

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL
JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL
RESEARCH**

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,593

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,299

№ 8 2024

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

The electronic version takes places on a site www.rae.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.м.н. Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь

к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR

Natalia Stukova

Senior Director and Publisher

Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) –
головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,593.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,299.

Учредитель, издатель и редакция:

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41

Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова

Техническое редактирование и верстка Е.Н. Доронкина

Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать – 30.08.2024

Дата выхода номера – 30.09.2024

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространяется по свободной цене

Усл. печ. л. 9.75

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2024/8

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

РОЛЬ БИОРЕЗОНАНСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕРОПРОТЕКЦИИ

Кудаев А.Е., Ходарева Н.К., Крукиер И.И.,
Левкович М.А., Барсукова Л.П., Раздоров В.А. 5

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ЭТИОЛОГИЯ РЕСПИРАТОРНОГО ДИСТРЕСС-СИНДРОМА У НЕДОНОШЕННЫХ
НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ В ГОРОДЕ БИШКЕК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Боконбаева С.Дж., Урматова Б.К., Зейвальд С.В. 9

СИМУЛЯТОР КРОВОТОКА В ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЯХ, ПОСТРОЕННЫЙ
НА ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКОМ НАСОСЕ

Папшева Е.М., Квитка А.В., Билалов Н.И. 13

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЬНЫХ ЭСКАЛАТОРОВ МЕТРОПОЛИТЕНА.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Попов В.А., Еланцев В.В. 18

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (1.3 Физические науки)

СТАТЬЯ

ОБ ИНДУКЦИОННОЙ ПРИРОДЕ ИНЕРЦИИ

Ромм Я.Е. 33

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

КОРРЕЛЯЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕСКРИПТОРА ПРОТИВО-
ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНОГО
ДОКИНГА ПО ИНТЕРЛЕЙКИНУ 2 В РЯДУ АМИДОВ И ГИДРАЗИДОВ
N-АРОИЛАНТРАНИЛОВЫХ КИСЛОТ В ОЦЕНКЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МИШЕНИ

Андрюков К.В. 68

ПЛОДЫ РОДОДЕНДРОНА КАВКАЗСКОГО: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ
ПРИЗНАКОВ И СОСТАВА ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Тишина А.Н., Курегян А.Г., Глушко М.П., Печинский С.В., Антонян И.А. 73

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLE

ROLE OF BIORESONANCE TECHNOLOGIES IN GEROPROTECTION

*Kudaev A.E., Khodareva N.K., Krukier I.I.,
Levkovich M.A., Barsukova L.P., Razdorov V.A.* 5

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

ETIOLOGY OF THE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME IN PREMATURE NEWBORNS IN BISHKEK CITY OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Bokonbaeva S.Dzh., Urmatova B.K., Zeyvald S.V. 9

A BLOOD FLOW STIMULATOR IN THE UPPER EXTREMITIES BUILT ON A PERISTALTIC PUMP

Papsheva E.M., Kvitka A.V., Bilalov N.I. 13

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLE

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE EFFICIENCY AND SAFETY OF OPERATION OF SUBWAY TUNNEL ESCALATORS. DATA MINING

Popov V.A., Elantsev V.V. 18

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES (1.3 Physical sciences)

ARTICLE

ON THE INDUCTION NATURE OF INERTIA

Romm Ya.E. 33

PHARMACEUTICAL SCIENCES

ARTICLES

CORRELATION MODELING OF THE ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY DESCRIPTOR USING MOLECULAR DOCKING FOR INTERLEUKIN 2 IN A SERIES OF AMIDES AND HYDRAZIDES OF N-AROYLANTHRANILIC ACIDS IN THE ASSESSMENT OF A BIOLOGICAL TARGET

Andryukov K.V. 68

FRUITS OF RHODODENDRON CAUCASIAN: DETERMINATION OF DIAGNOSTIC SIGNS AND COMPOSITION OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS

Tishina A.N., Kuregyan A.G., Glushko M.P., Pechinskiy S.V., Antonyan I.A. 73

СТАТЬЯ

УДК 616-03

РОЛЬ БИОРЕЗОНАНСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕРОПРОТЕКЦИИ

¹Кудаев А.Е., ^{1,3}Ходарева Н.К., ²Крукер И.И.,
²Левкович М.А., ¹Барсукова Л.П., ²Раздоров В.А.

¹Медицинский центр инновационных технологий «Артемида», Ростов-на-Дону;

²ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону,

e-mail: xlma@mail.ru;

³ГБУ РО «Лечебно-реабилитационный центр № 1», Ростов-на-Дону

Существенное продление жизни лабораторных животных происходит на фоне антистрессорного адаптационного реагирования при применении информационных геропротекторных препаратов. Длительное адаптационное реагирование по типу хронического стресса может служить маркером активации процессов старения. Целью исследования явилось изучение влияния информационных препаратов ИП (в качестве геропротекторных средств) на процессы старения у крыс. Исследование проводили на небольшом количестве (39) особей зрелого возраста (белых беспородных крыс-самцов), полученных из питомника «Столбовая» (Московская область), в возрасте 8–10 месяцев и 8 самцов в возрасте 14–15 месяцев (старейшие) местной разводим (из вивария ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области», которые составили 3 группы: 1 и 2 группы получали ИП1 и ИП2, животные 3 группы находились под воздействием программ «Активационная терапия». В результате исследования сыворотки крови животных статистически значимые изменения наблюдались в уровне иммуноглобулинов IgG у животных 3 группы (повышение на 47% по сравнению с контрольной группой и на 77% по сравнению с фоновыми значениями). Что касается групп 1 и 2, то изменения IgG (увеличение на 29% и 55% соответственно) статистически значимы были относительно фоновых значений. Так, уровень IgM был повышен в группе 2 на 36,6%, в группе 3 – на 61,2%. Изменения в иммунном статусе зрелых крыс свидетельствовали о значительном повышении факторов гуморального иммунитета, что в перспективе может стать многообещающей основой для дальнейшего изучения и разработки методов скрининга, ранней диагностики и эффективности терапии (информационными препаратами).

Ключевые слова: информационные препараты, геропротекторный эффект, крысы

ROLE OF BIORESONANCE TECHNOLOGIES IN GEROPROTECTION

¹Kudaev A.E., ^{1,3}Khodareva N.K., ²Kruker I.I.,
²Levkovich M.A., ¹Barsukova L.P., ²Razdorov V.A.

¹Medical Center for Innovative Technologies "Artemis", Rostov-on-Don;

²Rostov State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation,

Rostov-on-Don, e-mail: xlma@mail.ru;

³Treatment and Rehabilitation Center No. 1, Rostov-on-Don

A significant extension of the life of laboratory animals occurs against the background of an anti-stress adaptive response when using informational geroprotective drugs. A long-term adaptive response like chronic stress can serve as a marker of activation of aging processes. The purpose of the study was to study the effect of information drugs (as geroprotective agents) on the aging process in rats. The study was carried out on a small number of 39 mature individuals (white outbred male rats) obtained from the Stolbovaya nursery (Moscow region) at the age of 8–10 months and 8 males, at the age of 14–15 months (aging) of local breeding (from vivarium of the Federal Budgetary Institution of Health "Center for Hygiene and Epidemiology in the Rostov Region", which made up 3 groups. Groups 1 and 2 received IP1 and IP2, animals of group 3 were exposed to the "Activation Therapy" programs. As a result of the study of animal blood serum, statistically significant changes were observed in the level of IgG immunoglobulins in animals of group 3 (an increase of 47% compared to the control group and 77% compared to background values). As for groups 1 and 2, changes in IgG (increase by 29% and 55%, respectively) were statistically significant relative to background values. Thus, the IgM level was increased in group 2 by 36.6%, in group 3 by 61.2%. Changes in the immune status of mature rats indicated a significant increase in humoral immunity, which in the future may become a promising basis for further study and development of screening methods, early diagnosis and the effectiveness of therapy (information drugs).

Keywords: informational drugs, geroprotective effect, rats

Введение

Старение – сложное патофизиологическое явление, связанное с нарушением биологических путей, снижением физиоло-

гических функций организма. В последние годы преждевременное старение является распространенной проблемой. Основными факторами, которые приводят к здоровым

клетки к преждевременному старению, являются окислительный стресс и длительное вялотекущее воспаление. Все функции организма в той или иной степени претерпевают возрастные изменения, поэтому биомаркерами старения могут служить все измеряемые показатели функционирования организма [1]. Показано, что старение многих организмов, включая человека, сопровождается повышением уровня воспалительных маркеров в крови, клетках и тканях [2]. Так, при снижении с возрастом иммунной компетенции организма возникает дисбаланс В- и Т-клеток, концентрация IgG в сыворотке крови резко снижается, одновременно усиливаются процессы воспаления и эндотелиальной дисфункции.

Имуноглобулин G (IgG) хорошо известен своей гетерогенностью и демонстрирует значительную степень изменчивости внутри популяций. На состав IgG влияют как гены, так и окружающая среда, что делает его адекватным биомаркером общего состояния здоровья, а также биологического возраста [3].

Ранее авторами было показано, что существенное продление жизни лабораторных животных происходит на фоне антистрессорного адаптационного реагирования высоких и средних (к концу эксперимента) уровней реактивности при применении нацеленных информационных геропротекторных препаратов [4], полученных методом биорезонансного копирования на аппарате «АРТЕМИДА-ПРО М». Проведенные авторами экспериментальные исследования показали, что реакция активации уровней реактивности является своеобразной реакцией омоложения, тогда как стресс, особенно хронический – напротив, реакцией старения [5]. Длительное адаптационное реагирование по типу хронического стресса может служить маркером активации процессов старения [6].

Цель исследования – изучение влияния информационных препаратов (в качестве геропротекторных средств) на процессы старения у крыс.

Материалы и методы исследования

В данной работе с целью предупреждения старения на крысах зрелого возраста и стареющих животных в качестве геропротекторных средств исследовались информационные препараты, полученные методом биорезонансного копирования на аппарате «АРТЕМИДА-ПРО-М». Кроме того, использовали терапевтические программы «Активационная терапия» (АТ) аппарата «Артемиды ДОМ», включающие процессы оптимальной саморегуляции функциональ-

ных систем и подсистем от организменного до клеточного уровней. Эффективность применения этих программ при воспалении и опухолевом процессе в эксперименте показана авторами ранее на АПК «АРТЕМИДА-ПРО-М» [4, 5].

Исследование проводили на сравнительно небольшом количестве (39) особей зрелого возраста (белых беспородных крыс-самцов), полученных из питомника «Столбовая» (Московская область), в возрасте 8–10 месяцев и массой 530–670 г. Кроме того, в эксперимент были включены 8 самцов, в возрасте 14–15 месяцев (стареющие) местной разведения. Животные содержались в стандартных условиях сертифицированного вивария ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области».

Все животные, как местного вивария, так и питомника «Столбовая», до этого использовались в процессах воспроизводства.

После месячного карантина животные были разделены на следующие группы: Группа 1 – стареющие животные, $n = 10$, которые были под воздействием информационного препарата ИП1, полученного методом биорезонансного копирования. Группа 2 – зрелые животные, $n = 9$. Для этой группы использовался препарат ИП 2. Для первой и второй групп ампулу физраствора с записью препарата помещали в бутылку с водой для выпаивания животных, где она и находилась круглосуточно.

Группа 3 – зрелые животные, $n = 10$. В этой группе животные находились под воздействием программ АТ. Была выбрана последовательность применения четырех АТ-программ: две программы системного и две программы геропротекторного действия. Воздействия проводили по одной программе в день каждому животному из группы, 3 дня в неделю (через день). Для этого на время воздействия (18 мин) крысу помещали в индивидуальную клетку, оборудованную электродами аппаратного комплекса «Артемиды-ПРО». На протяжении эксперимента цикл из четырех программ был повторен три раза.

Контрольную группу составили 8 животных зрелого возраста.

Эксперимент длился четыре недели. В процессе исследования оценивали внешний вид животных (состояние шерстяного покрова, склер глаз), их активность, контролировали массу крыс.

Функциональное состояние организма животных оценивали по формированию общих неспецифических адаптационных реакций (ОНАР) исходя из показателей лейкоцитарной формулы крови, ориентируясь на сигнальный показатель реакции – про-

центное содержание лимфоцитов (л%). Кровь для анализа брали из хвостовой вены крыс до начала эксперимента (фон) и при декапитации на заключительном этапе. Для ориентации в иммунном статусе после вскрытия оценивали массу тимуса, надпочечников и селезенки. Последнее взятие крови и последние замеры проводили через сутки после окончания воздействий. Для определения уровня иммуноглобулинов IgG, IgM использовали наборы реактивов для иммуноферментного анализа (ИФА) фирмы «Хема». Измерения выражались в г/л.

Все процедуры с животными в исследовании проводили в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных (Страсбург, 1986); Principles of Good Laboratory Practice (OECD, ENV/ MC/ CUEM (98)17, 1997).

При статистическом анализе полученных данных использовались возможности прикладных программ («Мегастат» и Statistica 10.0). Статистическую значимость различий между сравниваемыми показателями определяли по критерию Стьюдента (t-критерий) для независимых выборок. Данные представлены в виде среднего арифметического (M) $\pm$ стандартная ошибка среднего арифметического (m).

Результаты исследования и их обсуждение

До начала эксперимента (фон) у животных тестировалась в основном адаптационная реакция стресс с моноцитозом ($m = 22\text{--}31\%$ при $N = 5\text{--}12\%$) и токсогенной зернистостью в протоплазме нейтрофилов, что свидетельствовало о низком уровне реактивности.

Изменения во внешнем виде у всех получавших воздействия животных отмечались уже через неделю: начал подрастать подшерсток, улучшился цвет глаз, животные тщательнее ухаживали за собой, были более подвижны по сравнению с животными контрольной группы.

В конце исследования у всех животных, получавших воздействия, сформировались

антистрессорные реакции спокойной (СА) и повышенной (ПА) активации при показателях периферической крови, соответствующих зоне нормы, что с точки зрения адаптационной теории резистентности организма свидетельствует о функционировании на высоких уровнях реактивности (низкой этажности). В контрольной группе у одного животного стресс сменился реакцией тренировки, у остальных сохранялась стрессорная реакция, а моноцитоз и токсогенная зернистость свидетельствовали о низком уровне реактивности. Значимые изменения средних по группам показателей морфологического состава крови и тимико-лимфатической системы представлены в табл. 1.

Из приведенных данных видно, что по завершению воздействий только у контрольных животных тестировался стресс при значительно повышенном (в 2 раза выше нормы) уровне моноцитов, что может быть связано с их фагоцитирующей функцией и воспалением и при наименьшей массе тимуса. Реагирование животных группы с применением АТ-программ (группа 3) можно обозначить как сбалансированное, на высоких уровнях реагирования (низких этажах) с наибольшим пулом лимфоцитов и наибольшей массой тимуса.

Процесс старения сложен и влияет на множество функций, включая снижение защитной способности иммунной системы. Иммунная активность, как и большинство физиологических функций, с возрастом снижается. Основные изменения гуморального иммунного ответа связаны с концентрацией иммуноглобулинов, количеством и активностью В-клеток.

IgG – это иммуноглобулин, секретируемый плазматическими клетками организма. Снижение уровня IgG в процессе старения может способствовать повышению восприимчивости и тяжести инфекционных заболеваний, поскольку IgG обеспечивает защиту от заболеваний, вызываемых бактериями и вирусами. Снижение уровней иммуноглобулина IgM у пожилых может происходить за счет редукции пролиферативной способности В-клеток.

Таблица 1

Содержание лимфоцитов и моноцитов (%) в крови и масса тимуса в группах животных ($M \pm m$)

Показатели	Фон	Контроль	Группа 1	Группа 2	Группа 3 АТ
Лимфоциты, %	39,1 $\pm$ 1,02	47 $\pm$ 2,1	63 $\pm$ 1,4*	66 $\pm$ 1,1*	71 $\pm$ 1,3*
Моноциты, %	26,0 $\pm$ 1,3	26,1 $\pm$ 1,1	14,7 $\pm$ 1,02*	13,3 $\pm$ 0,8*	11.2 $\pm$ 1,1*
Масса тимуса, (мг)	–	131 $\pm$ 10,1	144 $\pm$ 8,4	152 $\pm$ 7,3	186 $\pm$ 9,6*

* – Статистическая значимость различий между показателями в 1, 2 и 3 групп и группой контроля.

