозначаем указанные выше численные меры одного из целевых возмущений, и вычисляем данные п.1 (т.е. x_i, y_i), но при возмущении.

3) Отдельно для типов возмущений, при всех ($n' \geq 7$) величинах, коэффициенты p, q, r находим по следующим формулам (полагая $O_j = O_{4ij}$, где j номер случая возмущения одного типа, используется метод наименьших квадратов):

для $p x_i + q y_i + r = Erf(i) = O_i$, пусть $\bar{X} = \sum_i x_i / n'$; $\bar{Y} = \sum_i y_i / n'$; $\bar{O} = \sum_i O_i / n'$; $i = 1, \dots, n'$; $Erf(i)$ – отклонения от получаемой линии регрессии, в случае нелинейности значений, и $X_i = x_i - \bar{X}$, $Y_i = y_i - \bar{Y}$:

$$\begin{aligned}
q &= \frac{(\sum_i o_i y_i)(\sum_i x_i^2) - (\sum_i o_i x_i)(\sum_i x_i y_i)}{(\sum_i x_i^2)(\sum_i y_i^2) - (\sum_i x_i y_i)^2}, \\
p &= \frac{(\sum_i o_i x_i)(\sum_i y_i^2) - (\sum_i o_i y_i)(\sum_i x_i y_i)}{(\sum_i x_i^2)(\sum_i y_i^2) - (\sum_i x_i y_i)^2}, \quad i=1, \dots, n, \\
r &= \bar{O} - p\bar{X} - q\bar{Y}.
\end{aligned} \tag{8}$$

4) Далее вычисляем коэффициент корреляции между мерой O и x , y одновременно ([6])

$$R_{O,x,y} = \sqrt{\frac{R_{Ox}^2 + R_{Oy}^2 - 2R_{Ox}R_{Oy}R_{xy}}{1 - R_{xy}^2}}, \tag{9}$$

где коэффициент корреляции между двумя переменными вычисляется по аналогии коэффициента корреляции между переменными x и y для n выборок:

$$R_{xy} = \frac{n' \sum_{i=1}^{n'} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n'} x_i \sum_{i=1}^{n'} y_i}{(n' \sum_{i=1}^{n'} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n'} x_i)^2)(n' \sum_{i=1}^{n'} y_i^2 - (\sum_{i=1}^{n'} y_i)^2)} \tag{10}$$

5) Повторяем п.п.1-4 для коэффициентов, соответствующих всем 256 кодам.

Если для всех 256 кодов $\times n'$ точек – относительно высокий коэффициент корреляции (9) по сравнению с другими сочетаниями коэффициентов C (1) (поскольку инвариантность последних к помехе предполагает низкую корреляцию с величиной помехи), либо же отклонения Erf получились высокие относительно других сочетаний коэффициентов C в (1), то значит значимость искомого соотношения низкая и следует подбирать другие сочетания для (1). Оценкой отклонения может служить значение функции (4) из первого слоя, где можно считать $Erf_i = g_{h-c}$ для вектора G и аналогично $Erf_i = h_c - c$ для вектора H .

Слой 5 представлен единственным узлом, вычисляющим сумму входящих аргументов

$$O_{5,1} = \sum \bar{w}_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i}. \tag{11}$$

Здесь $f_i = px_i + qy_i + r$, $i=1, \dots, n'$. Следует выполнить не менее 1 итерации для определения/уточнения промежуточных параметров. По аналогии исследуются другие комбинации отношений входных коэффициентов.

Результаты для итераций (обучения) используются для настройки алгоритма для режима обработки реальных данных.

Пример выделения зашумленной последовательности приведен в [2, с. 144-147].

3 Описание эксперимента

В ходе исследования была разработана адаптивная сеть по аналогии с сетью *ANFIS* на языках *C++* и *Python* в среде *Microsoft Visual Studio 2022 Community Edition* с использованием *Microsoft Excel*, использованием библиотек *numpy*, *pyplot* и переработки пакета *anfis* 0.3.1 репозитория *PyPI* с частичным переводом в *C++* структуру, а также разработаны программы аппроксимации Лагранжа, подготовки учебных данных и чтения данных для серий отсчетов реальных сигналов.

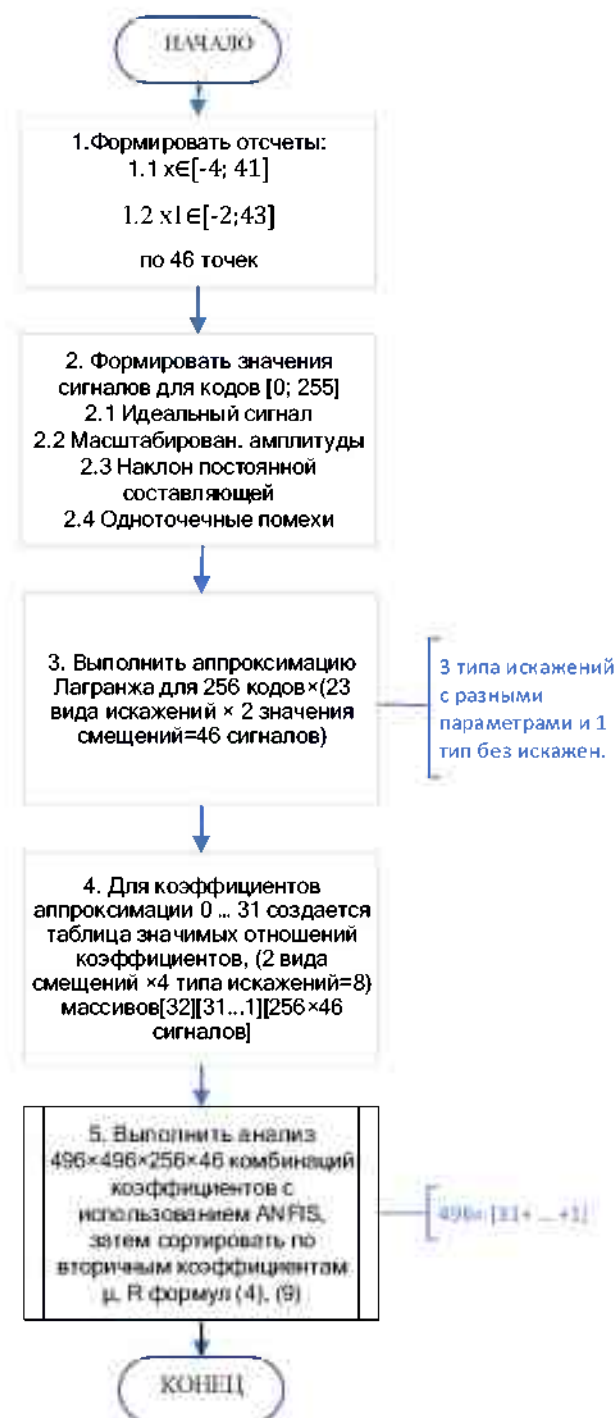


Рисунок 4 – Алгоритм обучения

Для обучения и анализа данных разработанной адаптивной сети использовались программные данные как описано в разделе 2, но в слое 2 для упрощения последующего регрессионного анализа данные от функций принадлежности со смежных уровней G и H не смешивались, а использовались в слое 3 только для нормализации.

Слой 5 использовался для выделения полезных соотношений вида (1). Доработанный алгоритм слоя 4 первой итерации обучения представлен на рисунке 4. В результате обучения, особенных соотношений (1) оказывается довольно много (более тысячи), поэтому используем трехфакторный анализ, где дополнительным фактором является код d искомого сигнала. Коэффициент трехфакторной корреляции [7]

$$R_{O,x,y,d} = \sqrt{\frac{T}{1 + R_{xy}R_{xd}R_{yd} + R_{Od}R_{xy}R_{xd} - R_{xd}^2 - R_{yd}^2 - R_{xy}^2}}, \quad (12)$$

где $T = R_{xy}R_{xd}R_{yd} + R_{Od}R_{xy}R_{yd} + 2 \cdot (R_{Ox}R_{Od}R_{xy}R_{yd}) + 2 \cdot (R_{Ox}R_{Oy}R_{xd}R_{yd}) + 2 \cdot (R_{Oy}R_{Od}R_{xy}R_{xd}) - 2 \cdot (R_{Ox}R_{Od}R_{xd}) - 2 \cdot (R_{Ox}R_{Oy}R_{xy}) - 2 \cdot (R_{Oy}R_{Od}R_{yd}) - R_{Ox}^2R_{yd}^2 - R_{Oy}^2R_{xd}^2 + R_{Ox}^2 + R_{Oy}^2 + R_{Od}^2$.

Корреляции от двух переменных вычисляются также по формуле (10).

Итак, производился поиск соотношений типа (1), для которых минимальные $K_{O,x,y,d}$. Особенностью является то, что для коэффициентов R_{Ox} , R_{Oy} и R_{xy} вычисления выполняются для каждого значения кода, при этом число точек 7-8. В то же время корреляции R_{xd} и R_{yd} вычислялись после сохранения трех предыдущих коэффициентов и с использованием всех 256 значений кода т.е. в 256 точках. Тем не менее, т.к. R_{Ox} , R_{Oy} и R_{xy} изменялись при каждом изменении кода, то и $K_{O,x,y,d}$ вычислялись для каждого значения кода и при этом для каждого значения из 7-8 возмущений, (и соответствующей комбинации коэффициентов аппроксимации) хотя и после вычисления R_{xd} и R_{yd} для 7-8 точек искажений, 7-8 пар значений. Задачей являлось отбор $K_{O,x,y,d}$ минимальных для всех кодов и возмущений. Значением ключа сортировки являлась сумма из $K_{O,x,y,d}$ для 7-8 точек искажений сигнала данного кода. Желательно чтобы минимальные эти ключи охватывали большинство значений кода.

Затем на этапе распознавания, выделялись участки серий реальных сигналов, могущие быть байтами, вычислялись коэффициенты аппроксимации и по найденным при обучении комбинациям коэффициентов находилось значение кода.

4 Анализ полученных результатов

В первой версии вычислялись значения $K_{O,x,y,d}$ для амплитудных искажений (без смещения постоянной составляющей и одноточечных помех). При вычислении формулы (13) в некоторых случаях требуется длинная арифметика, знаменатель становится малым числом. Отбор же коэффициентов для (1) формулой (9) выявил следующие особенности выражений (1) с подобранными оптимальными порядковыми коэффициентами аппроксимации по критерию минимальной корреляции с амплитудными искажениями. При оптимальном смещении по временной оси все значения выражений (с единичными множителями p, q и $r=0$), соответствующие искаженному по амплитуде сигналу, почти одного десятичного порядка, хотя изредка меняется знак. Имеются редкие очень близкие значения, обычно соседних кодов. Эта проблема решается учетом вычисленных множителей p, q и r и кроме того использованием коэффициентов аппроксимации с соответствующими кодам d и d' множителями p и p' более отличающимися разницей. Даже при десятикратных программных амплитудных искажениях большинство коэффициентных выражений меняются менее 1%. Однако соотношения (1) реального среднезашумленного сигнала все же требуют допол-

нительного определения множителей p , q близких к 1 и r близкого к 0 для соответствия программному зашумленному сигналу. Отдельные байтовые потоки распознаются с обычно абсолютным смещением 1-2 единицы кода. Также необходимо предварительная оценка близости помехи одному из видов программных помех. Разделение незашумленной и зашумленной частей сигнала можно проводить с использованием адаптивной сети *ANFIS* как описано в [2].