Таблица 2

Изменение уровня IgG (г/л) на фоне терапии ($M \pm m$)

Показатели	Контроль	Группа 1 ИП1	Группа 2 ИП2	Группа 3 АТ
До лечения	3,2±0,1	3,4±0,2	3,1±0,3	3,15±0,2
После лечения	3,8±0,1	4,4±0,31 ▲	4,8±0,22 ▲	5,6±0,7 ▲ *

* – Статистическая значимость различий между показателями в 1, 2 и 3 групп и группой контроля.

▲ – Статистическая значимость различий между показателями в 1, 2 и 3 групп в динамике лечения.

Таблица 3

Изменение уровня IgM (г/л) на фоне терапии ($M \pm m$)

Показатели	Контроль	Группа 1 ИП1	Группа 2 ИП2	Группа 3 АТ
До лечения	0,3±0,01	0,3±0,02	0,3±0,01	0,31±0,02
После лечения	0,4±0,02	0,3±0,01	0,41±0,02 ▲	0,5±0,04* ▲

* – Статистическая значимость различий между показателями в 1, 2 и 3 групп и группой контроля.

▲ – Статистическая значимость различий между показателями в 1, 2 и 3 групп в динамике лечения.

В результате исследования сыворотки крови статистически значимые различия наблюдались в уровне иммуноглобулинов IgG (табл. 2). Их продукция увеличивалась в группе 3 (применение АТ-программ) на 52 % по сравнению с контрольной группой и на 75 % по сравнению с фоновыми значениями. Что касается групп 1 и 2 (воздействие ИП), то изменения IgG (увеличение на 29 % и 56,3 % соответственно) статистически значимы были относительно фоновых значений (кровь до начала эксперимента).

Уровень IgM был повышен в группе 2 на 36,6 % по сравнению с фоновыми значениями, а в группе 3 – на 66,6 % по сравнению с контрольной группой и на 61,2 %, по сравнению с фоновыми значениями (табл. 3).

Заключение

Таким образом, эксперименты, проведенные на крысах зрелого возраста и стареющих, показали возмозможность повышения неспецифической резистентности организма путем формирования реакций активации (ПА) в условиях возрастного хронического стресса путем профилактического использования ИП и активационных программ из арсенала программного обеспечения аппарата «АРТЕМИДА-ДОМ». Реакция повышенной активации низких этажей значительно и быстро повышает неспецифическую резистентность организма, причем активную резистентность, за счет повышения активности всех подсистем организма, вплоть до внутриклеточных структур.

Изменения в иммунном статусе зрелых крыс, характеризующиеся значительным повышением факторов гуморального иммунитета, активации неспецифического иммунитета, свидетельствуют о геропротекторном эффекте биорезонансных технологий.

Список литературы

1. Гаврилов И.В., Мещанинов В.Н., Щербаков Д.Л., Вержбицкая Т.Ю., Манакова Н.С., Черепанова Н.М., Варлашов Е.М., Решетников Е.Д. Старение организма и возрастная динамика биомаркеров геродиагностики у человека // Вестник уральской медицинской академической науки. 2020. Т. 17, № 4. С. 272–284.
2. Teixeira Q.E., Ferrei D. de C., Paes da Silva A.M., Gonçalves L.S., Pires F., Carrouel F., Bourgeois D., Sufiawati I., Armada L. Aging as a Risk Factor on the Immunoexpression of Pro-Inflammatory IL-1 β , IL-6 and TNF- α Cytokines in Chronic Apical Periodontitis Lesions // Biology. 2022. Vol. 11, Is. 1. P. 14–25.
3. Ferrucci L., Fabbri E. Inflammageing: chronic inflammation in ageing, cardiovascular disease, and frailty // Nat Rev Cardiol. 2018. Vol. 15, Is. 9. P. 505–522.
4. Кудавев А.Е., Ходарева Н.К., Барсукова Л.П. Омоложение: ретроспектива и развитие (часть 1) // Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии: материалы XXIV Международной конференции. СПб., 2023. С. 228–233.
5. Кудавев А.Е., Ходарева Н.К., Барсукова Л.П. Оценка эффективности программ активационной терапии на экспериментальных моделях // Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии: материалы XXVIII Международной конференции (Санкт-Петербург, 16 апреля 2022 г.). СПб., 2022. С. 182–187.
6. Переверзев А.П., Романовский Р.Р., Шаталова Н.А., Остроумова О.Д. Инфламэйджинг: воспаление и окислительный стресс как причина старения и развития когнитивных нарушений // Медицинский Совет. 2021. № 4. С. 48–58.

СТАТЬИ

УДК 616.24-008.4-053.3

**ЭТИОЛОГИЯ РЕСПИРАТОРНОГО ДИСТРЕСС-СИНДРОМА
У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ
В ГОРОДЕ БИШКЕК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ****¹Боконбаева С.Дж., ²Урматова Б.К., ¹Зейвальд С.В.**¹*Кыргызско-Российский Славянский университет, Бишкек,
e-mail: sbokonbaeva@gmail.com, vitaminkalana@mail.ru;*²*Кыргызская государственная медицинская академия, Бишкек,
e-mail: begaimkubanychbek@gmail.com*

Респираторный дистресс-синдром новорожденных занимает лидирующее место в структуре причин мертворождаемости и смертности недоношенных новорожденных детей во всем мире. Роль инфекции в невынашивании беременности и рождении недоношенных детей общепризнана. Цель исследования – определить роль специфической для перинатального периода инфекции, к которым относят цитомегаловирус, вирус простого герпеса 1 и 2, микоплазм и хламидий, в развитии синдрома дыхательных расстройств. Исследование проведено в отделениях реанимации и интенсивной терапии новорожденных и патологии новорожденных детей городского перинатального центра г. Бишкек. Этиология изучена методом иммуноферментного анализа у 108, методом полимеразно-цепной реакции – у 80 недоношенных детей с респираторным дистресс-синдромом за 2020–2021 гг. В данном исследовании при иммуноферментном анализе иммуноглобулин М не определяется ни у одной из изученных инфекций перинатального периода. Однако выявляется в относительно большом количестве иммуноглобулин G к цитомегаловирусу (43,52%) и вирусу простого герпеса 1 и 2 (42,59%), для которых маточно-плацентарный барьер проницаем. Наличие иммуноглобулина G свидетельствует о принадлежности их к материнскому организму. В то же время положительная полимеразно-цепная реакция доказывает этиологическую роль цитомегаловируса и вируса простого герпеса 1 и 2 (в 23,75% и 13,75% соответственно) в развитии синдрома дыхательных расстройств у недоношенных детей. Однако полностью исключается этиологическая роль микоплазм и хламидий. С ростом срока гестации достоверно увеличивается риск инфицирования плода ($p < 0,001$).

Ключевые слова: респираторный дистресс-синдром, недоношенность, новорожденный, перинатальный период, инфекция

**ETIOLOGY OF THE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME
IN PREMATURE NEWBORNS IN BISHKEK CITY
OF THE KYRGYZ REPUBLIC****¹Bokonbaeva S.Dzh., ²Urmatova B.K., ¹Zeyvald S.V.**¹*Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek,
e-mail: sbokonbaeva@gmail.com, vitaminkalana@mail.ru;*²*Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek, e-mail: begaimkubanychbek@gmail.com*

Respiratory distress syndrome of newborns is the leading cause of stillbirth and mortality of premature newborns worldwide. The role of infection in pregnancy failure and premature birth is generally recognized. The aim of the study is to determine the role of perinatal period-specific infections, including cytomegalovirus, herpes simplex virus 1 and 2, mycoplasmas and chlamydia in the development of respiratory distress syndrome. The study was conducted in the neonatal intensive care and pathology departments of the City Perinatal Center of Bishkek. Etiology was studied by enzyme immunoassay method in 108 and by polymerase chain reaction method in 80 premature infants with respiratory distress syndrome for the period 2020–2021. In this study, immunoglobulin M is not detected in any of the studied perinatal infections by enzyme-linked immunosorbent assay. However, immunoglobulin G to cytomegalovirus (43.52%) and herpes simplex virus 1 and 2 (42.59%), for which the uteroplacental barrier is permeable, is detected in relatively large amounts. The presence of immunoglobulin G indicates their maternal affiliation. At the same time, positive polymerase-chain reaction proves the etiologic role of cytomegalovirus and herpes simplex virus 1 and 2 (in 23.75% and 13.75%, respectively) in the development of respiratory distress syndrome in premature infants. However, the etiologic role of mycoplasmas and chlamydia is completely excluded. The risk of fetal infection increases significantly with increasing gestational age ($p < 0,001$).

Keywords: respiratory distress syndrome, prematurity, newborn, infection, perinatal period

Введение

Респираторный дистресс-синдром новорожденных (РДСН) или синдром дыхательных расстройств новорожденных (СДРН) – наиболее тяжелая и часто встречающаяся перинатальная патология, раз-

вивающаяся вследствие дефицита сурфактанта и незрелости легких [1, с. 578]. Проблема РДСН в Кыргызстане обусловлена тем, что перинатальная патология вышла на первое место в структуре детской заболеваемости и смертности. Значимость

изучения проблем недоношенных детей возросла с переходом страны на критерии живорожденности ВОЗ. По данным исследований ЮНИСЕФ (2017), в нашей стране РДСН является одной из основных причин мертворождаемости и смертности недоношенных новорожденных детей [2, с. 53]. Роль инфекции в невынашивании беременности и рождении недоношенных детей общепризнана. Указывают на роль TORCH-синдрома и ИВЛ-ассоциированной инфекции в развитии и причине смерти глубоко недоношенных новорожденных детей [3]. Т.В. Осьмирко с соавт. установлено что 83 % новорожденных с TORCH-синдромом были недоношенными, что подтверждает значимость инфекционного фактора в риске невынашивания беременности и рождении недоношенных детей в зарубежных и собственных исследованиях [4; 5]. Дискутабельным остается вопрос этиологии РДС у недоношенных детей. По классическому определению РДСН относят к пневмопатиям, что определяет неинфекционную теорию его развития [1, с. 580].

Таким образом, сведения о роли инфекции в развитии у недоношенных детей СДРН крайне противоречивы – от ее значимости до полного отрицания. Большинство исследователей единодушно во мнении, что инфекция, в том числе внутриутробная – одна из основных причин недоношенности [6; 7]. Роль инфекции в реализации РДСН до конца не изучена.

Цель исследования – изучить роль специфической для перинатального периода инфекции в развитии РДСН, иммунологическим (ИФА) и генетическим методом (ПЦР), что в стране еще не проводилось.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в отделениях реанимации и интенсивной терапии новорожденных и патологии новорожденных детей городского перинатального центра (ГПЦ) г. Бишкек. Этиология РДСН изучена методом иммуноферментного анализа (ИФА) у 108, методом полимеразно-цепной реакции (ПЦР) – у 80 недоношенных детей с РДС за 2020–2021 гг.

При ИФА использовались тест-наборы: ВектоВПГ – 1,2 Ig G и Ig M, -: ВектоЦМВ – Ig G и Ig M: ВектоТоксо – Ig G и Ig M: ВектоУреаплазма уреалитикум – Ig G и Ig M, Россия. ИФА проводился на оборудовании MR-96A Mindray (Китай).

Метод ПЦР проводился с помощью тест-систем АО «ВекторБест», Россия. Выделение ДНК проводили с помощью тест набора «РеалБест ДНК-экспресс». Детекцию выделенного ДНК проводили с помощью

тест-наборов: «РеалБест ДНК *Chlamydia trachomatis*», «РеалБест ДНК *Mycoplasma genitalium*», «РеалБест ДНК *Mycoplasma hominis*», «РеалБест ДНК *Ureaplasma urealyticum*», «РеалБест ДНК ВПГ-1/ВПГ-2», «РеалБест ДНК ЦМВ» на амплификаторе ДТ-96 (Россия) в соответствии с инструкциями к наборам. В качестве материала для исследования использовались соскобы клеток из носовой и ротовой полости ребенка и сыворотка пуповинной крови.

Результаты исследования и их обсуждение

ИФА-методом изучен спектр иммуноглобулинов IgM и IgG к специфичной флоре перинатального периода. Наличие IgM, непроницаемого для маточно-плацентарного барьера, свидетельствует о самостоятельной выработке его плодом в ответ на инфицирование. В то же время IgG может быть двойного генеза, так как он проницаем для маточно-плацентарного барьера. Установлено, что только в единичных случаях (в 2–3 %) в организме недоношенных с СДР выявляются IgM к ЦМВ и ВПГ герпеса 1-го и 2-го типа. А к микоплазмам и хламидиям IgM не выявлен. В то же время IgG выявляется практически в равных количествах ($p > 0,05$) к ЦМВ (в 43,52 %) и ВПГ (в 42,59 %). К микоплазмам и хламидиям IgG выявлен в единичных случаях (табл. 1).

Таблица 1

Этиоструктура перинатальной флоры у недоношенных с СДР при ИФА

Специфическая перинатальная флора	Количество	%
IgG ЦМВ	47	43,52**
IgM ЦМВ	3	2,77
IgG ВПГ герпеса 1-го и 2-го типа	46	42,59**
IgM ВПГ герпеса 1-го и 2-го типа	2	1,85
IgG Хламидиям	3	2,77
IgM Хламидиям	–	–
IgG Микоплазмам	7	6,48
IgM Микоплазмам	–	–
Всего	108	100

Примечание: ** – $p < 0,01$.

Следовательно, ИФА не дает статистически значимых доказательств роли практически всей специфической перинатальной патологии в развитии СДР недоношенных детей.

В этом плане наиболее доказательно применение генетических исследований –

ПЦР с выявлением ДНК/РНК специфических патогенов. В исследованиях положительные результаты выявлены у 37 (46,25%) недоношенных. Микст-инфекция выявлена у 5 (6,25%) детей, у троих положительна ПЦР к ВПГ-1, ВПГ-2 и к микоплазме, у двоих – к ВПГ-1, ВПГ-2 и ЦМВ. Статистически значимо чаще положительная ПЦР выявляется к ЦМВ, чем к ВПГ 1 и 2 (в 23,75% и в 13,75%, $p < 0,05$). Микоплазменная инфекция обнаружилась у 6 (7,5%), хламидии обнаружены у 1 (1,25%), (табл. 2).

Таблица 2

Этиоструктура перинатальной флоры у недоношенных детей с СДР методом ПЦР

ПЦР +	Кол-во	%
ДНК ЦМВ	19	23,75*
ДНК ВПГ 1, 2	11	13,75
ДНК Микоплазм	6	7,5
ДНК Хламидий	1	1,25
Отрицательная реакция	43	53, 75
Всего	80	100

Примечание: * – $p < 0,05$.

Полученные данные доказывают роль ЦМВ в развитии СДРН, практически в четверти случаев. Реже выявлена роль ВПГ 1, 2 ($p < 0,05$). В единичных случаях выявляется микст-инфекция. В этиологии СДРН микоплазмы и хламидии практически роли не играют.

При сравнительном анализе двух методов исследования отмечается, что ПЦР выявляется с высокой степенью статистической значимости, в 7,5–8,5 раз чаще ($p < 0,001$) наличие в организме больных детей ДНК ЦМВ и ВПГ, чем IgM при ИФА (23,75% против 2,77% и 13,75% против 1,85%) (табл. 3).

Проведен сравнительный анализ частоты внутриутробного инфицирования недоношенных детей с СДР в зависимости от степени недоношенности по массе тела ребенка при рождении. Положительная ПЦР практически не выявляется у детей с ЭНМТ. С ростом срока гестации статистически значимо увеличивается число недоношенных детей с положительной ПЦР (с 25,81% до 58,06%, $p < 0,001$), достигая максимума у детей и НМТ. Низкий показатель ПЦР с детей с ЭНМТ, даже при возможном инфицировании, связан с коротким временем для репликации вирусной инфекции (табл. 4).

Таблица 3

Сравнительные показатели ПЦР и ИФА

ПЦР		ИФА	
	Кол-во (%)	Кол-во (%)	
ДНК ЦМВ	19 (23,75%)	IgM	IgG
		3 (2,77%)	47 (43,52%)
ДНК ВПГ 1, 2	11 (13,75%)	2 (1,85%)	46 (42,59%)
ДНК Микоплазмы	6 (7,5%)	–	–
ДНК Хламидии	1 (1,25%)	–	3 (2,77%)
Отрицательная	43 (53, 75%)	103 (95,37%)*	4 (3,7%)
Всего	80 (100%)	108 (100%)	

Примечание: * – $p < 0,05$.

Таблица 4

Частота положительной ПЦР в зависимости от степени недоношенности детей с СДРН по массе тела

ВУИ ПО ВЕСУ		
	Кол-во	%
ЭНМТ до 1000 ГР	2	6,45
ОНМТ 1000–1500 ГР	8	25,81
НМТ 1500–2500 ГР	18	58,06**
Норм. МТ 2500 И БОЛЕЕ	3	9,68
Всего больных с ПЦР +	31	100

Примечание: ** – $p < 0,01$.

Таблица 5

Результат ПЦР в зависимости от времени забора биоматериала

Дни забора материала	Количество недоношенных с ПЦР+	Количество недоношенных с ПЦР-	всего
0–2 дня	4 (5,00 %)	17 (21,25 %)	21 (26,25 %)
3–5 дней	28 (35,00 %)	31 (38,75 %)	59 (73,75 %)
Всего	32 (40,00 %)	48 (60,00 %)	80 (100 %)

Для подтверждения полученных результатов проведено изучение результатов ПЦР у детей в зависимости от дней забора биоматериала. Отмечается, что у детей положительный результат ПЦР увеличивается в 7 раз при взятии анализа на 3–5 день, чем в первые 2 дня (табл. 5).

Как известно, IgM непроницаем для маточно-плацентарного барьера, и его наличие свидетельствует о самостоятельной выработке его плодом в ответ на инфицирование [8; 9]. В наших исследованиях при ИФА IgM не определяется ни у одной из изученных инфекций перинатального периода. Однако выявляется в относительно большом количестве IgG к ЦМВ и ВПГ 1 и 2, для которых маточно-плацентарный барьер проницаем, что подтверждают и зарубежные коллеги в своих исследованиях [4]. Наличие IgG свидетельствует о принадлежности их к материнскому организму [9]. Однако не исключается внутриутробное инфицирование, на которое плод уже способен самостоятельно вырабатывать IgG, что и может лежать в основе преждевременных родов и развития у них СДРН. Таким образом, наличие IgG может быть обусловлено двумя причинами: переходом их от матери через плаценту и выработкой самим ребенком при инфицировании в антенатальном периоде. В этом случае возможна дифференцировка материнских и фетальных IgG определением их авидности [10], что требует дополнительных исследований. Роль хламидий и микоплазм в реализации заболевания не существенна.

Заключение

Наиболее достоверно определение этиологии заболевания генетическим методом – ПЦР. Однако время исследования ПЦР зависит от степени недоношенности ребенка и срока забора исследуемого биоматериала с учетом времени репликации инфекта. Следует подчеркнуть, что в этио-

структуре СДРН недоношенных детей наиболее значимы ЦМВ и ВПГ 1 и 2.

Список литературы

1. Шабалов Н.П. Неонатология: учебное пособие. Т. 1. М.: МЕДпресс-информ, 2016. 704 с.
2. Mahdis Kamali, James Wright, Nadia Axiir, Hana Tasik, Kaitlin Conway, Saman Brar, Arjumand Rizvi, Zulfiqar Bhutta. Progress and determinants of newborn mortality in Kyrgyzstan. 2017. P. 50–59.
3. Боконбаева С.Дж., Насирдинов Ф.Р., Афанасенко Г.П., Ким Е.Г. Профилактика вентилятор-ассоциированных пневмоний у детей до двух месяцев жизни // Вестник КГМА. 2022. № 5. С. 106–112.
4. Осмиренко Т.В., Лялина Л.В., Атласов В.О., Долгий А.А., Егорова Н.В., Пожидаева Л.Н. Клинико-эпидемиологическое обоснование и определение факторов риска рождения детей с TORCH-синдромом // Медицинский альманах. 2015. № 5. С. 75–83.
5. Боконбаева С.Дж., Урматова Б.К., Ким Е.Г. Факторы риска и структура заболеваемости и смертности недоношенных детей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 6. С. 27–33. DOI: 10.17513/mjprfi.13393.
6. Беженарь В.Ф., Иванова Л.А., Айламазян Э.К. Мертворождение: предпосылки и факторы риска // Акушерство, гинекология и репродукция. 2020. № 5. С. 634–640.
7. Evan J. Anderson, John P. DeVincenzo, Eric A.F. Simões, Leonard R. Krilov, Michael L. Forbes, Pia S. Pannaraj, Claudia M. Espinosa, Robert C. Welliver, Leslie I. Wolkoff, Ram Yogev, Paul A. Checchia, Joseph B. Domachowske, Natasha Halasa, Scott J. McBride, Veena R. Kumar, Kimmie K. McLaurin, Christopher P. Rizzo, Christopher S. Ambrose. SENTINEL1: Two-Season Study of Respiratory Syncytial Virus Hospitalizations among U.S. Infants Born at 29 to 35 Weeks' Gestational Age Not Receiving Immunoprophylaxis // American Journal of Perinatology. 2020. Vol. 37, Is. 04. P. 421–429. DOI: 10.1055/s-0039-1681014.
8. Новикова О.Н., Ушакова Г.А. Современные подходы к диагностике внутриутробных инфекций // Российский вестник акушера-гинеколога. 2016. № 4. С. 36–43.
9. Касохов Т.Б., Цораева З.А., Мерденова З.С., Цораева Л.К., Шляйхер А.Н., Касохова В.В., Мазур А.И. Показатели иммунного статуса у новорожденных недоношенных детей с инфекционно-воспалительными заболеваниями // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24370> (дата обращения: 25.05.2024).
10. Мурина Е.А., Голева О.В., Осипова З.А., Мукомолова А.Л. Значение выявления авидности антител в крови при герпесвирусных инфекциях // Медицинский алфавит. 2016. Т. 2, № 18. С. 31–34.

УДК 612.15:37.013.32

СИМУЛЯТОР КРОВОТОКА В ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЯХ, ПОСТРОЕННЫЙ НА ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКОМ НАСОСЕ

Папшева Е.М., Квитка А.В., Билалов Н.И.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоград,

e-mail: post@volgmed.ru

Целью исследования было разработать симулятор части сердечно-сосудистой системы человека для повышения уровня обучения студентов медицинских образовательных организаций. Устройство повторяет анатомические и физиологические параметры сердца, при этом являясь простым по конструкции. Установка построена на перистальтическом насосе и тренажере для отработки навыков внутривенных инъекций и забора крови. С использованием метода математического моделирования установлена зависимость объема вытекания жидкости при изменении радиусов трубок. На основе расчетных данных был спроектирован симулятор, который создает имитацию артериального, венозного и капиллярного кровотока. Стоит отметить, что в данной установке есть возможность симулировать как кровоток взрослых, так и детей, изменяя диаметры искусственных сосудов и сопутствующие параметры. Разработанное устройство интегрируется в системы любой конфигурации и сложности. В ходе проведенных исследований подтверждена правильная работа симулятора кровотока верхних конечностей человека и верное моделирование созданной части сердечно-сосудистой системы. Проведен сравнительный анализ справочных и итоговых расчетных данных. Студенты на практических занятиях смогут отработать на тренажере навыки забора крови, ощутив имитацию кровотока. Симулятор может использоваться в качестве испытательного стенда и как устройство для проведения проверки медицинского оборудования.

Ключевые слова: кровеносная система, кровеносный сосуд, математическое моделирование, симулятор кровотока верхних конечностей, отработка практических навыков, перистальтический насос, медицинский симулятор, медицинский фантом

A BLOOD FLOW STIMULATOR IN THE UPPER EXTREMITIES BUILT ON A PERISTALTIC PUMP

Papshева E.M., Kvitka A.V., Bilalov N.I.

Volgograd State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,

Volgograd, e-mail: post@volgmed.ru

The purpose of the study was to develop a simulator of a part of the human cardiovascular system to improve the level of education of students of medical educational organizations. The device repeats the anatomical and physiological parameters of the heart, while being simple in design. The installation is based on a peristaltic pump and a simulator for practicing intravenous injection and blood collection skills. Using the method of mathematical modeling, the dependence of the volume of liquid outflow is established when the radii of the tubes change. Based on the calculated data, a simulator was designed that creates an imitation of arterial, venous and capillary blood flow. It is worth noting that in this installation it is possible to simulate blood flow in both adults and children by changing the diameters of artificial vessels and concomitant changes in parameters. The developed device is integrated into systems of any configuration and complexity. During the conducted research, the correct operation of the blood flow simulator of the upper extremities of a person and the correct modeling of the created part of the cardiovascular system have been confirmed. A comparative analysis of the reference and final calculation data is carried out. Students in practical classes will be able to practice blood collection skills on the simulator, feeling simulated bleeding. The simulator can be used as a test bench and as a device for checking medical equipment.

Keywords: circulatory system, blood vessel, mathematical modeling, practical skills training, upper limb blood flow simulator, peristaltic pump, medical simulator, medical phantom

Введение

Медицинское образование в наши дни включает процессы обучения, построенные на симуляционном оборудовании. Однако из-за сложной конструкции и большой стоимости [1] симуляторы сердечно-сосудистой системы не используются в образовательном процессе, что снижает уровень готовности будущих врачей к решению прикладных задач.

Разработка относится к области медицины, а именно к области медицинского приборостроения [2]. Она имитирует работу серд-

ца в симуляционной системе. Устройство спроектировано с учетом особенностей течения крови в трубках различного диаметра, а также с учетом параметров, при которых осуществляется сердечная деятельность [3]. Устройство максимально реалистично воспроизводит ключевые моменты работы сердца человека для максимального погружения в работу и наибольшей эффективности отработки навыков.

Целью исследования являлось повышение уровня обучения студентов медицинских учреждений в части разработки симу-

лятора сердечно-сосудистой системы, построенного на перистальтическом насосе.

Материалы и методы исследования

Человеческое сердце – мощный фиброзно-мышечный орган, выполняющий в организме функцию насоса по перекачке крови. За сутки этот насос совершает 100000 сокращений и расслаблений и перекачивает 7600 л крови.

Вся деятельность сердца состоит из сокращений – систол и расслаблений – диастол. Полный цикл состоит из систолы предсердий, систолы желудочков и общей паузы сердца, когда совпадают диастола предсердий и желудочков. Систола предсердий обеспечивает подачу крови в желудочки [4, с. 275] и дополнительное растяжение миокарда желудочков. Систола желудочков контролирует выброс крови в артериальную систему. Диастола обеспечивает «перерыв» работы сердца и подготовку к следующей систоле [5].

В табл. 1 приведены показатели кровотока для разных возрастных групп в различных артериях.

При моделировании сердечно-сосудистой системы было учтено, что физиологическая система имеет ряд отличий от гипотетической из-за отклонений от идеальных параметров функционирования [6].

Для правильного решения задачи необходимо было выявить зависимость скорости вытекания жидкости от радиуса трубки.

По трубке небольшого радиуса R объем жидкости, протекший за секунду через сечение трубки, прямо пропорционален разности давлений p_1 и p_2 у входа и выхода трубки соответственно, четвертой степени радиуса R трубки и обратно пропорционален длине l и коэффициенту вязкости η :

$$R = \frac{8l\eta}{\pi r^4}.$$

Соотношение является формулой Пуазейля, которая используется для определения коэффициента динамической вязкости сред

η путем измерения объема V вытекающей жидкости за некоторое время t при заданном перепаде давлений. Данный метод носит название вискозиметрического [7, с. 23].

При заданных внешних условиях объем жидкости, протекающей через трубку, пропорционален четвертой степени ее радиуса. Ниже приведены параметры установки, моделирующей прохождение жидкости через трубки радиусом R в приближении к идеальной жидкости (рис. 1).

В цилиндрической емкости V_1 и V_2 заливается жидкость, которая вытекает под воздействием силы тяжести через тонкую трубку l_3 . Функцией является T_1 – время вытекания жидкости из объема V_1 ; T_2 – время вытекания жидкости из объема V_2 ; T_3 – время вытекания жидкости из объема V_3 .

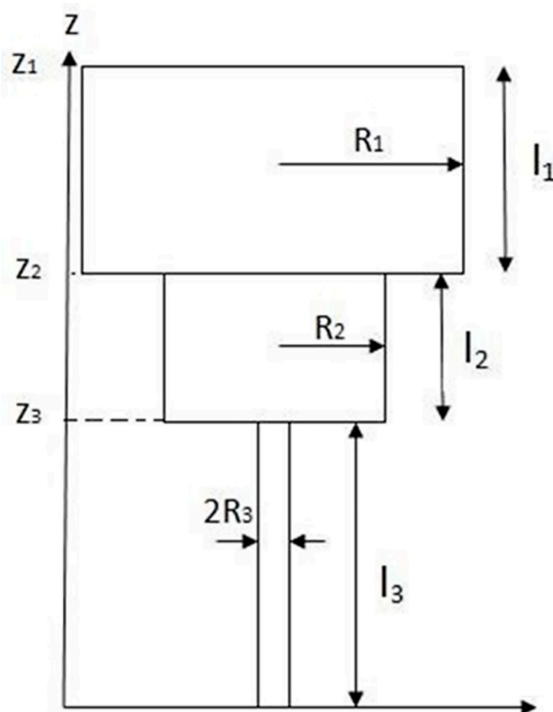


Рис. 1. Схематичное изображение установки для имитационного моделирования протекания крови

Таблица 1

Средние показатели линейной скорости кровотока для разных возрастных групп в сосудах брахицефальной системы, см/с, в норме (по Ю.М. Никитину, 1989)

№ п/п	Артерия	< 20 лет	20–29 лет	30–39 лет	40–49 лет	50–59 лет
1	Левая ОСА	31,7+1,3	25,6+0,5	25,4+0,7	23,9+0,5	17,7+0,6
2	Правая ОСА	30,9+1,2	24,1+0,6	23,7+0,6	22,6+0,6	16,7+0,7
3	Левая позвоночная	18,4+1,1	13,8+0,8	13,2+0,5	12,5+0,9	13,4+0,8
4	Правая позвоночная	17,3+1,2	13,9+0,9	13,5+0,6	12,4+0,7	14,5+0,8

Время T_1 опустошения емкости V_1 рассчитывается по формуле

$$T_1 = \sqrt{\frac{2}{g} \left(\sqrt{z_1} - \sqrt{z_2} \right) \frac{S_1}{S_3}}.$$

Время опустошения второй емкости V_2 :

$$T_2 = \sqrt{\frac{2}{g} \left(\sqrt{z_2} - \sqrt{z_3} \right) \frac{S_2}{S_3}}.$$

Аналогично найдем T_3 :

$$T_3 = \sqrt{\frac{2}{g}} \sqrt{z_3} T_2.$$

Полное время вытекания жидкости в установке:

$$T = T_1 + T_2 + T_3.$$

При подстановке данных и произведении расчетов для различных R получается зависимость времени вытекания жидкости от радиуса трубки. Результаты расчетов показывают, насколько уменьшается время, необходимое для полного вытекания жидкости в установке, при увеличении радиуса трубки.