5 Выводы и предполагаемая польза

1 Нелинейную фильтрацию с помощью искусственной нейро-нечеткой сети *ANFIS* можно использовать для фильтрации кратковременных помех, а с грамотным формированием коэффициентов - и для сложных помех значительного времени действия, несколько ниже по амплитуде чем сигнал.

2 Недостатком нелинейной фильтрации является фактическая вычислительная сложность обучения для данных большой размерности несмотря на небольшое (порядка 1-5) число итераций, хотя в основном медленно меняющиеся коэффициенты указывают на избыточности обучения. В связи с этим актуально обучение с техниками мультиразмерности.

В перспективе возможно также выявление исследуемых видов искажений.

Литература

- 1 *ANFIS* <http://prog.tversu.ru/fuzzy/05%20-%20ANFIS.pdf>
- 2 Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. М.: Горячая линия-Телеком, 2007
- 3 https://tr-page.yandex.ru/translate?lang=en-ru&url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FApplications_of_logistic_regression
- 4 Сарин К.С. Гибридные алгоритмы анализа данных на основе компактных и точных нечетких систем типа Такаги-Сугено. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томский Государственный Университет систем управления и радиоэлектроники. Томск, 2016.
- 5 Perspective of Applying Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (*ANFIS*) in Laser Cladding of Graphene-Metal Alloys. Hamed Sohrabpoor. Journal of Nanotechnology Nanomedicine & Nanobiotechnology.
- 6 Фёрстер Э., Рёнци Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. М.: Финансы и статистика, 1983.
- 7 Кравченко К.И., Минеева Т.А. Применение множественного коэффициента корреляции в решении экономических задач. // Тенденции развития науки и образования. 2022, Часть 2.

Жуков Константин Михайлович – инженер-программист 1 категории, АО «Обуховский завод», г.Санкт-Петербург.

Область научных интересов: релейная защита; численные методы; параллельное программирование; схемотехника.

E-mail: pos.mv@goz.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120

DATA RECOGNITION IN SERIAL COMMUNICATION CHANNELS BY MEANS OF APPROXIMATION USING *ANFIS* NETWORK

The article considers the possibility of using neural networks in problems of analysis of approximation coefficients and its use for data recognition of a noisy serial communication channel. An adaptive network of the *ANFIS* type with integration of 4 layers, developed in the C++ programming language, is presented. On synthetic data sets of both ideal and noisy signals, training and verification of the developed network were carried out. The efficiency of recognition of digital code signals for various code combinations containing 4 approximation coefficients is shown. The positive results of this study allow us to conclude that the use of neural networks for solving problems of analysis and recognition of serial channel signals is promising

Keywords: fuzzy systems; artificial neuron network; *ANFIS*; distortion; digital filtering; serial communication channel; approximation.

Zhukov Konstantin Mikhailovich - software engineer of the 1st category, JSC "Obukhov Plant", St. Petersburg

Research interests: numerical methods; concurrency of algorithms; relay protection algorithms, circuits

ДАЕТ ЛИ СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ОШИБКИ В 100 РАЗ? ОТВЕТ НА КРИТИЧЕСКУЮ СТАТЬЮ

Плясовских А.П.

Статья представляет собой ответ автора ранее опубликованной статьи на критические высказывания, представленные в предыдущем номере журнала.

Ключевые слова: научная проблема; специальная теория относительности; СТО; релятивистский эффект; теория аберрации; ход движущихся часов.

Предисловие

Автор настоящей заметки разработал альтернативную СТО теорию, истинность которой подтверждается двумя экспериментами. Эта теория называется «теорией аберрации» (от лат. *aberratio* – уклонение, удаление). Теория аберрации опубликована в научных монографиях на русском языке [1-6]. Монографии имеют соответствующие рецензии авторитетных докторов наук. Кроме того, теория аберрации опубликована в монографии на английском языке по решению «Научного и Технического совета» Ташкентского университета с соответствующими рецензиями докторов технических и физико-математических наук (на рисунке 1 представлена обложка монографии) [7].

Теория аберрации подтверждена двумя экспериментами. Первый эксперимент провели 100 ученых и инженеров г.Санкт-Петербурга в 2022 г. [8]. Статья 100 авторов, в которой опубликованы результаты эксперимента, получила широкий общественный резонанс, по версии «международного реестра достижений и рекордов» эта работа получила звание «Достояние нации». Получен соответствующий сертификат «Самый большой научный авторский коллектив, опровергающий специальную теорию относительности», которым награждается «научный коллектив по проведению эксперимента» [9-11].

Второй эксперимент, подтверждающий теорию аберрации, проведен учеными Национального института стандартов и технологий *NIST* в США, которые в течение более чем 14-ти лет наблюдали за одними из самых точных стандартов времени (часами) на нашей планете. Этот эксперимент проводился с ноября 1999 по октябрь 2014 гг. [12].

Зачем нужна теория аберрации, альтернативная СТО? В статье научного издания ВАК [13], а также во многих других публикациях об этом говорится ясно: *разные*



Рисунок 1 – Монография
«Теория аберрации» на
английском языке

способы расчета одной и той же величины при одних и тех же исходных данных в СТО приводят к разным, противоречащим друг другу результатам. При скоростях близких к скорости света, ошибки могут достигать 100 раз и более. Иначе говоря, значения величин, рассчитанные разными способами в СТО, могут отличаться друг от друга в сотни, тысячи раз. Это подобно тому, как если бы в геометрии разные формулы расчета площади треугольника давали бы значения, которые отличаются друг от друга в сотни раз. Это подобно тому, как если бы в воздушной навигации разные формулы расчета безопасной высоты самолета давали бы значения, которые отличаются друг от друга в сотни раз. СТО – это единственная из «точных» наук, в которой разные способы расчета одной и той же величины (при одинаковых условиях) приводят к значительно отличающимся друг от друга значениям.

Эта мысль и доносилась в статье «Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более» [14], которая подверглась критике [15].

Как это не покажется странным, мы выражаем автору признательность за его критическую заметку. Хотя бы потому, что благодаря ей больше людей обратят внимание на внутренние противоречия СТО и на ошибки, к которым она может приводить.

О критике

Теперь о самой критике. Не беремся судить о причинах, но критическая заметка изобилует, как принято говорить в научной среде, «неточностями», или попросту говоря ошибками.

Главная ошибка: автор критической заметки неточно передает мысли и положения, которые он критикует, и таким образом сильно искажает их. Вместо формул, которые приводятся в критикуемом источнике, он приводит совершенно другие формулы, которых там нет, и ложно утверждает, что эти формулы приводятся в критикуемой работе.

Чтобы не быть голословными, приведем конкретные ошибки критика.

В критикуемой статье [14] решается задача оценки наблюдаемого числа секунд n_1 по наблюдаемым через телескоп показаниям движущихся к наблюдателю часов за интервал времени Δt по неподвижным часам наблюдателя.

В качестве исходного тезиса приводится положение СТО: «Если наблюдать часы из системы, по отношению к которой они равномерно движутся со скоростью v , то окажется, что они идут в $1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$ раз медленнее, чем те же часы, неподвижные по отношению к этой системе» [16, с. 156].

На основании этого тезиса приводится формула

$$n_1 = \Delta t \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}, \quad (1)$$

где Δt – интервал времени, выраженный в секундах, по неподвижным часам наблюдателя;

n_1 – число перемещений секундной стрелки наблюдаемых движущихся часов, то есть по физической сути также интервал времени, выраженный в секундах.

В формуле (1) размерность правой части формулы [секунда], соответственно размерность левой части формулы также [секунда].

Физическая суть формулы (1) состоит в том, что она выражает число перемещений n_1 секундной стрелки или, что то же самое, число секунд наблюдаемых движущихся часов за интервал времени Δt (в секундах) неподвижных часов.

В критикуемой статье также принимается, что рядом с движущимися к наблюдателю часами движется вспыхивающая лампа, вспышки которой происходят раз в секунду, *синхронно с перемещением секундной стрелки*. Далее делается очевидный вывод о том, что в силу того, что движущаяся рядом с часами лампа вспыхивает синхронно с перемещениями секундной стрелки, то наблюдатель зафиксирует число вспышек лампы равное числу наблюдаемых секунд по движущимся часам n_1 .

В первой части критикуемой работы ставится задача найти число наблюдаемых через телескоп вспышек лампы, которая движется вместе с наблюдаемыми часами, причем вспышки происходят синхронно с перемещением (в моменты начала секунд) секундной стрелки часов. Для решения этой задачи используется известное положение СТО и формула СТО, которая в явном виде выглядит так

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}, \quad (2)$$

где $\Delta t'$ и Δt – соответственно интервал времени (число перемещений секундной стрелки или секунд), наблюдаемый по движущимся часам и интервал времени по неподвижным часам.

Для решения этой задачи определяется число наблюдаемых перемещений секундной стрелки движущихся часов $\Delta t'$ за интервал Δt , которое численно равно числу наблюдаемых вспышек n_1 , и таким образом находится число вспышек лампы за интервал времени Δt .

Теперь взглянем, что пишет критик по существу этой задачи.

Начало цитаты из работы критика [15]:

«В первом примере используется формула СТО для расчета снижения измеренной в системе отсчета неподвижного наблюдателя частоты источника сигнала, движущегося относительно него с релятивистской скоростью. Время движущегося источника замедлено, и его частота снижена для неподвижного наблюдателя пропорционально множителю Лоренца ...:

$$f_r = f_s \sqrt{1 - \beta^2}, \quad (3)$$

где f_r – частота, измеренная неподвижным приемником сигнала,

f_s – частота в собственной движущейся системе отсчета источника сигнала, движущегося относительно приемника со скоростью v ,

$\beta = v/c$ – отношение скорости источника сигнала v к скорости света c .

Согласно этой формуле, использованной автором для расчета (выделено мной – А.П.) в первом из примеров, для приведенной в примере скорости 0,99 c неподвижный приемник измеряет частоту, равную 0,141 от частоты источника сигнала, 8,46 импульсов в минуту. Однако это значение верно только для источника, не изменяющего расстояния до приемника в своем движении, например, движущегося под прямым углом к направлению на приемник» (конец цитаты).

Нетрудно заметить, что критик заменил формулу (1) на другую по смыслу формулу (3), в правой части формулы физическую величину «интервал времени» Δt подменил на другую по своей сути физическую величину «частота» f_s . Размерность

интервала времени [секунда], размерность частоты $\left[\frac{1}{\text{секунда}}\right]$. Аналогичная подмена сделана в левой части формулы (1).

Критик ввел читателя в заблуждение, написав, что автор статьи использовал для расчета формулу (3), а затем раскритиковал им же предложенный тезис, делая вывод о том, что «Неучтенный при расчете эффект Доплера дает при заданной скорости взаимного движения систем координат поправку в 100 раз, которую автор статьи и принимает за ошибку СТО» [15].

В качестве аргумента в поддержку этого вывода критик приводит *ошибочную* формулу, якобы СТО, для интервала времени, ссылаясь при этом на учебник по СТО Угарова [17]. Вот эта формула

$$\Delta t_r = \Delta t_s \frac{1 - \beta \cos \theta}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \quad (4)$$

Критик в работе не поясняет, что такое Δt_r и Δt_s . Можно только предположить, что это интервалы времени по движущимся и по неподвижным часам. Заметим, однако, что такой формулы нет ни в учебнике по СТО Угарова, ни в работах Эйнштейна. Критик снова вводит читателя в заблуждение.