Из вышеприведенных данных с учетом особенностей течения крови в трубках раз-

личного диаметра рассчитывались параметры насоса. Самое главное было определить максимальную пропускную способность для насоса:

$$УО \cdot ЧСС \cdot 60 \text{ мин} = 70 \cdot 100 \cdot 60 =$$

$$420\,000 \text{ мл/ч} = 420 \text{ л/ч},$$

где $УО$ – ударный объем, $ЧСС$ – частота сердечных сокращений. Исходя из этих данных был подобран насос с подходящими параметрами (табл. 2).

Таблица 2

Параметры устройства
для подведения кровотока

№ п/п	Параметры	Прототип
1	Пропускная способность, л/ч	400
2	Объем насоса, л	6
3	Максимальная скорость, об/мин	600

Симулятор состоит из перистальтического насоса с управляющим блоком, построенным на микроконтроллере. Тренажер для отработки навыков внутривенных инъекций и забора крови LF01271 подключен к насосу с помощью силиконовых трубок (рис. 2).

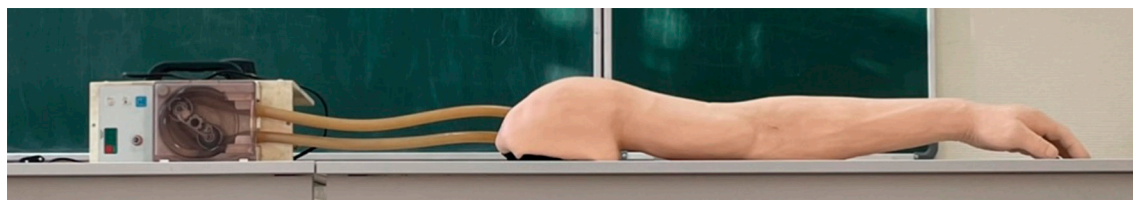


Рис. 2. Симулятор кровотока в верхних конечностях в сборке

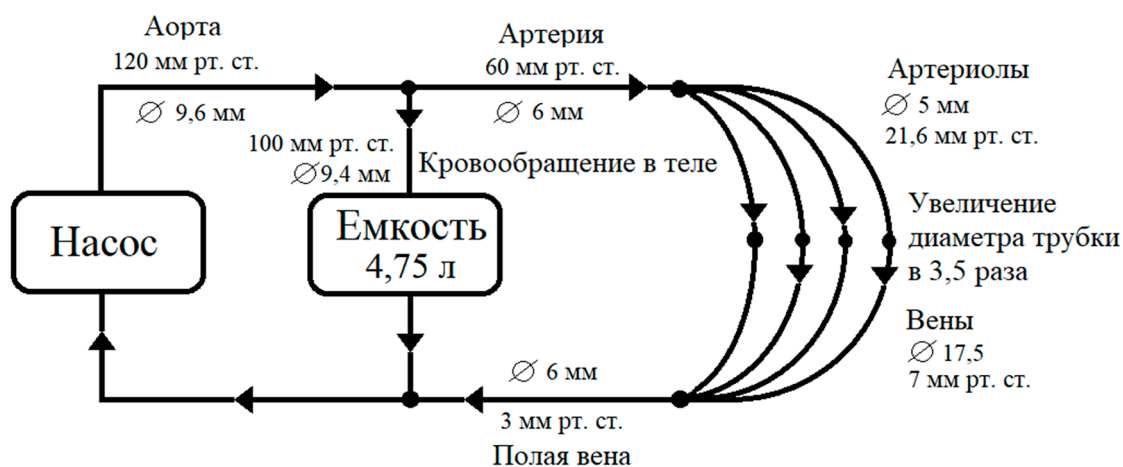


Рис. 3. Реологическая схема

В данном симуляторе не создана капиллярная система, из-за которой происходит потеря энергии артериальной крови для перехода в венозную. Кровь в вены поступает под давлением 10–20 % от среднего давления в аорте [8, с. 50]. Следовательно, для получения венозного давления в симуляторе был увеличен радиус трубки примерно в 3,5 раза внутри тренажера с помощью переходника. Он установлен в пальцы симулятора.

Необходимо учитывать, что симулятор моделирует часть сердечно-сосудистой системы, а именно кровообращение в руке. Поэтому необходимо было добавить емкость, чтобы в тренажер поступал не весь объем циркулирующей крови.

Для расчетов емкости брался средний объем крови в человеке – 5 л. Масса руки составляет 5–6 % от веса человека, следовательно, крови также 5–6 % от общего объема. В нашем случае объем крови в руке равен 250 мл. В результате необходимый объем емкости составил 4,75 л.

На реологической схеме, приведенной на рис. 3, показано направление движение жидкости, данные давления, полученные расчетным путем в разных участках симулятора, и диаметры трубок на этих участках.

Артериальная кровь выходит из насоса. Затем трубка раздваивается, и кровь поступает в емкость на 4,75 л и в тренажер. В тренажере с помощью переходника одна трубочка, подводящая кровь к тренажеру, разветвляется на четыре, имитируя капилляры. Затем кровь поступает в пальцы, где радиус трубки увеличивается. В результате кровь теряет 80–90 % от артериального давления и переходит в венозную кровь. По силиконовым трубочкам венозная кровь снова проходит через переходник в руке и после него вытекает в трубку от емкости. В результате через одну трубочку вся кровь обратно подводится к насосу. Система получается замкнутой.

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения корректной работы симулятора был произведен расчет давления на разных участках установки, представленный ниже:

- 1) в подводящей трубке к руке после разветвления,
- 2) на участке разветвления аорты в артерии,
- 3) после увеличения диаметра трубки в 3,5 раза,
- 4) на участке схождения четырех трубок в одну на выходе из тренажера.

Начнем с первого участка. Диаметр трубки от насоса до разветвления на аорту:

$d_1 = 9,6$ мм. Давление: $p_1 = 120$ мм рт. ст. Диаметр трубки от разветвления до емкости: $d_2 = 9,43$ мм. Давление: $p_2 = 100$ мм рт. ст. Также нам известен диаметр подводящей трубки к руке после разветвления: $d_3 = 6$ мм. Расчеты приведены с применением площади сечения трубки [9, с. 62].

$$p_3 = (\pi R_1^2 \times p_1 - R_2^2 \times p_2) / \pi R_3^2 =$$

$$= (8685.6 - 6989.4) / 28.26 = 60 \text{ мм. рт. ст.}$$

На втором участке происходит ветвление трубки $d_3 = 6$ мм на четыре с диаметром $d_4 = 5$ мм.

$$p_4 = (\pi R_3^2 / (\pi R_4^2 \times 4)) \times p_3 = 28.26 / 78.5 \quad 60 \quad 21.6$$

$$= 28.26 / 78.5 \times 60 = 21.6 \text{ мм. рт. ст.}$$

На третьем участке рассчитывается давление после увеличения диаметра трубки в 3,5 раза, следовательно, $d_5 = 17,5$ мм.

$$p_5 = (\pi R_4^2 / \pi R_5^2) \times p_4 =$$

$$= 78.5 / 240.4 \times 21.6 = 7 \text{ мм. рт. ст.}$$

И на четвертом участке расчета переходник соединяет четыре трубки в одну с диаметром $d_6 = 6$ мм.

$$p_6 = ((\pi R_6^2 / 4) / \pi R_5^2) \times p_4 =$$

$$= 28.26 / 60.1 \times 7 = 3 \text{ мм. рт. ст.}$$

Четвертый участок моделирует движение крови по артерии, давление в нем по расчетам равно 60 мм рт. ст.

Пятый участок соответствует артериолам, давление на нем равно 21,6 мм рт. ст. После увеличения радиуса трубки давление на участке, симулирующем вены, равно 7 мм рт. ст.

Последний участок отображает полую вену, давление на нем равно 3 мм рт. ст.

По справочным данным давление в артерии 40–100 мм рт. ст., в артериолах 25–40 мм рт. ст., в венах 5–10 мм рт. ст. и в полой вене 2 мм рт. ст. [4, с. 276].

Справочные и расчетные данные совпадают с незначительными отклонениями. Можно сделать вывод, что симулятор кровотока в верхних конечностях разработан правильно и моделирует часть сердечно-сосудистой системы.

Управляющая часть в данном симуляторе построена с удобством для пользователей. В схеме используются кнопки управления, через них пользователь выбирает режимы работы:

- 1) «70 об/мин»,
- 2) «130 об/мин»,
- 3) «190 об/мин».

Также в схеме используются датчики давления и дисплей, на котором выводятся их значения. Эти данные необходимы для контроля системы и для более точного анализа соответствия симулятора параметрам сердечно-сосудистой системы.

Разработанная схема устройства симулятора кровотока верхних конечностей является отличным решением проблемы отсутствия в симуляционных системах искусственного кровообращения течения крови, что позволяет специалистам получить практические навыки в максимально приближенных к реальным условиям, без риска причинения вреда здоровью пациентов. Также проведенный анализ теоретических и расчетных данных показал, что разработанная система функционирует исправно.

Заключение

Математическое моделирование процессов кровотока совместно с изучением анатомии и физиологии сердечной деятельности позволило разработать симулятор кровотока в верхних конечностях с учетом всех нюансов, а также возможностью его интегрирования в систему любой конфигурации и сложности с учетом изменения диаметров искусственных сосудов и сопутствующих изменений параметров.

Симулятор обладает удобным интерфейсом для пользователя. Через кнопки управления можно задавать три скорости работы насоса, что соответствует сердцебиению в спокойном состоянии с повышенным или пониженным давлением. Кроме того, с помощью датчиков давления и LCD-экрана пользователю выводятся данные о давлении в артерии, артериолах, венах и полый вене.

Данный симулятор сердечно-сосудистой системы имитирует протекание по сосудам артериальной и венозной крови. По-

этому студенты, получающие медицинское образование, смогут на практических занятиях ощутить имитацию кровотечения. Это является ключевым фактором формирования навыков противодействия рискам здоровью пациентов. Кроме этого, установку можно использовать как испытательный стенд. Также есть возможность ее применения для проверки определенных типов медицинского оборудования.

Список литературы

1. Swailes N.E., MacDonald M.E. and Frayne R. Dynamic phantom with heart, lung, and blood motion for initial validation of MRI techniques // *J. Magn. Reson. Imaging*. 2011. Vol. 34, Is. 4. P. 941–946. DOI: 10.1002/jmri.22688.
2. Гущин А.В. Устройство для бесконтактного измерения давления в передних цилиарных артериях глаза // *Инженерный вестник Дона*. 2018. № 3. URL: <http://ivdon.ru/rn/magazine/archive/n3y2018/5202> (дата обращения: 28.06.2024).
3. Marone E.M., Auricchio F., Marconi S., Conti M., Rinaldi L.F., Pietrabissa A., Argentero A. Effectiveness of 3D printed models in the treatment of complex aortic diseases // *The Journal of Cardiovascular Surgery*. 2018. Vol. 59, Is. 5 P. 699–706. DOI: 10.23736/S0021-9509.18.10324-7.
4. Агаджанян Н.А., Смирнов В.М. Нормальная физиология: учебник. 3-е изд., испр. и доп. М.: Медицинское информационное агентство, 2012. 576 с.
5. Нестерова Е.А. Основы электрокардиографии. Нормальная электрокардиография (модуль для непрерывного медицинского образования) // *Кардиология: новости, мнения, обучение*. 2016. № 2. С. 77–85.
6. Наумов В.Ю., Муха Ю.П., Авдеюк О.А., Шевчук В.П., Авдеюк Д.Н. Анализ структуры модели управления кровотоковой функциональной системы организма // *Инженерный вестник Дона*. 2019. № 1. URL: <http://ivdon.ru/rn/magazine/archive/n1y2019/5505> (дата обращения: 27.06.2024).
7. Медведев А.Е. Двухфазная модель течения крови // *Российский журнал биомеханики*. 2013. № 4. С. 22–36.
8. Лоллини С.В. Физиология сердечно-сосудистой системы: учебно-методическое пособие. М: Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2007. 62 с.
9. Быков И.В. Вспомогательное кровообращение на базе осевых насосов (математическое моделирование процессов управления): дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2014. 126 с.

СТАТЬЯ

УДК 621.876

**К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТОННЕЛЬНЫХ ЭСКАЛАТОРОВ МЕТРОПОЛИТЕНА.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ****Попов В.А., Еланцев В.В.***ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I», Санкт-Петербург, e-mail: evv3012@gmail.com*

Государство и бизнес стремятся найти баланс интересов через цифровизацию / цифровую трансформацию. За счет своей формализации наиболее пригодными для трансформации являются процессы обеспечения безопасности. Однако процессы обеспечения безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена остаются вне фокуса внимания, хотя имеют большое значение для транспортной системы городской агломерации, в особенности включающей метрополитен глубокого заложения. Цель работы – определить возможности применения технологии извлечения знания в точках балансировки нормативной базы, описывающей цифровое взаимодействие государства и бизнеса, для дальнейшего использования в программном обеспечении планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторов метрополитена. Информация об обеспечении безопасности, выступившая материалами для исследования, в результате систематизации и декомпозиции позволила установить современные тренды объекта исследования и перспективы развития предметной области. Методологическим каркасом исследования выступила цепочка, начинающаяся с анализа, последующего применения аналогии и моделирования и закончившаяся синтезом. В отличие от других подобных работ, авторы не ограничились обзором литературных источников и формулированием относительно них своего мнения. Во второй и последующих частях работы авторы предложили структуру нового нормативного документа (комплекса документов), зафиксировали схему внедрения элементов концепции цифровой трансформации, описанной в новом документе, а также сформулировали предложение по интеграции в производственный процесс Петербургского метрополитена современных информационных технологий для повышения эффективности и безопасности. Сформулированная концепция поддержания в актуальном состоянии нормативной базы в области обеспечения безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена, имеет теоретическое значение, стимулирует стороны B2G процессов к повышению ответственности за нарушение требований безопасности через внедрение системы профилактики, использующей программное обеспечение, организующее дистанционное взаимодействие госорганов и эксплуатантов, выполняющее оценку значений параметров технологических процессов на объектах контроля для прогнозирования рисков возникновения аварийных ситуаций и инцидентов.

Ключевые слова: эскалатор, извлечение знания, нормативная база, электронный документооборот**ON THE ISSUE OF IMPROVING THE EFFICIENCY
AND SAFETY OF OPERATION OF SUBWAY
TUNNEL ESCALATORS. DATA MINING****Popov V.A., Elantsev V.V.***Saint Petersburg State Unitary Enterprise of Emperor Alexander I, Saint Petersburg,
e-mail: evv3012@gmail.com*

The state and business strive to find a balance through digitalization/digital transformation. Due to their formalization, processes of ensuring the safety are the most suitable for transformation. However, the processes of ensuring the safety of the operation of underground tunnel escalators remain out of focus, although they are of great importance for the transport system of the urban agglomeration, especially including the deep-deep-laying underground. The purpose of the work is to determine the possibilities of using data mining technology at the points of balancing of the regulatory framework that describes the digital interaction of the state and business, for further use in software for planning and monitoring the maintenance and repair of the underground tunnel's escalator. The methodological framework of the study was a chain starting with analysis, subsequent application of analogy and modeling, and ending with synthesis. Unlike other similar works, the authors did not limit themselves to reviewing literary sources and formulating their opinion regarding them. In the second and subsequent parts of the work, the authors proposed the structure of a new regulatory document (set of documents), recorded a scheme for introducing elements of the digital transformation concept described in the new document, and formulated a proposal for integrating modern information technologies into the production process of the St. Petersburg underground to increase efficiency and safety. The formulated concept of maintaining the current state of the regulatory framework in the field of ensuring the safety of operation of metro tunnel escalators, which has theoretical significance, stimulates the parties to B2G processes to increasing responsibility for violation of safety requirements through the Implementation of the prevention system using software that organizes remote interaction between government agencies and organization, performing an assessment of the values of technological process parameters at control facilities to predict the risks of emergencies and incidents.

Keywords: escalator, data mining, regulatory framework, electronic document management

Введение

В Санкт-Петербурге основным видом городского общественного транспорта является метрополитен – высокотехнологичная многофункциональная организация, обеспечивающая безопасное перемещение населения, а также надежность функционирования подвижного состава и объектов инфраструктуры [1, 2].

Согласно годовому отчету ГУП «Петербургский метрополитен» за 2022 г. среди основных целей в миссии, приоритетах, а также в ценностях многократно упоминается безопасность перевозочного процесса в разных ее проявлениях. При этом ее обеспечение достигается через реализацию функциональных стратегий, политик и программ по множеству отдельных направлений в рамках корпоративной Стратегии 2035 в рабочих группах под общим руководством управляющего совета, а также при участии других коллегиальных органов, в том числе научно-технического совета. В свою очередь, корпоративная Стратегия 2035 – система из 85 сбалансированных взаимосвязанных количественных и качественных показателей, учитывающих все аспекты деятельности [2]. Одновременно с внедрением Стратегии 2035, в ее поддержку, Петербургский метрополитен начал переход на сценарное планирование [3, 4], благодаря которому через формализацию краткосрочных и долгосрочных ожиданий, использование методов прогнозирования и составление сценариев обеспечивается навигация и ресурсное маневрирование в условиях современной неопределенности, с сохранением целевого значения безопасности перевозки.

Вместе с тем среди основных составляющих обеспечения безопасности перевозочного процесса Петербургский метрополитен выделяет для себя культуру и систему менеджмента безопасности перевозочного процесса [2]; поддержание квалификации персонала и его готовности выполнять обязанности на высоком уровне; меры по корректировке и предупреждению негативного воздействия нарушений нормальной работы метрополитена и чрезвычайных ситуаций на обслуживание пассажиров и перевозочный процесс; информационные системы, способствующие выбору оптимального сценария для достижения целевого состояния, оценки соответствия целевому состоянию, анализу информации и рисков, планированию финансово-хозяйственной деятельности при реализации принятых решений, а также мониторингу состояния безопасности перевозочного процесса [2]. Отдельно

отметим, что разработка и внедрение упомянутых выше информационных систем обеспечения безопасности перевозочного процесса реализуются в рамках проектов инновационного развития Петербургского метрополитена, курируемых структурным подразделением «Центр цифрового развития» (далее – Центр), среди других проектов которого также выделяются проекты по обеспечению исполнения требований нормативных документов в части обеспечения транспортной безопасности, повышению энергетической эффективности, а также уменьшению трудозатрат и периодичности технического обслуживания [2].

С одной стороны, пристальное внимание к безопасности перевозочного процесса для метрополитена – внутренняя потребность, определяемая наличием источников потенциальной опасности, причинами которой являются: рост единиц парка техники с близким к предельному / полностью исчерпанным ресурсом [5]; работы по ремонту и/или обслуживанию, выполненные некачественно или несвоевременно; применение материалов, комплектующих и запчастей контрафактов / несоответствующих требованиям использования; нарушение трудовой и технологической дисциплины; квалификация персонала; в меньшей степени не до конца продуманные проектные / технические решения. Акцент на внимании к источникам потенциальной опасности способствует своевременному оповещению персонала об обнаружении признаков предаварийной ситуации для снижения числа нештатных ситуаций (аварий) и их локализации на ранних стадиях.

С другой стороны, обеспечение безопасности – это внешнее предельно жесткое требование государства [5], формализованное посредством нормативной базы [6], регламентирующей, каким образом сохранить жизнь и здоровье человека, имущество и окружающую среду и/или минимизировать возможный ущерб, а также государственной политикой в области обеспечения безопасности, в основном направленной на:

- актуализацию требований (включая отмену устаревших/дублирующих/ избыточных) безопасности с учетом уровня развития науки и техники;

- создание научной и методологической основы государственного регулирования в области безопасности, обеспечивающей прогнозирование рисков возникновения аварийных ситуаций и инцидентов, посредством внедрения информационных технологий, организующих дистанционное взаимодействие с эксплуатантами для мониторинга состояния безопасности через ав-

томатизацию процессов сбора-получения/фиксации-хранения/агрегации-анализа реализованных системами контроля соблюдения требований безопасности и управления безопасностью, которые оценивают информацию о значениях параметров технологических процессов на объектах контроля;

- развитие нормативно-правового и методического обеспечения экспертизы промышленной безопасности, повышающего независимость экспертов и экспертных организаций от представителей рынка [5];

- интеграцию риск-ориентированного подхода в государственный контроль (надзор) в области безопасности, основанного на анализе и оценке рисков возникновения аварий на объектах контроля, инструментах технического регулирования, а также посредством внедрения в операционный менеджмент эксплуатирующих организаций стандартов управления рисками [5];

- развитие механизмов обязательного страхования гражданской ответственности владельца опасных производственных объектов (далее – ОПО), через которые компенсируются затраты на локализацию и ликвидацию последствий аварий и ЧС и формируется резерв финансовых средств [5];

- развитие инструментов стимулирования и повышения ответственности за нарушение требований безопасности в рамках внедряемой системы профилактики;

- снижение до минимума влияния человеческого фактора на технологические процессы [5];

- снижение зависимости от иностранных государств при обеспечении промышленной безопасности [5].

Таким образом, со стороны государства имеется потребность в поиске баланса между регламентацией требований к обеспечению безопасности и сокращением количества мероприятий по контролю для устранения лишних барьеров в инвестиционной и производственной деятельности через внедрение новой модели регулирования, учитывающей степень риска возникновения аварий и масштабы их последствий [5], а также цифровизацию процессов взаимодействия. А со стороны добросовестных эксплуатантов – между внедрением передовых информационных технологий для сохранения жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды / минимизацией возможного ущерба на ОПО и оптимизацией затрат на их проектирование и разработку/приобретение.

В результате сопоставления описанных выше стратегических и тактических планов Петербургского метрополитена в области обеспечения безопасности перевозочного

процесса и текущих трендов государственного регулирования в области обеспечения промышленной безопасности выделяется их сонаправленность, которая может достигаться благодаря сбалансированной нормативной базе.

Тем не менее, переходя от общих стратегий к тактическим задачам, переместим фокус внимания на конкретные аспекты хозяйственной деятельности ГУП «Петербургский метрополитен». Согласно работе [7] среди всей инфраструктуры Петербургского метрополитена выделяется эскалаторное хозяйство ввиду своей значимости для всего транспортного комплекса Санкт-Петербурга, а также неоднородности по составу и возрасту и связанному с этим возрастающему объему потребных ресурсов для сокращения потенциальной опасности и влияния на безопасность перевозочного процесса. Поэтому авторы, в продолжение цикла статей, посвященного повышению эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена, ставят в качестве цели работы определение возможности применения технологии извлечения знания в точках балансировки нормативной базы, описывающей цифровое взаимодействие государства и бизнеса, для дальнейшего использования в программном обеспечении для планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ основной номенклатуры нормативной документации в области обеспечения безопасности при эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена и оценка степени ее пригодности для обеспечения цифрового взаимодействия с госорганами;

- проработка концепции актуализации нормативной документации, обеспечивающей баланс между интересами государства и бизнеса;

- проработка способа реализации разработанной концепции;

- использование технологии извлечения знания интегрированной в реализуемую концепцию для повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена.

Таким образом, объект исследования – нормативная база в области обеспечения безопасности эскалаторного хозяйства метрополитена, а предмет – автоматизация процессов извлечения знаний из системы электронного документооборота, построенного на базе цифровизации нормативной базы.

1. *Нормативная база в области обеспечения безопасности эскалаторного хозяйства метрополитена*

Для эскалаторного хозяйства метрополитена среди всего многообразия мер государственного регулирования в области обеспечения безопасности в основном используются:

– Приказ [8]. *Объект* – ОПО, на котором используется эскалатор в метрополитенах. *Предмет* – обеспечение промышленной безопасности, предупреждение несчастных случаев, аварий, инцидентов на ОПО, на которых используются эскалаторы.

– Федеральный закон [9]. *Объект* – ОПО. *Предмет* – различные основы обеспечения безопасной эксплуатации для предупреждения аварий и обеспечения готовности к локализации и ликвидации последствий аварий.

– Свод правил [10]. *Объект* – новые и реконструируемые сооружения и устройства метрополитена. *Предмет* – инженерные изыскания, проектирование, производство и приемка работ при строительстве сооружений и устройств метрополитена.

– Государственный стандарт [11]. *Объект* – эскалаторы. *Предмет* – показатели качества.

– Государственный стандарт [12]. *Объект* – эскалатор и пассажирский конвейер. *Предмет* – обеспечение безопасности людей и объектов при монтаже, оценке соответствия, эксплуатации, ТОиР и модернизации эскалаторов / пассажирских конвейеров [12].

– Государственный стандарт [13]. *Объект* – эскалатор и пассажирский конвейер. *Предмет* – показатели качества движения эскалаторов и пассажирских конвейеров, измерительное оборудование и порядок проведения измерений показателей, а также документальное оформление их результатов.

– Государственный стандарт [14]. *Объект* – эскалатор и пассажирский конвейер. *Предмет* – правила/методы исследований/испытаний и измерений, а также правила отбора образцов необходимые для сертификации.

– Отраслевой стандарт [15]. *Объект* – лифт, эскалатор и пассажирский конвейер. *Предмет* – принципы и процедуры последовательного и систематического анализа риска.

– Государственный стандарт [16]. *Объект* – эскалатор и пассажирский конвейер. *Предмет* – уровень безопасности эксплуатируемых эскалаторов и пассажирских конвейеров.

– Руководство [17]. *Объект* – эскалатор определенных типов. *Предмет* – свой-

ства эскалатора и его составных частей, в том числе обеспечивающие безопасную эксплуатацию и оценку его технического состояния перед отправкой в ремонт, для работников, связанных с ремонтом и эксплуатацией эскалаторов Эскалаторной службы (ЭС), объединенных мастерских (ОМЧ), аппарата главного ревизора (РБ), предприятий-изготовителей отдельных сборочных единиц и деталей и подрядных организаций.

– Рекомендации [18]. *Объект* – эскалатор и пассажирский конвейер. *Предмет* – обеспечивающая безопасность пассажиров / обслуживающего персонала конструкция и устройство эскалаторов и пассажирских конвейеров.

Анализ номенклатуры вышеописанных документов показал, что текущая нормативная база в области обеспечения безопасности эскалаторов и связанной с ними инфраструктуры в основном сосредоточена на фиксации:

– Этапов жизненного цикла от проектирования до утилизации.

– Требований к окружающей эскалатор инфраструктуре метрополитена и их сопряжению.

– Компонентного состава эскалаторов и требований к ним.

– Параметров компонентов, процессов и результатов деятельности, связанной со всеми этапами жизненного цикла эскалатора.

– Требований и методов измерения на эскалаторе.

– Методов и расчетов, а также требований к проведению и оформлению результатов испытаний.

– Показателей качества эскалатора.

– Требований к документированию процессов и результатов деятельности.

– Требований к управлению промышленной безопасностью ОПО в приложении к эскалаторам метрополитена.

– Подходов, методов и требований к управлению рисками и их последствий.

– Методологии управления безопасностью и защитными мерами для людей и объектов.

Вместе с тем также установлено, что текущая нормативная база в области обеспечения безопасности эскалаторов и связанной с ними инфраструктуры в преимущественном большинстве либо не освещает, либо недостаточно освещает аспекты цифровизации основных производственных процессов, но в то же время может являться источником функциональных/нефункциональных требований к организации цифрового взаимодействия.

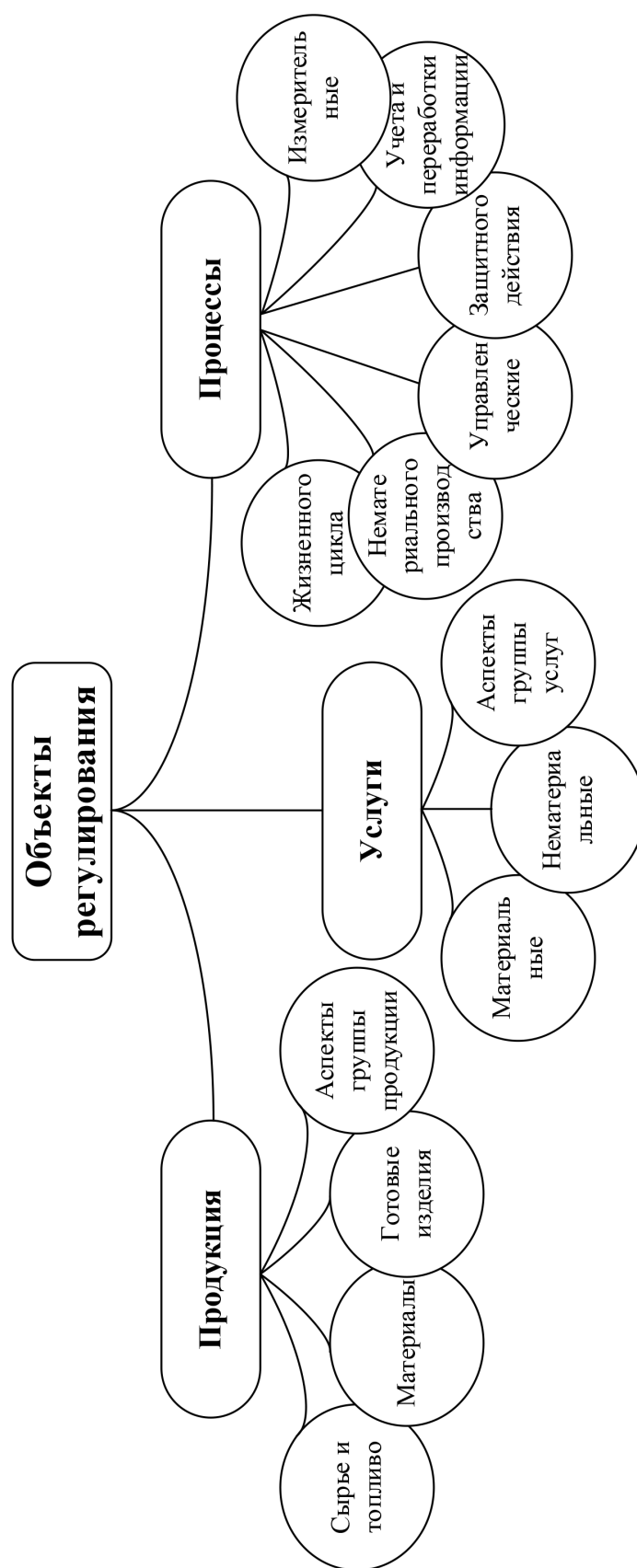


Рис. 1. Объекты государственного регулирования

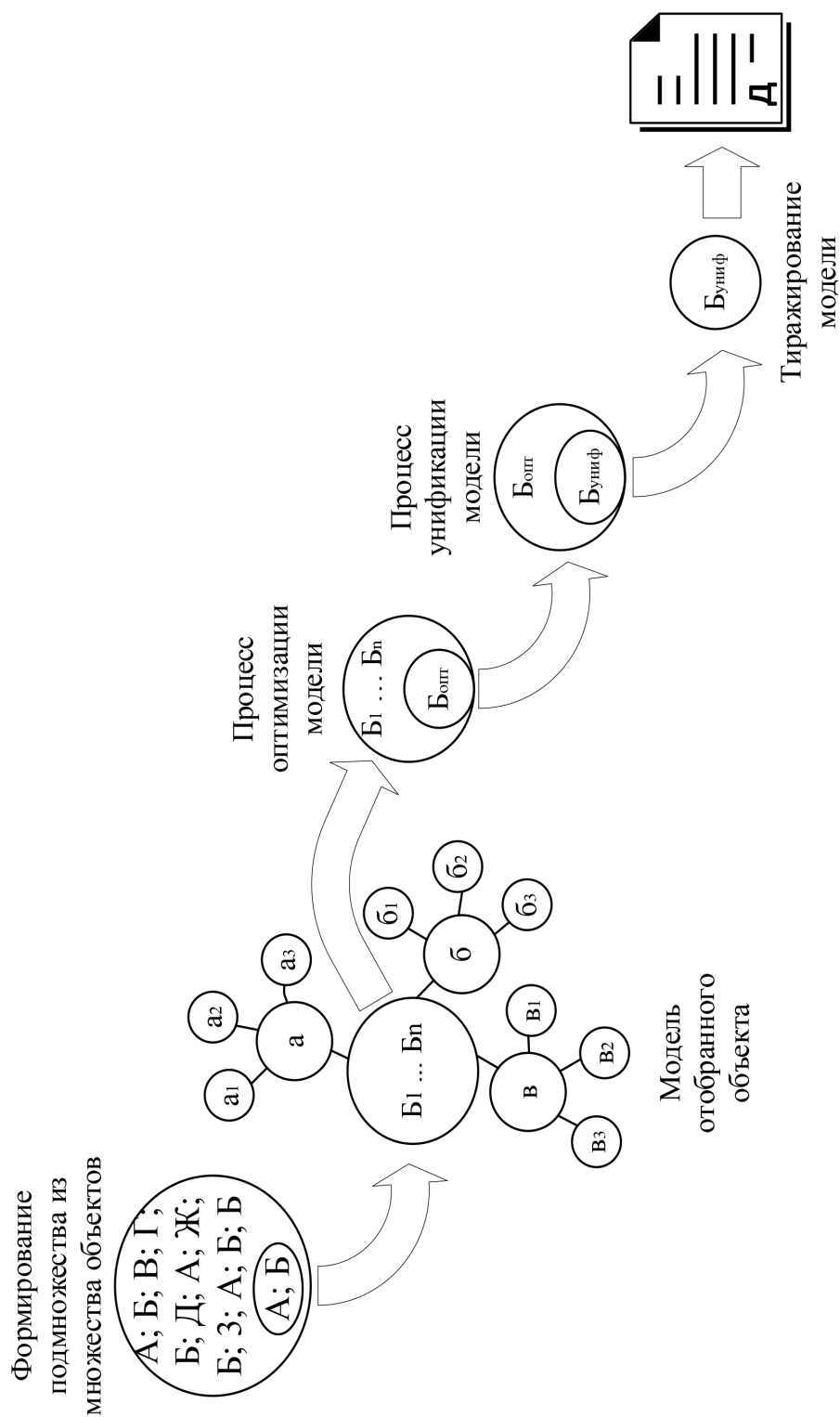


Рис. 2. Схема разработки сбалансированного нормативного документа
Примечание. Д – нормативный документ, закрепляющий описание объекта и принципы обращения с ним