Применительно к интервалам времени понятие эффекта Доплера неприменимо. В СТО (по крайней мере в работах Эйнштейна и общепризнанных учебниках по СТО) нет, и не может быть формул для интервалов времени, отсчитываемых по движущимся и неподвижным часам, учитывающих эффект Доплера. Их просто не существует.

Не приведя ни одной формулы из работы 100 авторов (а именно в формулах содержится вся «соль» и главная суть работы), не приведя ее главных выводов, не изложив суть описанного в работе эксперимента, критик, опираясь на свои ошибочные выводы, категорично написал: «Авторы [8] (список из 100 человек) не разделяют, путают и смешивают релятивистское замедление времени и эффект Доплера».

Выводы

Подчеркнем еще раз: по отношению к интервалам времени в СТО эффект Доплера не применим. Смешивать «интервал времени» и «частоту», заменить одно на другое, спутав тем самым «релятивистское замедление времени и эффект Доплера», удалось как раз критику (см. формулы (1) и (2)), но не 100 ученым и инженерам.

Литература

- 1 Плясовских А.П. Теория абберации. Первая теория, альтернативная специальной теории относительности [Электронный ресурс]. М.: Знание-М, 2023. 503 с.
- 2 Плясовских А.П. Теория абберации – первая теория, альтернативная специальной теории относительности : популярное изложение : [Электронный ресурс] / А. П. Плясовских. Москва : Знание-М, 2023. 55 с.
- 3 Плясовских А.П. Теория абберации – альтернатива специальной теории относительности М.: Знание-М, 2023. 498 с.
- 4 Плясовских А.П. (2023). Теория абберации – первая теория, альтернативная специальной теории относительности. Популярное краткое изложение. Zenodo.
- 5 Плясовских А.П. (2023). Теория абберации – первая теория, альтернативная специальной теории относительности. Сокращенное изложение. Zenodo.

6 Плясовских А.П. (2023). Теория аберрации. Научно-популярное изложение. Zenodo.

7 Plyasovskih A.P. Eshmuradov D.E. Theory of aberration – an alternative to the special theory of relativity. – Tashkent.: «Fan va texnologiyalar mashriyot-matbaa uyi» 2024, 432 p.

8 Плясовских А.П. и др. Эксперимент по измерению наблюдаемого темпа хода движущихся часов //Автоматика и программная инженерия. 2022. № 4(42).

9 Российские ученые опровергли специальную теорию относительности Эйнштейна <https://bloknot.ru/nauka/rossijskie-ucheny-e-oprovergli-spetsial-nuyu-teoriyu-otnositel-nosti-e-jnshtejna-1061085.html>

10 Российские ученые опровергли специальную теорию относительности Эйнштейна <https://www.ecopravda.ru/nauka/rossijskie-ucheny-e-oprovergli-spetsialnuyu-teoriyu-otnositelnosti-e-jnshtejna/>

11 Ученые из России опровергли специальную теорию относительности Эйнштейна <https://actualnews.org/exclusive/458600-ucheny-e-iz-rossii-oprovergli-specialnuju-teoriju-otnositelnosti-je-jnshtejna.html>

12 Плясовских А.П. Точнейший эксперимент, опровергающий специальную теории относительности // Современные научные исследования и инновации. 2023. №9(149).

13 Плясовских А.П. К вопросу использования формул специальной теории относительности в спутниковой навигации // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2023. №43. С. 136-144.

14 Плясовских А.П. Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2023. № 11(19). С.134-147.

15 Белянкин П.В. Ошибок в Специальной теории относительности не обнаружено // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2023. № 13(21). С.136-139.

16 Эйнштейн А. Принцип относительности и его следствия в современной физике // Собр. науч. тр. Т. 1. М.: Наука. 1965. С.138-164.

17 Угаров В.А. Специальная теория относительности. М.:Наука, 1977. 250 с.

Плясовских Александр Петрович – доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А.Новикова, г.Санкт-Петербург.

Область научных интересов: навигация и управление воздушным движением, аэронавигация, радионавигация, теория относительности, теория аберрации

E-mail: al.plyasovskih@yandex.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

DOES THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY GIVE AN ERROR OF 100 TIMES? REPLY TO CRITICAL ARTICLE

The article is a response from the author of previously published material to critical state-

ments published in the previous issue of the journal.

Key words: scientific problem; special theory of relativity; relativistic effect; aberration theory; progress of a moving clock.

Plyasovskikh Alexander Petrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A.Novikov, St. Petersburg.

Area of scientific interests: navigation and air traffic control, air navigation, radio navigation, theory of relativity, theory of aberration

КРИТИКА СТАТЬИ «СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ДАЕТ ОШИБКИ В 100 РАЗ И БОЛЕЕ»

Кривошеев А.В.

В работе проведен критический анализ как используемой в статье Плясовских А.П. «Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более» библиографии, так и корректности выполнения статистических оценок при описании физического эксперимента, в частности доказательства статистической значимости выдвинутой им нулевой гипотезы, которая “опровергает” СТО.

Ключевые слова: авиация; космонавтика; навигация; специальная теория относительности; СТО; спутниковая навигационная система; теория абберации; эксперимент; экспериментальное опровержение СТО; критика СТО.

Введение

В статье [26, с.134-147] д.т.н. Плясовских А.П. «Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более» приведена резкая критика специальной теории относительности. Приводится следующий умозрительный эксперимент: «...Наблюдатель, расположенный в начале координат, с использованием гипотетического телескопа следит за ходом секундной стрелки движущихся к нему часов. Показания секундной стрелки меняются дискретно в моменты начала очередной секунды. Рядом с часами движется вспыхивающая лампа, вспышки которой происходят раз в секунду, синхронно с перемещением секундной стрелки (рисунок 1,а). Сколько вспышек движущейся к наблюдателю лампы он зафиксирует за одну минуту, если учесть, что через телескоп наблюдатель будет видеть одну вспышку одновременно с изменением показаний секундной стрелки на одну секунду? Для решения задачи нужно использовать следующее положение СТО:

«Если наблюдать часы из системы, по отношению к которой они равномерно движутся со скоростью v , то окажется, что они идут в $1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ раз медленнее, чем те же часы, неподвижные по отношению к этой системе» [3, с. 156].

Решая эту задачу, можно получить, что за интервал времени Δt по своим часам наблюдатель через телескоп зафиксирует

$$n_1 = \Delta t \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \text{ вспышек.} \quad (1)$$

Например, при скорости 0,99 скорости света наблюдатель за одну минуту, то есть при Δt , равном 60 секунд, зафиксирует в среднем

$$n_1 = 60 \cdot \sqrt{1 - 0.99^2} = 8,46 \text{ вспышек.}$$

...» [26, с. 135]

Рисунки, приведенные далее, аналогичны рисункам в статье [26, с. 136].

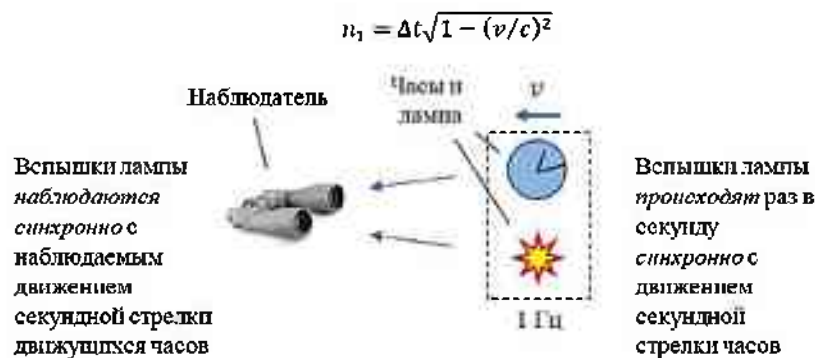


Рисунок 1, а – Определение числа вспышек лампы n_1 , вспыхивающей синхронно с ходом секунд часов, за время Δt . Наблюдение за показаниями секундной стрелки движущихся часов и за вспышками лампы ведется с помощью гипотетического телескопа

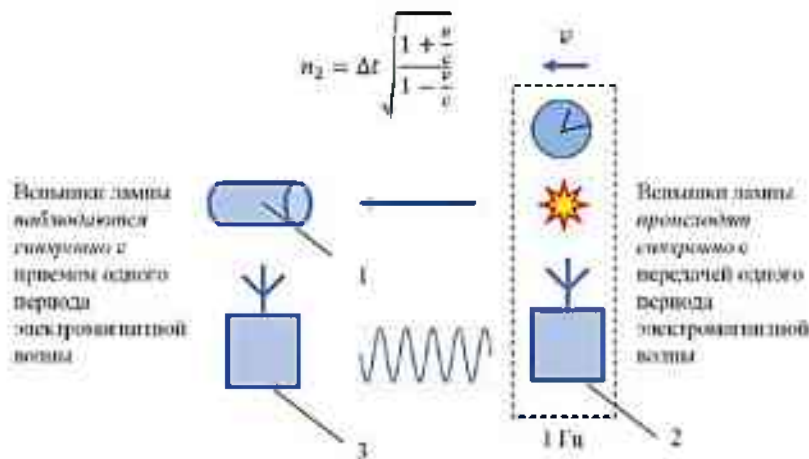


Рисунок 1, б – Определение числа вспышек n_1 лампы, вспыхивающей синхронно с ходом секунд часов, за время Δt : 1 – фотодетектор; 2 – передатчик электромагнитных волн; 3 – приемник электромагнитных волн. Вспышки лампы регистрируются фотодетектором синхронно с приемом одного периода электромагнитной волны

Далее автор рассматривает аналогичную задачу, но вместе с лампой дополнительно движется передатчик электромагнитных волн, который передает волны с частотой 1 Гц (рисунок 1,б). Для ее решения автор предлагает использовать формулу Доплера [5, с. 250]

$$\nu = \nu_0 \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} \quad (2)$$

где ν_0 – частота передаваемой электромагнитной волны, равная 1 Гц,
 ν – частота принимаемой электромагнитной волны,
 $\frac{v}{c}$ – отношение скорости передатчика к скорости света.

При использовании этой формулы наблюдатель зафиксирует за минуту 846 вспышек. По мнению автора, расхождение в расчетах в 100 раз означает противоречивость СТО: «...иначе говоря, СТО внутренне противоречива, поскольку разные формулы СТО, используемые для расчета одной и той же физической величины, дают разные результаты. Какие-то из ее формул неизбежно являются ошибочными...» [26, с.138].

В данной статье будут показаны неправомерность применения формулы (1) для оценки наблюдений с использованием «гипотетического телескопа» в рамках рассмотренной задачи и отсутствие противоречий СТО в ее решении.

Отдельно стоит отметить задачу о расчете физической величины «наблюдаемая длина линейки» [26, с. 139]. Автор находит противоречие между формулой из [4, с. 548] и формулой из [13, с. 1091]. При этом это противоречие разъяснено сразу под вырванной из контекста формулой: «...Чем ближе стержень приближается к наблюдателю, тем он кажется длиннее, а не короче. Этот результат некоторые авторы выражают словами "невидимость сокращения Лоренца"».