Таким образом формируется потребность в актуализации нормативной базы в части фиксации требований, обеспечивающих внедрение безбумажного взаимодействия, и направленной на балансировку интересов участниками процессов эксплуатации и органами госконтроля/надзора.

2. Принципы формирования (актуализации) сбалансированной нормативной базы

В рамках государственного регулирования экономики в Российской Федерации разрабатываются меры, регламентирующие требования к обеспечению безопасности технических объектов на протяжении жизненного цикла, связанных с ними работ и услуг (рис. 1), а также контроль (надзор) за соблюдением этих требований. При этом разрабатываемые меры обеспечивают [19, 20]:

- соответствие между уровнями развития национальной экономики, а также научной и материальной технической базами;
- технологический суверенитет страны в инновационных секторах экономики;
- создание и внедрение передовых технологий;
- повышение уровня безопасности био- и антропосферы и развитие систем жизнеобеспечения населения в ЧС;
- унификацию в установлении требований к выполнению/оказанию работ/услуг;
- унификацию исследований/измерений/испытаний и сопоставимость их результатов;
- единство наделяния полномочиями по аккредитации и сертификации и их разделение между различными органами, соблюдая единство системы;
- независимость сертифицирующих/аккредитующих органов от участников рынка;
- конкуренцию при аккредитации/сертификации;
- финансирование госконтроля/надзора за соблюдением требований только из госбюджета;
- совместимость и взаимозаменяемость (унификацию) технических объектов для повышения их качества и качества связанных с ними работ/услуг, способствуя экономии ресурсов.

Среди этих мер выделяются основные:

- законодательство об ответственности за безопасность технических объектов, определяющее степень государственного регулирования в отношении ответственности организаций в цепочках «проектант/изготовитель → продавец → покупатель (подрядчик/эксплуатант), по вине которых в эксплуатации может оказаться опасная продукция, могут быть выполнены/оказа-

ны работы/услуги ненадлежащего качества и/или произошло искажение информации о фактических характеристиках эксплуатируемых объектов;

- регламенты / стандарты / иные нормативные акты (включая локальные), определяющие обязательные требования, а также оценку соответствия, устанавливающую факты соблюдения/несоблюдения обязательных требований (подтверждение соответствия, регистрация, госнадзор и др.);

- добровольная стандартизация и сертификация, внедрение систем качества (безопасности).

Данные меры формируются в результате внедрения и многократного тиражирования в типовых ситуациях надлежащим образом и экономично сформулированных решений задач, в основном связанных с описанием требований и составлением документации, с измерением и учетом количества технических объектов, их параметров и параметров технологических операций, связанных с ними работ и услуг, контроля готовности и прочих действий, обеспечивающих упорядочивание определенной предметной области, а также организации общего неперсонифицированного (неопределенного круга лиц) доступа к этим решениям.

Для внедрения, тиражирования и обеспечения общедоступности мер сбалансированного регулирования применяется обобщенная схема (рис. 2), которую предлагается рассмотреть на примере следующей гипотетической ситуации.

ГУП «Петербургский метрополитен» в рамках одного из проектов Центра, реализующего Стратегию 2035 и требование госполитики обеспечения безопасности, необходимо выполнить пилотирование информационной технологии, организующей дистанционное взаимодействие органов регулирования с эксплуатантами для мониторинга состояния безопасности, для которой систематически и/или разово оформляются и заполняются электронные формы документов, фиксирующие результаты проведения конкретных видов работ (в том числе документы от подрядных организаций по результатам выполненных работ, к которым также относятся заключения по результатам экспертизы промышленной безопасности эскалаторов из состава эскалаторного парка) для подготовки консолидированной электронной отчетности в рамках системы поддержки принятия управленческих решений ГУП «Петербургский метрополитен».

1) Отбор решений из множества объектов и действий с ними

На основе анализа описанной выше ситуации на первом этапе определяется мно-

жество объектов регулирования и выделяется в нем подмножество для дальнейшей формализации.

Пример: Выборка объектов и действий с ними (консолидация, декомпозиция и пр.) – множество {А; Б; В; Г; Б; Д; А; Ж; Б; З; А; Б; Б}. Выделенные объекты: А и Б – отдельные типы документов; критерий – разово или регулярно используются работниками ГУП «Петербургский метрополитен» для фиксации информации, необходимой для электронного документирования фактов производственной деятельности (А) и подготовки отчетности (Б).

2) Моделирование информации об отобранных объектах

Под моделированием на данном этапе понимается отображение существенных признаков и свойств реальных отобранных объектов (для сокращения примера ограничимся объектом Б – отчетная документация).

Пример: моделируются следующие существенные признаки объекта Б – реквизиты (а) и структура (б) документа, а также требования к нему (в): наименование организации составителя документа – а1, наименование документа – а2, юридический адрес организации составителя – а3, форма документа – б1, содержание (состав разделов) – б2, структурные связи с другими объектами – б3; требования к учету – в1, к содержанию (обязательное наполнение) – в2, к маршруту согласования и порядку внесения изменений – в3.

3) Оптимизация модели

Допустим, что выбранный объект Б – это документы, получаемые/подготавливаемые от/в разных организациях, которые могут отличаться, формируя подмножество: {Б1 ... Бn}. Различия могут состоять в составе существенных признаков, таких как реквизиты, способ оформления (электронный документ / скан-копия), маршрут согласования и т.п.

Задача этапа – подобрать необходимый и достаточный уровень оформления для получения оптимальной модели отобранного объекта Б.

4) Унификация модели, пригодной для тиражирования

Задача этого этапа – унифицировать оптимальную модель отобранного объекта для дальнейшего использования при разработке нормативного документа на конкретный объект регулирования, пригодного для многократного использования в отношении реальных или потенциальных задач.

В результате данного этапа определяется наилучший формат, требования к обменному файлу, а также правила информационно-технического сопряжения отправителя и получателя, к среде передачи данных.

5) Разработка нормативного документа

В общем случае при разработке нормативного документа в основном используются один или несколько документов, представленных ниже:

– Государственный стандарт [21] – для разработки стандартов.

– Государственный стандарт [22], методические рекомендации [23], постановление Правительства РФ [24] – для разработки законодательных актов.

– Руководящий документ [25] – для разработки руководящих документов.

– Государственный стандарт [26] – для разработки эксплуатационной документации, включая руководства по эксплуатации и т.п.

– Приказ [27] – для разработки сводов правил.

– Приказ [28] – для разработки федеральных норм и правил.

Как видно из представленных выше документов, при разработке нормативной документации в рамках госрегулирования в области обеспечения безопасности используются нормативные документы, представленные на рис. 3.

Так как в перечне документов в первой части данной работы отсутствует документ, частично или полностью соответствующий условиям примера, описанного выше, то может идти речь о разработке либо нового отраслевого стандарта [29], либо стандарта организации [30], либо об ограниченном системном изменении нескольких связанных стандартов в части обеспечения электронного взаимодействия эксплуатанта и органов госконтроля/надзора в области обеспечения безопасности при эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена.

Любой из вышеперечисленных вариантов подразумевает разработку как минимум одного документа, начинающегося с предисловия, которое содержит сведения о разработке и внесении его для утверждения, об утверждении / введении в действие, о заменяемых/переиздаваемых стандартах.

В нашем случае, ввиду множественного числа участников документируемого процесса и многообразия описываемых связей, объем разрабатываемого документа превысит 24 страницы, что требует выделения элемента «Содержание».

Так как документ будет разрабатываться впервые, для обоснования причин его разработки, определения его места в комплексе документов, указания его взаимосвязи с другими документами и приведения иной информации, облегчающей применение данного документа, вводится раздел «Введение», не содержащий требований и структурных элементов.



Законодательная и нормативная база	• Конституция • Федеральные законы • Указы и постановления • Регламенты, нормы и правила • Руководство по безопасности, руководящие документы • Национальные, отраслевые, предприятия стандарты, своды норм и правил, СНиПы, документы органов госуправления • Формы документов для ведения записей
Организационные	• Стратегия безопасности • Политика безопасности • Управление безопасностью через инструкции, методики, положения, техническую документацию (РКД, ПД, ТД и пр.), организационно-распорядительные документы
Технико-технологические	• Транспортная система города • Петербургский метрополитен • Эскалаторное хозяйство • Эскалатор

Рис. 3. Состав основных нормативных документов

На первой странице документа конкретизируется область применения документа, используя формулировки, к примеру, «...предназначен для применения при автоматизации бизнес-процессов, описывающих взаимодействие ГУП “Петербургский метрополитен” и государственных органов для обеспечения бесшовного обмена данными...», которые могут совмещать в одном предложении назначение документа, уточнение объекта и области применения/распространения документа. В качестве основы для описания области применения рекомендуется использовать [31].

Вторым разделом фиксируется перечень ссылочных документов для указания взаимосвязи разрабатываемого документа с другими.

Используемые при разработке документа термины, не стандартизованные в РФ на национальном уровне, указываются в разделе «Термины и определения», фиксируя тезаурус предметной области, позволяющий сформировать единое информационное поле для всех участников взаимодействия.

Разделы основной части, соответствующие требованиям к построению, изложению и оформлению [32], содержат документируемые положения, излагают особенности объекта и предмета разрабатываемого документа (в качестве примера можно использовать [33]), соблюдая требования в части аспектов безопасности, экологических аспектов, аспектов, связанных с оказанием услуг и других необходимых для описания границ применения, а также принятых ограничений и допущений.

В Приложениях к разрабатываемому документу фиксируются формы отчетных до-

кументов, структуры файлов и другие материалы, описывающие особенности информационно-технического взаимодействия между эксплуатантом и органом госконтроля/надзора в области обеспечения безопасности при эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена.

Таким образом, в результате применения вышеописанной обобщенной схемы формируется новый документ (комплекс документов), пригодный для применения в процессе эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена [34] и обеспечивающий баланс между интересами эксплуатанта и органов госконтроля/надзора за счет формализации объема потребной отчетной документации, определения источников конкретных типов данных (включая параметрический состав) и их форматов, а также построения на их основе цифровой модели взаимодействия бизнеса и государства (B2G – от англ. business-to-government).

3. Электронный документооборот как элемент цифровой модели взаимодействия

На сегодняшний день для цифровизации [35] взаимодействия между участниками процессов проектирования/производства/эксплуатации, а также органами госконтроля/надзора возможно использовать представленные на рынке [36] различные системы электронного документооборота, в которых предлагается обеспечить циркулирование электронных информационных ресурсов (далее – ЭИР), полученных в результате оцифровки шаблонов форм, зафиксированных в нормативной базе (к примеру, в Приложениях) в области обеспечения без-

опасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена.

Так как системы электронного документооборота [37] в последние полтора десятилетия не теряют своей актуальности для российских предприятий всех форм собственности, а для государственных учреждений стали обязательным элементом цифровой трансформации [38], направленной на повышение эффективности и безопасности деятельности, то при проектировании и внедрении системы предлагается дополнительно учитывать получившую широкое распространение имеющуюся нормативную базу [39, 40].

После внедрения системы электронного документооборота становится доступным основное ее преимущество – повышение эффективности и производительности труда, достигаемое в результате:

- сокращения затрат на бумажную канцелярию;
- обеспечения мгновенного доступа к потребным ЭИР посредством автоматизации поиска и хранения;
- внесения оперативных изменений в циркулирующие по системе ЭИР, с учетом разграничения доступа к различным данным посредством ролевой модели;
- снижения количества ошибок, допускаемых человеком за счет шаблонирования заполняемых электронных документов с встроенной функцией проверки вносимых данных;
- систематизации и формализации взаимодействия (создания, согласования и утверждения документации) за счет обеспечения коллективного доступа между исполнителями и между подразделениями, повышающего скорость обмена информацией и исполнения управленческих решений (включая контроль сроков исполнения каждого этапа согласования/реализации);
- повышения степени защиты циркулирующей документации от утраты, повреждения, и несанкционированного доступа.

Как правило, процесс внедрения достаточно типовой и включает следующую последовательность этапов.

Этап 0 – Инициация процесса внедрения

Перед стартом всех активностей издаётся приказ по организации о назначении рабочей группы и ее руководителя ответственными за внедрение электронного документооборота с указанием целей и задач внедрения, зон ответственности участников рабочей группы, бюджета, сроков и прав доступа во внедряемой системе.

Этап 1 – Предпроектное обследование

Шаг 1: Анализ текущей практики документооборота, в результате которого готовится перечень сущностей, планируемых/тре-

буемых для циркуляции в электронном виде в системе и бизнес-процессов, подлежащих автоматизации, а также драфт технического задания на внедряемую систему. Одновременно фиксируется схема процесса управления циркулирующими в системе сущностями, содержащая маршруты, порядок и очередность создания/исполнения/согласования/утверждения с обеспечением одновременного доступа и совместной работы, которая является основным приложением к разрабатываемому драфту технического задания.

Данный результат достигается за счет ревизии документопотоков между исполнителями и структурными подразделениями, анализа действующих регламентов, а также установления лиц, имеющих право подписи, и документов, на которые у них имеется право подписи.

Шаг 2. Проведение сравнительного анализа предложений на рынке и потребных изменений/дополнений решений из коробки. Контрактация с выбранным вендором.

Шаг 3. Разработка регламента/инструкции (или группы локальных документов), устанавливающих маршруты, очередность обмена, зоны ответственности и порядок взаимодействия между исполнителями, а также требования информационной безопасности и разграничения доступа, учитывающие требования [41, 42].

Этап 2 – Непосредственное внедрение

Шаг 1. Автоматизация обработки одного/нескольких базовых видов документов (бизнес-процессов).

Шаг 2. Создание электронного архива, в том числе посредством оцифровки ранее созданных бумажных документов за определенный период с обеспечением соответствующего режима хранения.