Причиной такого различия являются конечная скорость света и связанное с этим запаздывание сигналов, а также выбранный способ наблюдения. Длина стержня ab в СТО определяется как расстояние между его концами a и b , причем координаты точек a и b должны быть измерены одновременно. Если удаленный наблюдатель следит за движением стержня, то он видит разные точки стержня в положениях, отвечающих разным моментам времени...» [13, с. 1091].

1 Некорректность использования источников

В данной работе используются абсолютно те же источники, что и в [26], кроме [26-31]. Книги [6-12] Александр Петрович использует лишь для упоминания использования СТО в системах навигации. С ним стоит согласиться в том, что ошибки работы этих систем могут привести к катастрофическим последствиям. Далее эти источники не используются автором [26]. Из [1-5] и [13] им вырываются из контекста некоторые формулы и определения, с целью выставить СТО ошибочной.

Для того чтобы показать логическую ошибку автора, в данной статье необходимо прибегнуть к обширному цитированию СТО. Для начала обратимся к определению Эйнштейном понятия «время»:

«...Если в точке A пространства помещены часы, то наблюдатель, находящийся в A , может устанавливать время событий в непосредственной близости от A путем наблюдения одновременных с этими событиями положений стрелок часов. Если в другой точке B пространства также имеются часы (мы добавим «точно такие же часы, как в точке A »), то в непосредственной близости от B тоже возможна временная оценка событий находящимся в B наблюдателем. Однако невозможно без дальнейших предположений сравнивать во времени какое-либо событие в A с событием в B ;

Мы определили пока только « A -время» и « B -время», но не общее время для A и B «время». Последнее можно установить, вводя определение, что «время», необходимое для прохождения света из A в B , равно «времени», требуемому для прохождения света из B в A ...» [1, с. 9] «...Таким образом, пользуясь некоторыми (мысленными) физическими экспериментами, мы установили, что нужно понимать под синхронно идущими, находящимися в различных местах покоящимися часами, и благодаря это-

му, очевидно, достигли определения понятий: «одновременность» и «время». «Время» события – это одновременное с событием показание покоящихся часов, которые находятся в месте события и которые идут синхронно с некоторыми покоящимися часами при всех определениях времени... Существенным является то, что мы определили время с помощью покоящихся часов в покоящейся системе; будем называть это время, принадлежащее к покоящейся системе, «временем покоящейся системы»...» [1, с. 10].

Здесь четко определено, что для оценки показаний часов, наблюдатель должен находиться в непосредственной близости рядом с ними. Теперь обратимся к примеру, откуда вытекает формула (1):

«...Представим себе, далее, что часы, находясь в покое относительно покоящейся системы, показывают время t , а, находясь в покое относительно движущейся системы, показывают время τ . Пусть они помещены в начале координат системы k . Как быстро идут эти часы при рассмотрении покоящейся системы?

Величины x, t, τ , относящиеся к месту, в котором находятся эти часы, очевидно, связаны соотношениями

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/V)^2}} \cdot \left(t - \frac{v}{V^2} \cdot x \right)$$

и

$$x = v \cdot t.$$

Таким образом,

$$\tau = t \cdot \sqrt{1 - (v/V)^2} = t - \left(1 - \sqrt{1 - (v/V)^2} \right) \cdot t$$

откуда следует, что показание часов (наблюдаемое из покоящейся системы) отстает в секунду на

$$\left(1 - \sqrt{1 - (v/V)^2} \right) \text{ сек},$$

или, с точностью до величин четвертого и высших порядков, на

$$\frac{1}{2} t (v^2/V^2) \text{ сек}.$$

Отсюда вытекает своеобразное следствие. Если в точках A и B системы K помещены покоящиеся синхронно идущие часы, наблюдаемые в покоящейся системе, и если часы из точки A двигать по линии, соединяющей ее с B , в сторону последней со скоростью v , то по прибытии этих часов в B они уже не будут более идти синхронно с часами в B ... Если в точке A находятся двое синхронно идущих часов и мы перемещаем один из них по замкнутой кривой с постоянной скоростью до тех пор, пока они не вернутся в A (на что потребуется, скажем, t сек), то эти часы по прибытии в A будут отставать по сравнению с часами, остававшимися неподвижными, на $\frac{1}{2} t (v^2/V^2)$ сек. ...» [1, с. 19].

Следует отметить, что последнее упрощение подходит лишь для малых скоростей v , а $V = c$ (скорость света). Также отметим, что формула (1) справедлива для наблюдения движущихся часов в точке наблюдателя. Еще более однозначно эта ситуация описана в учебнике по теории поля:

«...Пусть относительно инерциальной системы отсчета К движутся прямолинейно и равномерно другие часы. Система отсчета К' связанная с этими последними, тоже инерциальная. Тогда часы в системе К' с точки зрения наблюдателя в системе К отстают по сравнению с его часами. И наоборот, с точки зрения системы К' отстают часы в системе К. Убедиться в отсутствии какого-либо противоречия можно, обратив внимание на следующее обстоятельство. Для того чтобы установить, что часы в системе К' отстают относительно часов в системе К, надо поступить следующим образом. Пусть в некоторый момент времени часы в К' пролетают мимо часов в К, и в этот момент показания обоих часов совпадают. Для сравнения хода часов в К и К' надо вновь сравнить показания тех же движущихся часов в К' с часами в К. Но теперь мы уже сравниваем эти часы с другими часами в К – с теми, мимо которых часы в К' пролетают в другой момент. При этом обнаружится, что часы в К' будут отставать по сравнению с часами в К, с которыми они сравниваются. Мы видим, что для сравнения хода часов в двух системах отсчета необходимы несколько часов в одной системе и одни в другой. Поэтому этот процесс не симметричен по отношению к обеим системам. Всегда окажутся отстающими те часы, которые сравниваются с разными часами в другой системе отсчета.

Если же имеются двое часов, из которых одни описывают замкнутую траекторию, возвращаясь в исходное место (к неподвижным часам), то окажутся отстающими именно движущиеся часы (по сравнению с неподвижными). Обратное рассуждение, в котором движущиеся часы рассматривались бы как неподвижные, теперь невозможно, так как часы, описывающие замкнутую траекторию, не движутся равномерно и прямолинейно, а потому связанная с ними система отсчета не является инерциальной.

Поскольку законы природы одинаковы только в инерциальных системах отсчета, то системы отсчета, связанные с неподвижными часами (инерциальная система) и с движущимися (неинерциальная), обладают разными свойствами, и рассуждение, приводящее к результату, что покоящиеся часы должны оказаться отстающими, неправильно...» [25, с. 23-24].

Таким образом, становится очевидно, что в статье [26, с. 135] критик СТО неправомерно использовал формулу (1), выдернув ее из контекста. Использовать ее для оценки наблюдений показаний часов через гипотетический телескоп некорректно.

2 Решение задачи

Чтобы устранить «противоречие» СТО, опишем условия более подробно. В неподвижной относительно движущихся лампы с часами инерциальной системе отсчета установим расстояние между ними и наблюдателем (его мы назовем наблюдателем Б) в начальный момент 8,375 световых секунд. Поместим в точку с лампой еще одного неподвижного наблюдателя (его мы назовем наблюдателем А), часы которого синхронизированы с наблюдателем Б. В начальный момент часы с лампой пролетают мимо наблюдателя А в сторону наблюдателя Б. Наблюдатель А видит показания летящих часов как ноль секунд, что совпадает с часами наблюдателя А. В этот же момент лампа производит первую вспышку света, и запускается отсчет времени на всех часах. Через 8,375 секунды по движущимся часам первая вспышка света достигнет наблюдателя Б. По часам наблюдателя Б будет идти уже шестидесятая секунда, счетчик вспышек покажет значение 1. Но часы наблюдателя А с точки зрения наблюдате-

ля Б только начнут отсчет. Через 8,46 секунды по движущимся часам они достигнут наблюдателя Б, который убедится, что они показывают 8,46 секунд. Счетчик вспышек наблюдателя Б уже показывает 8 (отличается от 8,46 из-за дискретности времени между вспышками в 1 секунду по движущимся часам), а его часы показывают 60 секунд. Следует отметить, что расстояние между неподвижными наблюдателями в их инерциальной системе отсчета будет 59,4 секунды.

В ИСО подвижных часов разница времени между достижением двух вспышек наблюдателя Б составит 0,01 секунды, т.е. частота вспышек 100 Гц. В ИСО наблюдателя Б это 14,1 Гц. За минуту с такой частотой наблюдатель Б насчитает $14,1 \cdot 60 = 846$ вспышек. Но что для этого нужно? Для этого нужно чтобы лампа их произвела, а для этого требуется 846 секунд в ИСО лампы. Для этого необходимо расположить точку старта подвижных часов с лампой и наблюдателя А на расстоянии в 846 световых секунд от наблюдателя Б в ИСО подвижных часов, т.е. 6000 световых секунд в ИСО наблюдателей. Т.е. за одну минуту по своим часам наблюдатель Б зарегистрирует 846 вспышек лампы, но эта первая вспышка должна была быть произведена 6000 секунд назад по часам наблюдателей. Все 846 вспышек наблюдатель Б увидит в последнюю минуту из 100. В течение 99 минут он не будет наблюдать ни вспышек, ни изменений нулевых показаний подвижных часов и часов наблюдателя А. Если поделить 6000 секунд на 60 секунд, получается как раз 100 раз, которые так удивили автора статьи [26].

3 Некорректность анализа результатов эксперимента

К сожалению, в публикации о натурном эксперименте [14], проведенном под руководством Александра Петровича, не описана точность измерений. Но имеется возможность оценить ее из приведенных статистических данных. Внимательный анализ гистограммы погрешности измерения [14, с. 58] показывает, что результаты измерения величины ускорения (замедления) наблюдаемого хода времени движущихся часов отклоняются от оценки математического ожидания более чем на четыре σ (среднее квадратическое отклонение оценки, максимальное $1,22E-09$ в строке 16 таблицы 4 [14, с. 60]) не менее чем в 15 процентах случаев, что не характерно для нормального распределения. Как такое могло получиться? Все становится на свои места, если обратить внимание на формулу расчета среднего квадратического отклонения оценки [14, с. 54]

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{D}{n}}.$$

Хотя должно быть [27, с.8]

$$\sigma_m = \sqrt{D}.$$

Тем самым значительно переоценена (приблизительно в шесть раз) точность результатов проведенного эксперимента.

Проведем некоторые простые преобразования формулы (2):

$$v = v_0 \cdot \sqrt{\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}} = v_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right)^{-\frac{1}{2}} = v_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right)^{-1}.$$

Упрощая, далее получим

$$v = v_0 \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{1 - \frac{v}{c}}. \quad (3)$$

В числителе отражается релятивистское влияние на эффект Доплера. Для малых скоростей получим формулу эффекта Доплера для классической механики:

$$\nu = \nu_0 \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}. \quad (4)$$

Обратим внимание на сформулированную в эксперименте гипотезу «... в математической форме нулевая гипотеза записывается так:

$$m_q = \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}.$$

Другими словами, нулевая гипотеза представляет собой утверждение: истинное математическое ожидание отношения $(\Delta t_{\text{набл}}/\Delta t_{\text{ист}})$, то есть левой части выражения (5), равно $\frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$, то есть правой части (5).