Шаг 3. Интеграция с другими используемыми корпоративными системами автоматизированного учета для обмена данными (кадровой, финансовой, производственной и пр.).

Шаг 4. Обучение сотрудников-пользователей конкретных рабочих мест системы, результаты которого фиксируются под подпись.

Шаг 5. На период адаптации к новым условиям работы за каждым подразделением, в котором происходит внедрение, закрепляется куратор из состава ранее созданной рабочей группы для обеспечения контроля за соблюдением регламентов, оказания помощи и оперативного решения проблем внедрения системы.

Этап 3 – Поствнедрение

Шаг 1. Издание приказа об организации электронного взаимодействия с контролирующими органами и органами власти, подрядчиками, заказчиками и пр.

Шаг 2. Выбор и подключение к внешнему оператору электронного документооборота (заключение лицензионного соглашения).

Шаг 3. Выбор и контрактация с аккредитованным удостоверяющим центром для получения электронной подписи руководителя и должностных лиц, имеющих право подписи, с одновременным приобретением средств криптографической защиты информации.

Шаг 4. Извещение в письменном виде, посредством индивидуальной или массовой рассылки, контролирующих органов и органов власти, подрядчиков, заказчиков о готовности к переходу на электронное взаимодействие.

Шаг 5. Заключение соглашения об обмене электронными документами с заинтересованными сторонами, содержащее форматы циркулирующих в системе документов, их способы отправки и получения, виды используемых электронных подписей, а также список лиц, ответственных за отправку и получение документов.

После всех вышеперечисленных этапов начинается штатное электронное взаимодействие с внутренними и внешними участниками бизнес-процессов.

Таким образом проработан способ реализации разработанной концепции, изложенной в новом документе (комплексе документов) (см. раздел два), пригодный для применения в процессе эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена и обеспечивающий баланс между интересами эксплуатанта и органов госконтроля/надзора.

Однако внедренная согласно шагам выше система электронного взаимодействия не представляет научного интереса, но может послужить основой для внедрения технологии извлечения знаний, содержащей элементы научной новизны.

4. Методы извлечения информации из нормативной базы

Как показали результаты первого раздела, в настоящее время практически все процессы, связанные с эксплуатацией эскалатора метрополитена, в достаточной степени формализованы, и незначительная актуализация нормативной базы, связанная с внедрением сквозной цифровизации процессов (пример которой приведен в разделе два), позволит формировать на базе системы электронного документооборота (внедренного согласно алгоритму, описанному в третьем разделе) ЭИР, необходимые для извлечения знаний посредством преобразования различных выборок данных из операционных баз данных различных информационно-технологических систем. Ядром таких преоб-

разований являются технологии интеллектуального анализа данных (далее – ИАД) (в англоязычной литературе называют Data Mining – DM).

В связи с тем, что знания извлекаются из ЭИР, в большей степени формализованных в нормативной базе, обрабатываемые данные априори относятся к одной предметной области и, следовательно, структурированы, то есть, к примеру, известны источники, из которых извлекается информация, наперед заданы наборы обрабатываемых метаданных, в том числе определяющих структуру хранения, что позволяет формулировать модели знания о предметной области (описывающие смысловое содержание формой, гарантирующей корректную обработку исходных данных формальными правилами) для последующей автоматизации. В последние годы среди средств автоматизации извлечения знаний выделяются статистические, инструментальные средства запроса, визуализация (включая элементы ВІ-технологий), интерактивная аналитическая обработка (к примеру – OLAP), обучение на прецедентах (к-ближайший сосед), деревья решений, ассоциативные правила, нейронные сети, генетические нечеткие алгоритмы и др.

При этом популярными теоретическими базисами извлечения знания являются математические аппараты моделей – таксономии [43], семантических сетей [44, 45] и онтологий [46, 47]. Таксономии – посторонние иерархии концептов, связанных отношением подтип-супертип, в которой каждый последующий уровень состоит из подтипов предыдущего и определяется выражением $T = (C, H)$, где C – множество концептов, H – иерархия отношений между концептами. Семантическая сеть – концепты и отношения визуализируются посредством графов, в которых концепты – вершины соединяются с ребрами-отношениями различных типов, и определяется отношением $N = (C, R)$, где C – множество концептов, R – множество отношений между концептами. Онтологии – экземпляры, классы, атрибуты, и отношения, взаимосвязь между которыми визуализируется посредством графов, в которых экземпляры и классы – виды вершин (классы – коллекции объектов, а экземпляры – конкретные объекты нижнего уровня), атрибуты – конкретные свойства, отношения-ребра, определяемые выражением $O = (I, C, R, A)$, где I, C, R, A – множества экземпляров, классов, отношений и атрибутов [48].

Вместе с тем наряду с большим количеством достоинств всех вышеописанных моделей их основными недостатками яв-

ляются высокая степень абстрактности, заключающаяся в ориентации на структуру обрабатываемой информации, а не на содержащиеся в ней знания.

На практике любое знание, описываемое моделью, должно проистекать из конкретного ЭИР, содержащегося в ограниченном множестве, структурирующего информацию в виде набора упоминаний множества взаимосвязанных элементарных фрагментов знания [48].

Механизм извлечения знаний включает три основные стадии: структурирование, формализация извлеченных знаний и построение базы знаний. Структурирование – разработка модели знания о предметной области в виде графа/таблицы/диаграммы и т.п., описывающей концепции, отношения и взаимосвязи между ними. Формализация – выбор информативных признаков (включая объем и номенклатуру метаданных), очистку, согласование (включая по времени) данных из разных источников к форматам хранилищ (стандартизация). Построение базы знаний – совместное использование нескольких инструментов, имитирующих многомерность мышления человека, позволяющих исследовать зависимость параметров и их значений от влияющих на них факторов и интерпретировать полученные результаты. Для взаимодействия пользователя с описанным механизмом извлечения знаний используется витрина данных, предоставляющая возможность сервисам системы иметь точку обращения к обрабатываемым данным, а также ответственному специалисту формировать различные аналитические отчеты по интересующим зависимостям.

Далее рассмотрим один из вариантов реализации механизма извлечения знания. В качестве теоретической базы реализации предлагается использовать подход, описанный в работе, максимизирующий объем извлекаемого знания, сокращающий издержки на структурирование и представленный в виде: $M = (KON, OT, UOTN, UKON, ФАКТ)$, где KON – множество концептов предметной области (конкретных смысловых данных зафиксированных, к примеру, текстово и параметрически в ЭИР), OTN – множество отношений между концептами, UKON – множество упоминаний концептов, UOTN – множество упоминаний отношений, ФАКТ – набор фактов, существующих внутри модели [48].

В вышеописанной модели каждый концепт является вложенной сущностью, содержащей данные о его упоминаниях, принадлежащей множеству ранее обработанных сгруппированных ЭИР. Отношение также

является вложенной сущностью, содержащей все упоминания о нем, принадлежащей ранее обработанным сгруппированным ЭИР. ФАКТ описывает взаимосвязь двух концептов и отношений между ними [48].

На первом этапе из ЭИР извлекается базовая структура, которая выделяет универсальные зависимости (номенклатура и количество которых задаются классификаторами на этапе проектирования системы после анализа отчетных форм, установленных в нормативной документации и локальных актах метрополитена), на основе которых строится дерево, отражающее структуру ЭИР и информацию о его составляющих концептах и отношениях.

Далее выполняется преобразование базовой структуры (дерева) в граф фактов, в результате которого исходные вершины и их отношения дополняются новыми, являющимися объединениями ранее извлеченных в составляющие (субъект – отношение – объект, субъект – отношение – аргумент) конкретного факта из обрабатываемого ЭИР. Рассмотрим на примере извлеченного из ЭИР упоминания – «эскалатор ЭТ-2», представляющего собой объединение в одну двух исходных вершин «эскалатор» и «ЭТ-2» с сохранением исходных вершин и уточненной связью с объединяющей вершиной [48].

Затем выполняется выделение шаблона из каждого элемента ЭИР в связанный набор фактов, необходимых для дальнейших преобразований и представлений лицу, принимающему управленческое решение. Полученные на предыдущем этапе факты, согласно вышеописанной модели графа знаний с упоминаниями, из составляющих «субъект – отношение – объект» и «субъект – отношение – аргумент» приводятся к виду «концепт – отношение – концепт» таким образом, чтобы все три элемента содержали конкретное представление в виде упоминаний, составляющих тот или иной содержательный элемент ЭИР, а также однозначно установленные типы универсальных зависимостей и связей. Рассмотрим на примере утрированных трех связанных фактов. Факт № 1 состоит из концепта «ремонт», выраженного упоминанием «ремонт»; концепта «эскалаторы станции», выраженного упоминанием «для эскалаторов станций»; отношения «требуется», выраженного упоминанием «требуется»; связи между упоминаниями «ремонт» и «требуется» по типу «отношение – аргумент»; связи между упоминаниями «эскалаторы станции» и «требуется» по типу «субъект – отношение». Факт № 2 состоит из концепта «значение», выраженного упоминанием «значение»; концепта «параметр», выраженного упоминанием

«параметр N»; отношения «принадлежит», выраженного упоминанием «принадлежит»; связи между упоминаниями «значение» и «принадлежит» по типу «отношение – аргумент»; связи между упоминаниями «параметр» и «принадлежит» по типу «субъект – отношение». Факт № 3 состоит из концепта «значение», выраженного упоминанием «значение»; концепта «ремонт», выраженного упоминанием «ремонт»; отношения «требует», выраженного упоминанием «требует»; связи между упоминаниями «ремонт» и «требует» по типу «отношение – аргумент»; связи между упоминаниями «значение» и «требует» по типу «субъект – отношение». Перечисленные составляющие образуют факт «парк техники», описывающий эскалаторы, которым требуется техническое воздействие. При этом отметим, что исходные данные могут описывать состояния различных эскалаторов различных станций на основе одних и тех же шаблонов, поэтому извлекаемые концепты и отношения могут быть выражены разными упоминаниями. Поэтому каждый факт должен включать в себя все известные упоминания, отражающие входящие в него концепты и отношение между ними, а также все известные варианты связей [48].

В процессе эксплуатации системы, базирующейся на рассматриваемой модели, появляется возможность на основе шаблонов находить схожие факты в неструктурированных сырых данных за счет вычислительных методов количественной оценки. Для этого на первом шаге проверяются наличия упоминаний первого концепта факта и оценивается его близость к упоминаниям в ранее обработанном массиве. Для нашего примера используем один из простых вычислительных методов – косинусную меру близости: если косинус угла между многомерными направлениями векторов совпадает – 1, если перпендикулярные (не зависящие) – 0 [48]. Однако в процессе реализации выбранный вычислительный метод может не удовлетворять каким-либо критериям точности, в связи с чем возможно использовать один из других методов, описанных в работах [49, 50]. Вторым шагом проверяются упоминания отношения первого факта и оценивается его близость к упоминаниям в ранее обработанном массиве. Третьим шагом проверяются связи (при их наличии) между этими упоминаниями, соответствующие типу связи между упоминаниями первого концепта и упоминаниями отношения из шаблона. Четвертым шагом проверяется наличие исходящей из упоминания отношения связи, соответствующей типу связи из шаблона связям между упо-

минаниями отношения и упоминаниями второго концепта (при их наличии). Пятым шагом извлекается второй концепт этой связи как упоминание второй сущности. После выполнения описанных шагов данные из нового ЭИР считаются обработанными. Интегрировав в описанную последовательность шагов неглубокие нейронные сети, обучающиеся сопоставлять концепты и их упоминания (контекст) [48], облегчается работа оператор с системой в части заполнения элементов экранных форм за счет предзаполнения их составных частей (контекстных подсказок), а также появляется возможность использовать VI-инструменты для визуализации как деревьев связей фактов, так и информации, требующей внимания оператора.

Описанный выше принцип работы нейронной сети требует дорогостоящей разметки данных. Для оптимизации производительности нейросети и сокращения количества размеченных данных предлагается использовать активное обучение, в процессе которого на вход сети сначала подается порождающее (стартовое) количество размеченных примеров, на которых модель обучается. После первичного обучения, при тестовой эксплуатации взаимодействуя с оператором, модель уточняет оценки неразмеченных данных, в которых менее уверена. Отладку сети предлагается осуществлять на всем массиве для сопоставления эффективности обучения, числа итераций и объема первично размеченных данных. Затем выполняются следующие итерации обновления модели до достижения приемлемого уровня точности, в результате которых формируется набор концептов и отношений с соответствующим им графом фактов, извлеченных в качестве описания состояния эскалаторного парка. Под каждой итерацией будем понимать два этапа: разметка экспертом нового примера, стохастически выбранного из массива ранее неразмеченных и необработанных ЭИР; поиск фактов, соответствующих обновленному шаблону.

Предложенная модель позволяет эффективно искать, структурировать и хранить извлеченные знания для дальнейшего преобразования, поэтому может использоваться для реализации модулей [51] из состава устройства планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена.

Заключение

В результате последовательного решения поставленных выше задач установлено, что в рамках потребной актуализации нормативной базы в области обеспечения без-

опасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена необходимо разработать нормативный документ (комплекс документов) определенной структуры, пригодный для применения в процессе эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена, содержащий функциональные/нефункциональные требования к организации цифрового взаимодействия B2G на основе электронного документооборота, являющегося информационной базой для применения технологий извлечения знания, возможных к применению в программном обеспечении аппаратно-программного комплекса мониторинга, планирования и контроля реестра потребных видов работ, обеспечивающих / не обеспечивающих исполнение показателей эффективности, а также способствующего переходу части инфраструктуры от системы ТОиР по наработке к системе по состоянию.

Вместе с тем отметим, что построение базы знаний на основе технологии извлечения знания имеет множество проблем, связанных с описанием номенклатуры и структуры данных, ее источников и объемов, режимов использования полученной информации и исходных данных, наличия/отсутствия асинхронной обработки, а также с особенностями обучения моделей извлечения и многое другое. Поэтому самым важным этапом при разработке программного обеспечения, использующего технологии извлечения знания, является проектирование, включающее обязательное макетирование/прототипирование при участии нескольких экспертов в предметной области, отвечающих за разные функциональные компоненты системы, коммуницирующих между собой и техническим руководителем разработки, а также привлекаемыми участниками будущего процесса эксплуатации и внедрения.

Список литературы

1. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30 июня 2014 г. № 552 «О Государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2022/04/21/39/1.pdf> (дата обращения: 01.03.2024).
2. Годовой отчет за 2022 год. ГУП «Петербургский метрополитен» [Электронный ресурс]. URL: https://metro.spb.ru/uploads/document/GO_Metro_2022_interactive.pdf (дата обращения: 01.03.2024).
3. Писарева О.М. Вопросы адаптации математического инструментария сценарного моделирования в цифровой среде многоуровневого стратегического управления // Управленческие науки. 2019. № 9 (3). С. 17–27.
4. Куликова О.М. Сценарное стратегическое планирование: математическая постановка задачи и алгоритм построения // Математические структуры и моделирование. 2014. № 4 (32). С. 73–76.
5. Указ Президента РФ от 6 мая 2018 г. № 198 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в об-

ласти промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71836636/?ysclid=ltiqs9z5tx465448303> (дата обращения: 04.03.2024).

6. Лифиц И.М. Методология, стандартизация и подтверждение соответствия. М.: Юрайт, 2015. 320 с.

7. Попов В.А., Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Адаптация процессов планирования и контроля // Известия МГТУ «МАМИ». 2023. № 3. С. 305–31.

8. Приказ от 03 декабря 2020 г. № 488 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности эскалаторов в метрополитенах» (с изменениями и дополнениями)» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573174921?ysclid=ltirlyjuag262769669> (дата обращения: 03.03.2024).

9. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/?ysclid=ltit3t2qlz63279059 (дата обращения: 01.03.2024).

10. Приказ Министра России от 27 декабря 2022 г. № 1131/пр «Об утверждении СП 120.13330.2022» СНиП 32-02-2003 Метрополитены» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300886470?ysclid=ltitql2fm975651071> (дата обращения: 05.03.2024).