Альтернативная гипотеза (H1) представляет собой утверждение: истинное математическое ожидание случайной величины Q не равно $\frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$, то есть правой части (5).

Попросту говоря, альтернативная гипотеза (H1) состоит в том, что выражение (5) недостоверно, ложно. Если будет отброшена нулевая гипотеза, то будет принята альтернативная гипотеза...» [14, с. 54]. То есть эксперимент представляет собой проверку эффекта Доплера в классической механике для частоты сигнала 1 Гц, в нём никак не отражена возможность доказать влияние СТО.

Мог ли эксперимент показать ее влияние при правильной постановке нулевой и альтернативной гипотезы? Для максимальной скорости самолета в 240 м/с, представленной в эксперименте отношение $\frac{v}{c} = 0,0000008$. В числителе формулы (3) получим 0,999999999996799, что отличается от единицы только тринадцатым знаком после запятой (3Е-13). Более того, это влияние будет уменьшено за счет влияния общей теории относительности, так как источник (самолет) находится дальше от земли, чем приемник [29]. Но, даже пренебрегая этим и занижением среднего квадратического отклонения оценки до 10^{-9} , некорректно пытаться обнаружить влияние СТО порядка 10^{-13} .

Отдельно стоит отметить следующий факт: в работе [14] не указано, на чем базировались данные АЗН-В в эксперименте, на данных спутников *GPS/GLONASS* (в них используется СТО и ОТО для согласования времени на спутниках и на земле) или на данных инерциальной навигационной системы самолета (точность гораздо ниже). Если в эксперименте использовались спутники *GPS/GLONASS*, то он не корректен еще и тем, что СТО косвенно была использована для опровержения самой себя.

4 Как эксперимент должен был быть поставлен?

Следует отметить, что такой эксперимент должен учитывать влияние не только СТО, но и общей теории относительности [31] (опубликована в 1915 году).

В 1971 году (за 50 лет до публикации [14]) такой опыт уже был поставлен [29, с.166-168]. Комплект из 4-х цезиевых атомных часов облетел вокруг света на восток, далее их показания были сравнены с часами, которые остались на земле. После процедура была повторена для кругосветного полета в направлении на запад. Общий вклад СТО и ОТО в разнице показаний часов после полета по прогнозам составлял -40 ± 23 наносекунды, при фактически измеренных -59 ± 10 наносекундах после полета

на восток. Общий вклад СТО и ОТО в разнице показаний часов после полета по прогнозам составлял $+275 \pm 21$ наносекунды, при фактически измеренных $+273 \pm 7$ наносекундах после полета на запад. Длительность полетов в обоих случаях составляла более 40 часов в воздухе (что обеспечивает на пять порядков большую точность, чем наблюдение по одной секунде). Как видно из опыта, предсказания СТО и ОТО хорошо сходятся с результатами качественного эксперимента.

5 Об апелляции к авторитетам

Список авторов работы [14] включает 100 человек, из которых 48 инженеров, 20 аспирантов, 24 кандидата наук (в том числе технических, экономических, педагогических, исторических, военных и физико-математических наук), 8 докторов технических наук (среди которых 2 заслуженных деятеля науки РФ). Чтобы читатель мог избежать заблуждения апелляции к авторитету («разве могут 100 ученых ошибаться?»), в данной статье применяется тот же прием (хотя вообще говоря, это антинаучно). СТО имеет УДК, относящийся к физико-математическим наукам. Из списка авторов [14] ученую степень в данной области имеет лишь к.ф.-м.н. Ключин Ярослав Григорьевич.

СТО была разработана нобелевским лауреатом по физике Альбертом Эйнштейном на основе преобразований нобелевского лауреата по физике Хендрика Лоренца и доработанных одним из величайших математиков всех времён Анри Пуанкаре. Свои труды по СТО публиковали нобелевские лауреаты по физике Вольфганг Паули [30] и Лев Давидович Ландау [25].

С резкой критикой в адрес противников теории относительности выступал нобелевский лауреат по физике Петр Леонидович Капица:

«...И, несмотря на это, к нам в редакцию «Журнала экспериментальной и теоретической физики» и по сей день поступают статьи с попытками опровергнуть справедливость теории относительности. В наши дни такие статьи даже не рассматриваются, как явно антинаучные. Это второй пример того, как Ланжевен 50 лет тому назад пошел передовым и правильным путем в физике...» [28, с. 201].

Представим себе гипотетическую конференцию представления эксперимента [14] разработчикам и сторонникам СТО. Достаточно ли будет одного компетентного кандидата наук, чтобы убедить 5 нобелевских лауреатов по физике и одного из величайших математиков всех времён в том, что СТО ошибочна?

Заключение

По результатам анализа статьи [26] и ссылочного для нее эксперимента [14] становится понятно, что статистически значимые результаты гипотезы, опровергающей одну из ключевых теорий фундаментальной физики, были получены неверно, сама СТО истолкована некорректно – вырваны слова из её контекста и поставлены умозрительные эксперименты, не позволяющие обнаружить влияние СТО, ибо точность измерений явно недостаточна для отражения ее эффектов.

Литература

- 1 Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел // Собр. науч. тр. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 7-35.
- 2 Эйнштейн А. О возможности нового доказательства принципа относительности // Собр. науч. тр. Т. 1. М., Наука, 1965. С. 49-50.
- 3 Эйнштейн А. Принцип относительности и его следствия в современной физике // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука. 1965. С. 138-164.
- 4 Эйнштейн А. О специальной и общей теории относительности // Собр. науч. тр. Т. 1. М., Наука. 1965. С. 530-600.
- 5 Угаров В. А. Специальная теория относительности. М.: Наука, 1977.
- 6 Тяпкин В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС: монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. 260 с.
- 7 Ashby, N. Relativity in GNSS. In: Ashtekar, A., Petkov, V. (eds) Springer Handbook of Spacetime. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41992-8_24]
- 8 Fidalgo, J. "LIFELINE: Feasibility Study of Space-Based Relativistic Positioning System / Fidalgo, J., Melis, S., Kosti, U., Delva, P., Mendes, L., Prieto-Cerdeira, R. // " Proceedings of the 34th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2021), St. Louis, Missouri, September 2021, pp. 3979-3989. <https://doi.org/10.33012/2021.18140>
- 9 Global Positioning System: Theory and Application / Edited by B.W. Parkinson, J.J. Spilker Jr. – AIAA. Inc., Washington, vol. 1, 1996.
- 10 Kouba, J. Relativity effects of Galileo passive hydrogen maser satellite clocks. GPS Solut 23, 117 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0910-7>
- 11 Mudrak, A. Relativistic Corrections in the European GNSS Galileo / Mudrak, A., De Simone, P. & Lisi, M // Aerotec. MissiliSpaz. 94, 2015. С. 139-144 (2015).
- 12 Understanding GPS: Principles and Applications / Ed. by E D. Kaplan. Aitech House, Inc., Norwood, Massachusetts, 1996. [<https://doi.org/10.1007/BF03404697>]
- 13 Болотовский Б. М., Малыкин Г. Б. Видимая форма движущихся тел // Успехи физических наук. 2019. Т. 189. № 10. С. 1084-1103.
- 14 Плясовских А.П. и другие. Эксперимент по измерению наблюдаемого темпа хода движущихся часов // Автоматика и программная инженерия. 2022. №4(42).
- 15 Плясовских А.П. Эксперимент, результаты которого противоречат специальной теории относительности // Современные научные исследования и инновации. 2023. № 1.
- 16 Плясовских А.П. О возможности движения тел со сверхсветовой скоростью. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2021. 152 с.
- 17 Плясовских А.П. Закон aberrации и его приложения в навигации и управлении воздушным движением. М.: Знание-М, 2022. 70 с.
- 18 Плясовских А.П. К вопросу aberrации при продольном движении матери-

альной точки относительно наблюдателя // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 2.

19 Плясовских А.П. Теория реальности, альтернативная специальной теории относительности // Современные научные исследования и инновации 2021. № 11.

20 Плясовских А. П. О законе абберации // Естественнаучный журнал «Точная наука». 2022. № 131. С. 30-42.

21 Плясовских А.П. Почему в теории реальности нет парадокса близнецов // Современные научные исследования и инновации. 2021. № 12.

22 Плясовских А.П. Теория реальности. В чем она превосходит специальную теорию относительности // Естественнаучный журнал «Точная наука». 2021. №120.

23 Plyasovskikh A.P. et al. The using of special relativity in navigation and ATC // International Scientific Journal "Science and Innovation". Series A. Volume 2 Issue 2. 07.02.2023. P. 46-61.

24 Plyasovskikh A.P. Eshmuradov D. E. Experiment on measuring the observed rate of a moving clock // International Scientific Journal "Science and Innovation". Series A. Volume 2 Issue 3. 24.03.2023. P. 169-188.

25 Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. II. Теория поля. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 536 с.

26 Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей» 2023. №11(19). С. 134-147.

27 Шапорев С.Д. Прикладная статистика: Учебное пособие. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т., 2003.

28 Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. М.: Наука, 1974.

29 J.C. Hafele and Richard E. Keating Around-the-World Atomic Clocks // Science, New Series, Vol. 177, No. 4044 Jul. 14, 1972. - P. 166-168.

30 Паули Вольфганг. Теория относительности: пер. с нем. / 3-е изд. Испр. – Москва: Наука, 1991.

31 Эйнштейн А. Теория относительности // Собр. науч. тр. Т. I. М.: Наука, 1965. С. 410-451.

Кривошеев Андрей Викторович – ведущий инженер-программист станков с ПУ, АО «Обуховский завод», г.Санкт-Петербург.

Область научных интересов: металлообработка.

E-mail: pro_milling@mail.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

CRITICISM OF THE ARTICLE “SPECIAL RELATIVITY GIVES ERRORS OF 100 TIMES AND MORE”

This article was written to protect the impeccable reputation of the editorial board of the journal “Radio Navigation and Time” from criticism from the scientific community. The work examines in detail the falsification of bibliographic research in the article “Special rel-

ativity gives errors of 100 times and more” by Doctor of Technical Sciences Plyasovskikh A.P. and subsequent errors resulting from this. An analysis of the physical experiment to which Plyasovskikh Alexander Petrovich refers in his article was carried out. It is shown how, despite all the errors, in the end, evidence was obtained of the statistical significance of the null hypothesis put forward by him, which “refutes” the SRT.

Keywords: aviation; astronautics; navigation; special theory of relativity; satellite navigation system; aberration theory; experiment; experimental refutation of SRT; criticism of SRT.

Krivosheev Andrei Viktorovich – leading engineer CNC programmer, JSC “Obukhovsky plant”, St. Petersburg.

Research interests: metalworking.

РАЗМЫШЛЕНИЯ О ВОЛНАХ, НАУЧНЫХ КУМИРАХ, ТЕРМИНАХ И ФИЗИКЕ С МАТЕМАТИКОЙ

Сайбель А.Г.

Статья посвящена филологическому анализу вековой научной дискуссии, построенной вокруг специальной теории относительности. Предлагаются варианты трактовки ключевых терминов, а также сопоставляются физический и математический подходы к решению прикладных задач.

Ключевые слова: волны; релятивизм; относительность; терминология.

Учебная литература содержит ответы на многие вопросы, но к удивлению людей, продолжающих учиться в течение всей сознательной жизни, оказывается, что не всегда все так очевидно, как в школьном учебнике, и в научном мире есть большое число вопросов, вызывающих неизменный повторный интерес на протяженных интервалах времени.

Статья доктора технических наук Плясовских А.П., посвященная исследованиям аберрации наблюдаемой реальности и являющаяся продолжением цикла статей [1-3], резонансом отозвалась среди читателей. Самое интересное, что активность проявили сотрудники, сфера профессионального интереса которых напрямую не имеет отношения к теме научной дискуссии.

Защищая А.Эйнштейна от нападок Плясовских А.П., волонтеры-адвокаты невольно обвинили в некомпетентности и самого защищаемого. Несложно удостовериться, что труды К.Доплера написаны задолго до рождения Эйнштейна. И попытки указать автору статьи «Специальная теория относительности дает ошибки в 100 раз и более» на неучет доплеровского эффекта можно адресовать и самому защищаемому.

Почему же к положениям, высказанным 26-летним патентоведом в лейпцигском журнале «*Annalen der Physik*», и через сто лет не пропадает интерес? Почему статья никому не известного автора из Берна сразу же после опубликования в 1905 г. периферийным немецким научным журналом была полностью передана трансатлантическим телеграфом в газету «Нью-Йорк Таймс»? Почему к положениям статьи «К электродинамике движущихся тел» постоянно обращаются многие исследователи? Наверное, этот вопрос является главным для вдумчивого исследователя и поиск ответа на него должен занять основные силы. Но в подтверждение эффекта Даннинга-Крюгера²⁴, регулярно можно наблюдать смелые попытки энергичных авторов высту-

²⁴ Так называемый эффект метакогнитивного искажения, которое возникает, когда человек, имеющий низкий уровень компетенции в какой-либо теме, начинает мнить себя знатком этой темы, при этом он делает ошибочные выводы и принимает неудачные решения, но не осознает своих ошибок из-за неполноты знаний, умения и навыков, приходя к ложному определению пределов компетенции и завышенному представлению о своих способностях. Высококвалифицированные люди, наоборот, склонны занижать оценку своих способностей и стра-

пить в защиту СТО, повторно используя давно известную аргументацию.

Рубрика «Дискуссионная трибуна» в журнале появилась с целью привлечения внимания к вопросам, имеющим неоднозначную трактовку и различные видения путей исследования у разных авторов. В науке это именуется как конкурирующие научные школы. При этом совсем не обязательно, что одна из школ права.

СТО привлекла к себе внимание сразу и надолго. Современные поколения россиян изучали ее в курсе школьной физики. И мало кто понимал, что это значит. Хотя фантастические произведения, сюжет которых построен на парадоксе близнецов, всегда привлекали внимание широкой аудитории любителей фантастики. Остроумные любители физики при этом указывали, что вернувшегося брата легко опознать по сплюснутости.

Рассмотрим широко известную ситуацию сравнения результатов участников спортивных соревнований по бегу. Отставание участников забега определяется на финише по разнице времен пересечения контрольной линии. Но на финише бегуны были не одновременно, зритель не мог видеть, как ОНИ пересекают финишную черту. Он видел, как пересек черту первый бегун, а в следующий момент – второй. Т.е. наблюдения не являются одновременными. Разрыва времени, полученного на финише, не возникало ни в один момент времени забега: когда первый завершил дистанцию, отставание второго было в метрах, а не в секундах; а когда завершил второй – первый уже не бежал.

Такое тонкое разбирательство в акцентах ситуации является непременным условием корректности как исследования хода двух часов, так и любой другой научной задачи.

В контексте обсуждаемой дискуссии необходимо тщательно разобраться с терминологией, в первую очередь, затронув такое понятие, как время.

Это слово мы употребляем в различных смыслах. И как характеристику единичного события, например, положения стрелок хронометра, и как протяженность события, и как переменный параметр длящегося процесса, и как показатель положения конкретного события в последовательности множества событий. С этим существительным соседствуют различные прилагательные и местоимения: астрономическое, точное, единое, московское, детское, наше, мое, которые зачастую превращают составной термин в идиому. Его согласуют и уточняют, корректируют и сверяют, раздают и теряют. Оно может быть услугой и даже товаром [4].

В начале XIX века точное время в Англии можно было узнать только в одном месте – в Королевской обсерватории в Гринвиче, где астрономы выставляли время по небесным светилам. Джон Генри Бельвиль был одним из ассистентов Королевской

дать от недостаточной уверенности в своих силах, считая других более компетентными. Иллюстрируется графиком зависимости уверенности от мудрости, представляющим полторы волны – рост от нуля к «пику глупости» с последующим резким спуском «в долину отчаяния», переходящий к росту на «склоне просветления» и стремящийся к «плато стабильности».

обсерватории. Он заметил, что люди специально приходили и сверяли время, несмотря на то, что ехать им приходилось на холм в Гринвич-парке, который находился на приличном расстоянии от Лондона. Тогда Джон понял, что если люди тратят столько времени, чтобы дойти до обсерватории, то почему бы не предложить им услугу по продаже времени от человека, который готов сам до них дойти. Бельвиль начал раз в неделю ездить в Лондон к своим клиентам с точным временем. У Джона был карманный хронометр [5].

Часть денег предприниматель по договору отдавал обсерватории, а часть оставлял себе. До самой своей смерти каждое утро Бельвиль отправлялся в обсерваторию, а потом начинал объезд клиентов. Потом его дело продолжила вдова Мария Элизабет, а после нее продажей времени занялась Рут Бельвиль. Именно Рут получила известность как «леди Времени» или «Леди Гринвич». Каждый день девушка посещала обсерваторию, сверяла свои часы с астрономическими, получала сертификат с подписью главного астронома о подлинности и разносила время своим клиентам.

В 1926 году радиостанция BBC начала передачу сигналов точного времени. Однако даже после того, как радио получило широкое распространение, Рут все равно продолжала работать до 1940 года. Клиентов у нее оставалось не так много. После начала Второй мировой войны она закрыла свой бизнес. Рут была уже недостаточно молода и здорова, чтобы навещать каждого, кто нуждался в ее услугах. Тем не менее, ее бывшие клиенты продолжали помогать женщине материально. А в 2008 году Британский Государственный музей Гринвича выпустил книгу «Леди Гринвич».

Когда мы говорим, что часы отстают, то можем обозначать два разных события: во-первых, этим термином обозначается ситуация, когда одни часы по сравнению с другими показывают меньшее время; во-вторых, когда значение разности показаний часов увеличивается во времени. В первом случае часы отстают, но могут иметь скорость хода выше, и отставание сокращается.

Часто исследователи СТО по-разному интерпретируют термины и дают им свои трактовки, что приводит к дискуссиям, не имеющим отношения к сути исследуемого процесса.

Самым интересным является трактовка положения о равенстве скорости света во всех инерциальных системах координат. Попробуем разобраться, что значит фраза: «скорость света одинакова в любой инерционной системе координат»? Эквивалентна ли она фразе: «скорость света одинакова во всех инерционных системах координат сразу?»

Проанализируем предложение: «Скорость пули, выпущенной из стрелкового оружия, равна 300 м/с». Что это значит? Скорость – характеристика движения (именно характеристика, а не свойство, поскольку понятие скорости вводится математически, как отношение пройденного пути к затраченному времени). Пуля движется относительно воздуха. И можно говорить, что скорость движения пули – это скорость ее перемещения относительно частиц воздуха. А если воздуха нет (барокамера, космическое пространство)? Сложно характеризовать движение относительно ничего. Можно попробовать говорить, что пуля движется относительно ствола оружия, из которого она была выпущена. Но после осуществления выстрела оружие может двигаться под воздействием сторонних сил по любой траектории. Получается, что для корректного описания ситуации необходимо вводить дополнительную сущность в виде системы координат, связанной с оружием. Например, определить декартову систему координат на момент выстрела с началом в точке среза ствола, ось абсцисс ко-

торой сонаправлена со стволом, ось ординат принадлежит вертикальной плоскости, содержащей ось абсцисс, ось аппликат дополняет систему до правой. Относительно такой системы координат в идеализированном случае (безвоздушная среда, отсутствие тяготения) пуля будет двигаться со скоростью, зависящей только от приложенной взрывом пороха силы, вне зависимости от того, двигалось оружие в направлении стрельбы или нет в момент выстрела.

Теперь представим гипотетическую ситуацию, когда устно общаются друг с другом два велосипедиста, движущиеся параллельно на расстоянии $R=2$ м.

Произнесенный в момент времени t_0 в точке A звук, представляющий собой возмущение газовой среды, достигнет точку B в момент времени $t_1 = t_0 + 2/v_{зв}$. Но за интервал времени $\Delta t = t_1 - t_0$ движущийся велосипедист из точки B переместится в точку B' , а, следовательно, звук до второго велосипедиста дойдет за время $\Delta t' > \Delta t$, значение которого можно вычислить, используя выражения, приведенные в [2]. Т.е. обмен речевой информацией между двумя движущимися велосипедистами будет происходить медленнее (с задержками), чем между неподвижными собеседниками. Из чего следует, что скорость звука в инерциальной системе координат, связанной с велосипедистами (например, с первым), не является постоянной величиной: расстояние между ними постоянно, а время обмена сообщениями – разное. Поскольку рассматривается гипотетическая ситуация, то можно добавить, что при скорости велосипедистов близкой к звуковой задержка будет стремиться к бесконечности, а при превышении – возможность общаться пропадет (хотя видеть, как собеседник шевелит губами, возможность останется).

Что поменяется, если велосипедисты движутся по одной прямолинейной траектории друг за другом? Колебания воздуха будут распространяться от первого велосипедиста ко второму и от второго к первому по-разному: в первом случае скорость звука будет складываться со скоростью велосипеда, во втором – наоборот.

Для иллюстрации эффектов, возникающих при распространении звуков в воздухе можно привести кадры столетней давности, когда в эпоху бурного освоения пятого океана устраивались воздушные шоу. Игра в теннис на летящем самолете требует учета набегающего потока, который влияет на мяч [6] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Матч Глэдис Рой против Ивана Унгера

В чем кардинальная разница между рассмотренными ситуациями с пулей и звуком? Пуля распространяется сама, как материальное тело, а среда, в которой она осуществляет движение, выполняет роль мешающего фактора. Распространение звука осуществляется только через среду, и процесс распространения звука определяется свойствами и параметрами среды.

Наблюдения за волнами на воде движущимся человеком, которые легли в основу работы К.Доплера [7], умозрительно расширившего свои результаты на распространение волн в воздухе, традиционно иллюстрируются в школьных учебниках по физике. Если внимательно рассмотреть три разных ситуации: движется приемник (наблюдатель) колебаний, движется передатчик (источник) колебаний и движется среда распространения волн, то несложно убедиться, что эффект будет проявляться в несколько различном виде.

Волновая природа объектов вообще интересный объект для изучения и исследования. Волны порождаются сочетанием влияния набора природных явлений. Волнообразное движение маятника порождается наличием силы тяжести и инерции; волнообразное течение жидкости по наклонной поверхности (бара) обусловлено также гравитацией, инерцией и поверхностным натяжением (физика процесса наглядно проявляется при наблюдении за струйкой воды, которая разделяется на отдельно летящие капли); звуковые волны обусловлены наличием двух причин: устремлением частиц газа к занятию равносильного положения и их инерционностью; взаимопорождающие составляющие электромагнитной волны обеспечивают ее удивительные свойства.

Движущийся по гладкой воде катер оставляет на ее поверхности красивый след (рисунок 2, фото из открытых источников). Если его рассматривать как предмет изучения, то окажется, что гидродинамика процесса очень сложна, но еще дополнительно формируемые движущимся телом волны складываются с волнами естественной природы.



Рисунок 2 – Волновые следы на поверхности воды

Процесс возмущения водной поверхности объемн и имеет несколько проявлений: раздвигаемая и вытесняемая носовой частью судна вода, высвобождаемая из-под кормы вода и струя, ускоренная движителем, складываясь, формируют чарующие картины (рисунок 3, фото из открытых источников).

Если бы мы могли видеть воздух, то схожие картины наблюдались бы и в атмосфере. Благодаря тому, что водяные пары в атмосферной газовой смеси при определенных условиях становятся видимыми невооруженным глазом, структура облаков дает возможность видеть атмосферные волны и даже интерференцию [8] (рисунок 4).

Попытки в конце XVIII века использовать доплеровский эффект для обнаружения движения Земли через светопоспный эфир привели к неожиданным результатам: планируемые к наблюдению эффекты почему-то не проявились («самый известный неудачный эксперимент»).

В качестве аналога поставленного опыта в учебной литературе рассматривается задача про двух мальчиков, осуществляющих спортивный заплыв.

В первом рассматриваемом варианте соревнование проводится на озере. Пловцы стартуют одновременно из одной точки и плывут по замкнутому, расположенному под прямым углом, трассам с одним разворотом до контрольных точек и обратно. Если пловцы равны по силам, то движутся с одинаковой скоростью и достигают финиша одновременно.

Второй вариант предполагает, что соревнование проводится в реке, имеющей равномерное течение со скоростью v .



Рисунок 3 – Структуры кильватерного следа

Если пловец будет двигаться из точки A перпендикулярно течению, то не достигнет точки B из-за сноса течением и попадет в точку B' , отстоящую от B на расстояние, равное произведению скорости течения v_r на время, необходимое для преодоления пловцом расстояния $|AB|$ в неподвижной воде. Поэтому, для того, чтобы попасть в точку B , первый пловец должен начать плыть в направлении точки B'' ($|BB''| = |BB'|$) и сохранять вектор движения до достижения точки разворота.

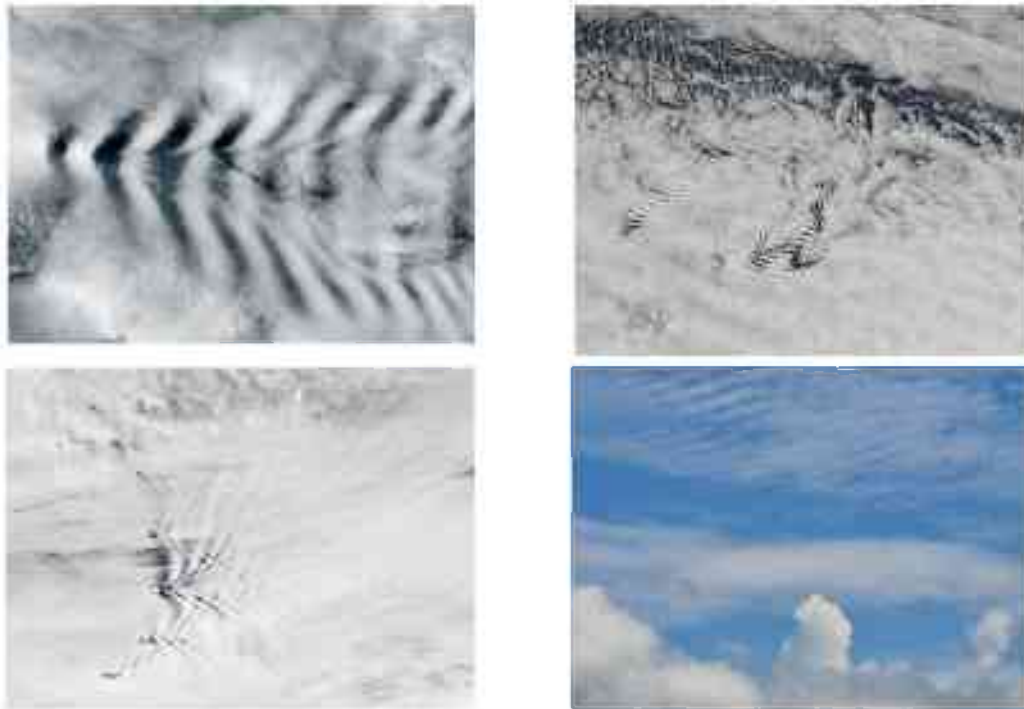


Рисунок 4 – Структуры атмосферных волн

Второй пловец преодолет расстояние $|AC|$ за время $t_{AC} = |AC|/(v_n + v_r)$, а обратный путь – за $t_{CA} = |CA|/(v_n - v_r)$. Важно заметить, что $t_{AC} \neq t_{CA}$, из чего следует, что изменение скорости при движении туда и обратно не будет взаимно компенсировано.

В итоге получим, что в подвижной воде два пловца одного уровня подготовки финишируют не одновременно, поскольку:

$$t_{ABA} = 2 \frac{\sqrt{\left(\frac{|AB|}{v_n} \cdot v_r\right)^2 + |AB|^2}}{v_n}$$

$$t_{ACA} = \frac{|AC|}{v_n + v_r} + \frac{|AC|}{v_n - v_r}$$

Если нам априори известно, что спортсмены равны по силам, то для честного судейства необходимо ввести масштабирование результатов. И тогда можно прово-

доть соревнования, как в озере, так и в реке (если проводить соревнование в реке, но за точку A принять положение надувного круга, свободно движущегося по течению, то результаты озерные и речные будут одинаковы).

Допустим, дистанция равна 100 м.

Пловцы движутся со скоростью 5 км/час (III спортивный разряд).

Скорость течения реки 1 км/час (например, река Клязьма).

Тогда: результат в озере будет 72 с, $t_{ABA}=73,4$ с, $t_{ACA}=75,0$ с. Отношение $t_{ACA}/t_{ABA}=1,02144$.

При изменении дистанции значение масштабирующего коэффициента K_m , определяемого отношением t_{ACA}/t_{ABA} , остается неизменным.

Если провести расчеты для других значений скорости течения, то становится очевидной нелинейность зависимости значения отношения t_{ACA}/t_{ABA} от v_t .

Т а б л и ц а 1 – Зависимость масштабирующего коэффициента от скорости течения

v_t	1	2	3	4	4,99
K_m	1,02	1,11	1,34	2,17	177,12

Решаемая математическая задачка имеет вполне прозрачный физический и прикладной смысл.

Что же мы видим в самом интересном месте обсуждаемой работы [9].

«Пусть из начала координат системы k в момент времени τ_0 посылается луч света вдоль оси X в точку x' и отражается оттуда в момент времени τ_1 назад, в начало координат, куда он приходит в момент времени τ_2 ; тогда должно существовать соотношение

$$\frac{1}{2}(\tau_0 + \tau_2) = \tau_1$$

или, выписывая аргументы функции τ и применяя принцип постоянства скорости света в покоящейся системе, имеем

$$\frac{1}{2} \left[\tau(0,0,0,t) + \tau \left(0,0,0, \left\{ t + \frac{x'}{V-v} + \frac{x'}{V+v} \right\} \right) \right] = \tau \left(x', 0,0, t + \frac{x'}{V-v} \right).$$

Если x' взять бесконечно малым, то отсюда следует:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{V-v} + \frac{1}{V+v} \right) \frac{\partial \tau}{\partial t} = \frac{\partial \tau}{\partial x'} + \frac{1}{V-v} \frac{\partial \tau}{\partial t},$$

или

$$\frac{\partial \tau}{\partial x'} + \frac{v}{V^2 - v^2} \frac{\partial \tau}{\partial t} = 0.$$

Необходимо заметить, что мы могли бы вместо начала координат выбрать всякую другую точку в качестве отправной точки луча света, и поэтому только что полу-

ченное уравнение справедливо для всех значений x', y, z, t .»

Крайне любопытным является вопрос, как получено следствие из бесконечной малости x' и что это значит, но оставим его в стороне.

Каждая буква в приведенных уравнениях имеет смысл. V – скорость света; поскольку она одинакова в любой инерциальной системе координат (по определению), то вводить различные обозначения для скорости света в неподвижной системы K и движущейся относительно нее со скоростью v системе k не требуется. τ – имеет смысл момента времени (показаний часов) в подвижной системе координат k . τ_0 – время запуска луча, τ_1 – время достижения лучом точки x' , τ_2 – время возврата луча в начало системы координат k . В системе координат k разность $\tau_1 - \tau_0 = x'/c$ (аналогично $\tau_2 - \tau_1 = x'/c$), т.е. от времени не зависит, наоборот, время (длительность временного интервала) зависит от длины мерного интервала.

Что же такое t ? Это время начала эксперимента, проводимого в системе координат k , в системе координат K . Как от этого времени зависит течение и результат эксперимента? Ответ – никак. Т.е. t в приведенных выражениях играет роль константы. На каком основании тогда производится дифференцирование по t ? Сея загадка и подлежит обсуждению.

Рассмотрим для примера линейное уравнение $f(x) = ax + b$. Полная производная данной функции имеет вид $\frac{\partial f(x)}{\partial x} + \frac{\partial f(x)}{\partial a} + \frac{\partial f(x)}{\partial b}$. Каждый читатель, имеющий техническое, а тем более, математическое образование, должен разразиться негодованием! Так нельзя! А почему Эйнштейну можно?

Вернемся к процитированной формуле. Запись $\tau(0,0,0,t)$ требует внимательного рассмотрения. Если τ – функция четырех аргументов, то почему не записано $\tau(x,y,z,t)$ или $\tau(\xi,\eta,\zeta,t)$? А потому, что в записи $\tau(0,0,0,t)$ представлены не переменные, а значения переменных. Т.е. для корректности необходимо записать $\tau(0,0,0,t_0)$. И тогда частная производная по t_0 – это то же самое, что и $\frac{\partial f(x)}{\partial b}$ в рассмотренном выше примере.

В математике помимо функций рассматривают более общее понятие – пучки, означающее множество функций одного вида, отличающихся параметром. Например, пучком прямых называется совокупность всех прямых на плоскости, проходящих через некоторую точку, называемую центром пучка. Т.е. множество функций, описываемых линейным уравнением $f(x) = ax + b$, где a – произвольное число, является пучком прямых (про b – уверенности нет). Но в рассматриваемой статье про это разговор не идет.

В теории обучения есть такой методический прием, как «фантастическая добавка» [10]. Это не только приём вовлечения, но и тренировка гибкого и нестандартного мышления. Учитель добавляет в реальную ситуацию фантастический элемент: меняет

значение параметра, который в действительности неизменен, переносит во времени реальное историческое лицо или литературного персонажа, предлагает рассмотреть в существующем биоценозе вымышленное животное или изучить некую ситуацию глазами инопланетянина. В рассматриваемой статье этот прием реализован с завидным изяществом на высочайшем уровне мастерства.

Если посмотреть на рассматриваемую ситуацию движения луча туда и обратно как на эксперимент, то можно констатировать, что его ход и исход зависят от двух параметров: протяженности участка x' и скорости v , которыми можно менять длительность экспериментального «забега», а время старта t представляет собой роль параметра, не влияющего на результат опыта.

Для волонтеров-адвокатов предлагается самостоятельно рассмотреть ситуацию не туда-обратно, а наоборот:

$$\frac{1}{2} \left[\tau(x', 0, 0, t) + \tau \left(x', 0, 0, \left\{ t + \frac{x'}{V+v} + \frac{x'}{V-v} \right\} \right) \right] = \tau \left(0, 0, 0, t + \frac{x'}{V+v} \right).$$

Будет очень интересно.

В ходе рассуждений незамеченным оказался термин «светоносный эфир». Очень важный элемент всех баталий, оказывающийся камнем преткновения для формирования полной картины мироздания. В простейшей постановке вопрос сводится к формулировке: пустая ли пустота? Т.е. там, в космосе, совсем ничего и летающие в нем материальные (вещественные) тела, или ничего чем-то неосязаемым заполнено, как пустая комната воздухом? Или, из чего состоит пустота?

С одной стороны, интуитивно проще искать аналогии в передаче воздействия (например, электромагнитного) через среду, как звук – через воздух. С другой стороны, упомянутая выше пуля, летит себе в пустоте, и ничего, как-то справляется. С одной стороны, бритва Оккама не рекомендует плодить лишние сущности, но с другой – велик соблазн применить для исследования нового физического явления наработанный матаппарат газо- и гидродинамики.

Очень интересные вопросы можно задать. Мы живем в газовой среде. Газ представляет собой множество движущихся молекул, скорость которых называем температурой. Зная о законе всемирного притяжения, непросто объяснить, почему все эти молекулы не попадали на пол и не лежат на нем спокойно. Вот если бы пустота была заполнена эфиром, то молекулы плавали бы в нем как рыбы в воде. И волнуя этот эфир, сообщали соседям о своем присутствии. Красиво.

Попытки естествоиспытателей во второй половине позапрошлого века систематизировать известные на тот момент химические элементы, увидеть зависимости их свойств от атомного веса, привели к созданию основ периодического закона химических элементов, работая над которым Д.И. Менделеев использовал математические приемы исследования рядов данных, содержащих ошибки и пропуски. Метод интер-

полянии позволил исправить ошибочные данные и восстановить пропуски. Использование экстраполяции дало возможность спрогнозировать дальнейшие элементы исследуемого ряда и предсказать свойства химических элементов, полученных гораздо позже благодаря развитию инструментального и методического обеспечения экспериментальной базы. Применение метода экстраполяции влево позволило описать свойства гипотетического эфира, остающегося предметом, как научных дискуссий профессионалов, так и досужих размышлений любителей.

«Наши читатели, быть может, уже догадались, что при этом сравнении я под океаном разумею бесконечный эфир, через который мы несемся, и что связанные друг с другом пробки представляют собой маленькую, незначительную планетную систему, к которой мы принадлежим. Светило третьей степени с кучкою ничтожных спутников – несемся мы, при неизменных с виду обстоятельствах, навстречу неведомому концу, какой-то ужасной катастрофе, подстерегающей нас на последней грани пространства, где мы низвергнемся в какую-нибудь эфирную Ниагару или разобьемся о некий незримый Лабрадор.» [11]. Приведенная выдержка из фантастической повести вековой давности иллюстрирует представление образованных европейцев того времени о мироустройстве. Рожденные в то время понятия прочно вошли в наш язык, и сегодня мы уверенно используем термины «прямой эфир», «радиоэфир», «телеэфир», не задаваясь вопросами о его существовании. И даже протокол Ethernet наследует понятие позапрошлого века (хотя концепция светоносного эфира была выдвинута еще в XVII веке Р.Декартом).

Если исходить из того, что газовая среда нашего обитания представляет собой совокупность квазиравномерно распределенных молекул-шариков, пространство между которыми заполнено эфиром, который состоит из таких же шариков, только очень маленьких, то придется ответить на вопрос: а что находится между этими шариками? Попытка сказать, что они очень маленькие и плотно прижаты, будет неудачной, поскольку еще в детской книжке про девочку-единичку показано: два кубических аквариума, в одном из которых находится шар максимального размера, а во втором – плотно уложенные непересекающимися слоями маленькие шарики, вмещают равный объем воды. Более плотная регулярная упаковка шаров все равно заполняет не более 75% пространства. Полностью заполнить пространство можно кубиками. Но такая упаковка не сможет обладать свойствами растяжения, изгиба и кручения.

Теперь вернемся к доплеровскому эффекту. Первоначальная работа была достаточно компактной и несложной для понимания. Позднее основная идея доплеровского эффекта подверглась множественным метаморфозам и получила трактовки, весьма далекие от первоначального замысла. В учебниках можно прочесть, что частота сигнала меняется пропорционально радиальной скорости изменения расстояния между приемником и передатчиком. Рассмотренных выше примеров уже достаточно, чтобы

увидеть различие между распространением сигнала непосредственно и опосредованно, а также осознать необходимость учета специфики взаимного движения элементов линии передачи сигнала относительно среды, выступающей в роли переносчика. Здесь же можно обратить внимание на такой аспект: как ведет себя фотон, достигший точки разворота? Он отскакивает или поглощается? Излученный вторичный фотон имеет скорость света относительно первичного излучателя, или вторичного? Есть, о чем поразмышлять.

Поговорим про еще некоторые термины, употребляемые в СТО, которые порождают дискуссии о трактовках ее положений.

Наблюдатель. Как мы его представляем? Интуитивно понятно, что это некто, находящийся в начале системы координат K и наблюдающий за происходящим в системе координат k . Тогда, то, что он видит, это прошлое, поскольку для преодоления расстояния между объектом и субъектом наблюдения требуется время, пропорциональное расстоянию и скорости распространения света. А вот и нет! В обсуждаемой статье под наблюдателем понимается математическая абстракция, позволяющая пересчитать параметры событий в системах K и k , причем без учета времени на распространение света между разнесенными точками. Такая смысловая неоднозначность термина приводит к возможности рассматривать теорию относительности как инструмент для описания наблюдаемой действительности и пытаться применить предлагаемый ей матаппарат для описания несвойственных ситуаций.

Представим наблюдателя, который располагается в фиксированной точке пространства (фраза уже некорректная, поскольку при отсутствии иных тел охарактеризовать местоположение объекта в пространстве невозможно. Но тем не менее). Обращая взгляд в любую сторону, он воспринимает поток фотонов, несущих информацию об окружающем мире. Поворот головы – и картинка изменилась. Причина – со всех сторон в точку размещения наблюдателя летят фотоны. Каждый со своими свойствами и скоростью. Если из этой умоглядной картины исключить наблюдателя, то получается, что в каждой точке пространства одновременно встречается множество всенаправленных фотонов. Почему они не сталкиваются? Потому что они волна. Тогда почему не проявляется свойство синфазного сложения множества волн, хотя бы иногда? Потому что фотон – волна специфическая. Использование привычных слов в разных смыслах, именуемое полисемией, зачастую приводит к ложному представлению о предмете обсуждения и исследования.

Получается, что наблюдатель (в привычном смысле этого слова) зрительно фиксирует фотоны на разных скоростях и разного возраста (излученных в разное время). Поэтому наблюдатель фиксирует вокруг себя многообразные элементы прошлого – от собеседника, который видится на несколько наносекунд моложе реального возраста, до звезд, какими они были многие века тому назад, и кроме того, почти все

наблюдаемое имеет ненатуральный цвет по причине наличия движения относительно наблюдателя.

Здесь же стоит обратить внимание на термин движение. В СТО под движением понимает исключительно изменение расстояния между началами рассматриваемых систем координат. Поэтому обсуждаемый в ряде дискуссий случай двух объектов, движущихся с разной скоростью по причине размещения на разных широтах земного шара, требует анализа с учетом того, что скорость движения точек за счет вращения сферы не приводит к изменению расстояния между ними, а, следовательно, данный случай не является предметом исследования в терминах и категориях СТО.

В завершение можно отметить еще один момент, часто используемый в качестве убедительного доказательства замедленности времени подвижной системы независимо от направления движения. Предлагается вместо v в уравнения подставить $-v$ и убедиться, что результат неизменен, по причине того, что скорость в квадрате всегда положительна. Это математика, и с ней сложно спорить. Но поможет физика. В рассматриваемой задаче вывод итоговых уравнений получен для начальных условий, определяемых как совпадение начал систем координат в начальный момент времени. И тогда становится очевидным, что v – это близнец улетает по направлению роста значений x , а $-v$ – опять же улетает, но в противоположную сторону.

В заключение представленных доводов хочется пожелать всем авторам скорейшего спуска в долину «отчаяния» и успехов при покорении склона «просветления».

Литература

1 Сайбель А.Г. Моделирование эффектов трансформаций зрительных образов при наблюдении масштабных процессов // Радионавигация и время: труды СЗРЦ концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2018. №4(13). С.130-136.

2 Сайбель А.Г. О необходимости и особенностях учета релятивистских эффектов при решении навигационных задач // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей». №6. 2020. С.129-137.

3 Сайбель А.Г. Временная основа навигационной координатометрии // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО «Алмаз – Антей». №7. 2021. С.107-115.

4 История о том, как продавали Время [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/Y5nN6ShgQiZunEfl> (Дата обращения: 17.07.2024).

5 Рут Бельвиль: женщина, которая продавала время [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/YOQELkZg8h9ZVRhW> (Дата обращения: 17.07.2024).

6 Играют в теннис на биплане. 25 октября 1925 года [Электронный ресурс]. URL: <https://foto-history.livejournal.com/14759224.html> (Дата обращения: 17.07.2024).

7 Akustische Versuche auf der Niederländischen Eisenbahn, nebst gelegentlichen Bemerkungen zur Theorie // Annalen der Physik und Chemie. 1845. 142 (11). P.321-351.

8 Волновые облака с Южных Сандвичевых островов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.syfy.com/syfy-wire/south-sandwich-island-wave-cloud-interference> (Дата обращения: 17.07.2024).

9 Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел // Собр. науч. тр. Т. 1. М.: Наука, 1965. С.7-35.

10 Хуторской А.В. Современная дидактика: уч. пособие. М.: Высш. шк., 2007. 639 с.

11 Конан Дойл А. Отравленный пояс. 1913.

Сайбель Алексей Геннадиевич – доктор технических наук, доцент, профессор, АО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург.

Область научных интересов: радиокоординатометрия, моделирование и оптимизация сложных системы.

Email: saybel_ag@mail.ru

Почтовый адрес: 192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской обороны, дом 120.

REFLECTIONS ABOUT WAVES, SCIENTIFIC IDOLS, TERMS AND PHYSICS WITH MATHEMATICS

The article is devoted to a philological analysis of the age-old scientific debate built around the special theory of relativity. Variants of interpretation of key terms are proposed, and physical and mathematical approaches to solving applied problems are compared.

Key words: waves; relativism; relativity; terminology.

Saybel Aleksey Gennadievich - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Scientific and Educational Center, St. Petersburg.

Research interests: radio coordinateometry, modeling and optimization of complex systems.