11. ГОСТ 4.476-87. Система показателей качества продукции. Эскалаторы. Номенклатура показателей. М.: Изд-во стандартов, 1987. 11 с.

12. ГОСТ 33966.1-2020. Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Часть 1. Требования безопасности к устройству и установке. М.: Стандартинформ, 2020. 87 с.

13. ГОСТ 34486.2-2018. Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Правила и методы исследований (испытаний) и измерений. Измерение качества движения. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

14. ГОСТ 34489-2018. Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Правила и методы исследований (испытаний) и измерений. Правила отбора образцов. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

15. ГОСТ Р 53387-2009. Лифты, эскалаторы и пассажирские конвейеры. Методология анализа и снижения риска. М.: Стандартинформ, 2010. 31 с.

16. ГОСТ Р 55968-2014. Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Повышение безопасности находящихся в эксплуатации эскалаторов и пассажирских конвейеров. М.: Стандартинформ, 2014. 27 с.

17. РР-ЭС 002-17. Руководство по ремонту эскалаторов. СПб.: Петербургский метрополитен, 2017. 96 с.

18. РД 10-172-97. Рекомендации по конструкции и установке поэтажных эскалаторов и пассажирских конвейеров. М.: ФГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. 63 с.

19. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/?ysclid=ltiv6vufs0816550127 (дата обращения: 03.03.2024).

20. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/?ysclid=ltivbjmj86463302829 (дата обращения: 03.03.2024).

21. ГОСТ Р 1.1.-2020. Стандартизация в Российской Федерации. Технические комитеты по стандартизации и проектные технические комитеты по стандартизации. Правила создания и деятельности. М.: Стандартинформ, 2020. 28 с.

22. ГОСТ Р 57726-2017. Законопроекты, рассматриваемые законодательными (представительными) органами субъектов Российской Федерации. Требования к юридико-техническому оформлению. М.: Стандартинформ, 2020. 24 с.
23. Методические рекомендации по юридико-техническому оформлению законопроектов (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_379680/?ysclid=ltiy8ifb2o74138313 (дата обращения: 03.03.2024).
24. Постановление Правительства РФ от 02 августа 2001 г. № 576 «Об утверждении Основных требований к концепции и разработке проектов федеральных законов» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/183600/?ysclid=ltiw2n8xz1706484120> (дата обращения: 04.03.2024).
25. РД-03-12-2005. Руководящий документ «Положение о порядке разработки руководящих документов Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039111?ysclid=ltiy5tgcvv28250839> (дата обращения: 04.03.2024).
26. ГОСТ Р 2.610-2019. Правила выполнения эксплуатационных документов. М.: Стандартинформ, 2021. 47 с.
27. Приказ от 26.11.2021 г. № 858/пр «Об утверждении Порядка разработки, утверждения, изменения и отмены сводов правил в сфере строительства в Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_407490/ (дата обращения: 01.03.2024).
28. Приказ от 7 июля 2015 г. № 267 Об утверждении «Порядка разработки и утверждения федеральных норм и правил в области использования атомной энергии в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71075204/?ysclid=ltiyfvt84t188152860> (дата обращения: 01.03.2024).
29. ОСТ 45.10-98. Отраслевая система стандартизации. Порядок разработки стандартов отрасли (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200037538?ysclid=ltiygo8p5p219762055> (дата обращения: 01.03.2024).
30. ГОСТ Р 1.4-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2018. 6 с.
31. ГОСТ Р 53898-2013. Системы электронного документооборота. Взаимодействие систем управления документами. Технические требования к электронному сообщению. Разработка ГОСТ Р М.: Стандартинформ, 2018. 46 с.
32. ГОСТ 1.5-2001. Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению. М.: Стандартинформ, 2023. 68 с.
33. Приказ Минцифры/ФСО от 04 декабря 2020 г. № 667/233 (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573339115?ysclid=ltj104m1jh560523877> (дата обращения: 01.03.2024).
34. Попов В.А., Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Управление рисками // Известия МГТУ «МАМИ». 2021. № 3 (49). С. 10–22.
35. Суровцева Н.Г. Развитие документоведения в условиях цифровой трансформации управления документами в Российской Федерации: автореф. дис. ... докт. истор. наук. Москва, 2023. 24 с.
36. Ганапольская М.В. Анализ операторов электронного документооборота на российском рынке // Научный аспект. 2022. № 46. URL: <https://na-journal.ru/6-2022-ekonomika-menedzhment/3850-analiz-operatorov-elektron> nogo-dokumentooborota-na-rossiiskom-rynke (дата обращения: 01.03.2024).
37. Варламов Л.Н. Стандартизация управления документами. 2-е изд., доп. М.: ООО «ТЕМАТИКА.РУ», 2018. 504 с.
38. Емельянов А.С., Ефремов А.А., Калмыкова А.В. и др. Цифровая трансформация и государственное управление: научно-практическое пособие. М.: Инфотропик Медиа, 2022. 224 с.
39. Приказ Росархива от 15 июня 2020 г. № 69 «Типовые функциональные требования к системам электронного документооборота и системам хранения электронных документов в архивах государственных органов» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565342925?ysclid=ltj15tsk8756018311> (дата обращения: 01.03.2023).
40. Приказ Минфина России от 15 августа 2021 г. № 61н (ред. от 30.10.2023) «Об утверждении унифицированных форм электронных документов бухгалтерского учета, применяемых при ведении бюджетного учета, бухгалтерского учета государственных (муниципальных) учреждений, и Методических указаний по их формированию и применению» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384040/ (дата обращения: 01.03.2024).
41. Приказ Росархива от 20 декабря 2019 № 236 «Об утверждении Перечня типовых управленческих архивных документов, образующихся в процессе деятельности государственных органов, органов местного самоуправления и организаций, с указанием сроков их хранения» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_345020/?ysclid=ltj1opicri342416552 (дата обращения: 03.03.2024).
42. ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информация и документация. Управление документами. Ч. 1. Понятия и принципы. М.: Стандартинформ, 2019. 18 с.
43. Неизвестный С.И. О применении таксономии в области информационных технологий // Транспортные системы и технологии. 2016. № 1. С. 89–111.
44. Артюшина Л.А. Методы представления информации в простых семантических сетях // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. № 3. С. 382–393.
45. Аюшеева Н.Н., Диких А.Ю. Модель построения семантической сети научного текста // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 6. С. 9–13.
46. Олейник П.П., Грегер С.Э. Применение и реализация онтологий при разработке приложений баз данных // Прикладная информатика. 2016. № 3 (63). С. 76–102.
47. Бова В.В., Кравченко Д.В. Компьютерная онтология: задачи и методология построения // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. 2014. № 4 (19). С. 1–11.
48. Кленин Ю.Д. Активное обучение для извлечения знаний из описаний образовательных курсов в условиях малых объемов данных // Онтология проектирования. 2019. № 4 (34). С. 522–535.
49. Рубашко Е.А. Методы и алгоритмы нечеткого поиска текстовой информации // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы VII Международной научно-методической конференции. Минск: Издательство БГУИР, 2011. С. 464–465.
50. Мосалев П.М. Обзор методов нечеткого поиска текстовой информации // Вестник Московского государственного университета печати. 2013. № 2. С. 87–91.
51. Еланцев В.В. Устройство планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена // Патент России № ПМ213170. Патентообладатель – Еланцев В.В. 2022. Бюл. № 25.

СТАТЬЯ

УДК 530.1:53.01

ОБ ИНДУКЦИОННОЙ ПРИРОДЕ ИНЕРЦИИ

Ромм Я.Е.

*Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал)**ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»,**Таганрог, e-mail: romm@list.ru*

Предполагается, что вакуум состоит из электронов и позитронов, каждый из которых находится в состоянии замкнутого электрического вихря и ведет себя как круговой виток постоянного тока. Электроны и позитроны объединены в пары, где они разделены, но близко расположены в пространстве. Они не аннигилируют, потому что обращены друг к другу одноименными полюсами магнитных диполей, образованных круговыми витками тока. Постоянный ток в витке трактуется как состояние сверхпроводимости, которое характеризует эффект Мейснера со всеми особенностями электромагнитной индукции, подчиняющейся правилу Ленца. На фиксированном расстоянии друг от друга их удерживает электромагнитная индукция, препятствующая любому изменению магнитного потока, порождаемому взаимным ускорением. Такие пары соединяются в структуры, образуя силовые линии различных полей, включая поле инерции. Инерция тела как сопротивление приложенной к нему силе объясняется индукционным сопротивлением элементов радиальных силовых линий изменению внешнего магнитного потока со стороны электрон-позитронных пар пространства в прямолинейном продолжении радиальных силовых линий. После того, как прекращается действие приложенной к телу силы, оно остается под действием противоположно направленной индукционной силы. Ей противодействует вторичное индукционное сопротивление, под действием которого тело переходит в состояние равномерного прямолинейного движения. Сила вторичного индукционного сопротивления монотонно убывает со сверхвысокой скоростью, асимптотически стремится к нулю, при этом нулю нигде не равна. Интеграл от ускорения, определяемого этой силой, монотонно возрастает, быстро приближаясь к постоянному значению скорости. Вследствие сверхпроводимости мейснеровские вихри индукции в состоянии инерции тела не исчезают, создавая в элементах силовых линий ориентацию магнитных диполей по направлению движения. Массивные тела, движущиеся по инерции, взаимодействуют через ориентированные поля инерции. Этим взаимодействием объясняются приливо-отливные явления и возмущения движения небесных тел Солнечной системы с ретроградной орбитой.

Ключевые слова: структура вакуума, сверхпроводимость вихревых элементов, эффект Мейснера, природа инерции, приливо-отливные явления, возмущение орбитального движения небесных тел

ON THE INDUCTION NATURE OF INERTIA

Romm Ya.E.

*A.P. Chekhov Taganrog Institute (branch) of Rostov State University of Economics,**Taganrog, e-mail: romm@list.ru*

It is assumed that vacuum consists of electrons and positrons, each of which is in a state of a closed electric vortex and behaves like a circular direct current coil. Electrons and positrons form pairs wherein they are separated, but closely spaced. Annihilation in a pair is excluded by the eponymous nature of the poles of the magnetic dipoles of the contours facing each other. The direct current in the coil is interpreted as a state of superconductivity, which characterizes the Meissner effect with all the features of electromagnetic induction obeying the Lenz's rule. They are held at a fixed distance from each other by electromagnetic induction, which prevents any change in the magnetic flux generated by mutual acceleration. Such pairs combine into structures, forming forcelines of various fields, including electric, magnetic and gravitational ones. Analogues of the gravitational field lines, which radially exit from the center of gravity of the body and are not closed in space, form a field of inertia. The fields are mutually independent, their autonomous structure is supported by the induction interaction of the elements. The inertia of a body, as a resistance to the force applied to it, is explained by the induction resistance of the elements of radial force lines to a change in the external magnetic flux from the electron-positron pairs of space in a rectilinear continuation of the radial forcelines. After the action of the force applied to the body ceases, it remains under the action of an oppositely directed induction force. It is counteracted by a secondary induction resistance, under the action of which the body passes into a state of uniform rectilinear motion. The strength of the secondary induction resistance decreases monotonically at an ultrahigh rate, asymptotically tends to zero, while it is nowhere equal to zero. The integral of the acceleration determined by this force increases monotonically, rapidly approaching a constant value of velocity. Due to superconductivity, the Meissner induction vortices in the inertial state of the body do not disappear, creating in the elements of the force lines a magnetic dipoles' orientation in the direction of motion. Massive bodies moving by inertia interact through oriented fields of inertia. This interaction explains the tidal phenomena and perturbations of the motion of the Solar System celestial bodies with a retrograde orbit.

Keywords: vacuum structure, superconductivity of vortex elements, Meissner effect, nature of inertia, tidal phenomena, perturbation of the orbital motion of celestial bodies

Введение

Под природой инерции понимается физический процесс, связанный с телом, благодаря которому явление инерции про-

исходит и без которого оно бы не происходило. Природа инерции как сопротивления действию и природа движения по инерции трактуются как процесс, который состоит

во взаимодействии тела со средой вакуумного пространства посредством поля инерции. Предполагается, что поле инерции тела состоит из таких же элементов, как поле гравитации [1; 2], но отличается незамкнутостью радиальных силовых линий. Состояние поля инерции тела в процессе текущего движения по инерции, после получения импульса, отличается от состояния этого поля в процессе предшествующего движения тела по инерции, до получения импульса, – в направлении и силе взаимодействия поля с элементами вакуума. Положение тела в пространстве рассматривается в координатах локальной системы отсчета, которая связана с центром гравитации системы, включающей тело. Предполагается [1–4], что вакуум состоит из таких же элементов, как поле инерции, но отличается их стохастической неупорядоченностью. В качестве предполагаемых элементов вакуума рассматриваются (e^+e^-) -пары «моря Дирака». При этом электрон и позитрон находятся в состоянии разделенных замкнутых вихрей, физически и пространственно связанных между собой. Как витки кругового тока они обращены друг к другу одноименными полюсами магнитных диполей, что исключает аннигиляцию. Предположения отличаются от аналогов из [1], а также [2; 3] и [4] тем, что постоянство круговых токов элементов (e^+e^-) -пары объясняется состоянием сверхпроводимости. Взаимодействие элементов пары, а также их взаимодействие с (e^+e^-) -парами вакуума определяется электромагнитными свойствами сверхпроводника, в числе которых статические и индукционные свойства. Индукционные свойства электрона и позитрона в состоянии сверхпроводимости проявляются аналогично эффекту Мейснера, подчиняются закону электромагнитной индукции Фарадея и правилу Ленца. В этих предположениях ставится задача описать закономерности инерции макроскопических тел как следствия взаимодействий элементов их полей инерции с элементами вакуумного пространства. В границах подхода постулируется сохранение фундаментальных физических закономерностей, принимается аксиома Лейбница: «истинно либо то, что с необходимостью следует из истины, либо то, что ничему истинному не противоречит».

Цель исследования – показать, как из предположения о сверхпроводимости элементов вакуума вытекают свойства инерции физических тел. Требуется раскрыть механизм взаимодействия элементов полей инерции и элементов вакуума, дать математическое обоснование подхода, указать воз-

мущения орбитальных движений небесных тел, которые допустимо объяснять на основе предложенного подхода.

Исходные предположения о структуре вакуума, вещества и взаимодействии их элементов. Предположения опираются на прототипы из [1; 2], аналоги из [3; 4]. Принципиальное изменение состоит в гипотезе о сверхпроводимости элементов вакуума и компонентов нуклона, вытекающие отсюда следствия значительно отличаются от положений [1–4], что в деталях обсуждается в дальнейшем. Вводимые предположения созвучны гипотезе «моря Дирака», согласно которой вакуум состоит из соединенных в пары электронов и позитронов – (e^+e^-) -пар [5]. Современные представления о структуре вакуума опираются на эксперимент Жолио – Кюри, в котором электрон-позитронные пары порождаются из гамма-квантов в камере Вильсона в магнитном поле, разделяющем траектории электрона и позитрона [6]. Развитие представлений дают продолжающиеся эксперименты по появлению (e^+e^-) -пар из вакуума [7–10]. Выделяется эксперимент с графеновыми сверхрешетками, к которым ток подавался с силой, превышающей максимально возможную для вещества [11]. Графен выдержал ток, в процессе прохождения которого из вакуума в большом количестве появились электроны и позитроны, при этом они не аннигилировали. Необходимо отметить, что в работах Дирака и в их продолжение не объясняется, почему (e^+e^-) -пары в вакууме не аннигилируют, в какой мере и как эти элементы взаимодействуют между собой и с веществом, структура вакуума не детализируется. Ниже предпринимаются попытки трактовать классические представления о (e^+e^-) -парах, дополнив их предположениями о сверхпроводимости и индукционном взаимодействии. Это позволит объяснить устойчивость (e^+e^-) -пар в вакууме, их наличие и устойчивость в нуклонах атомных ядер, объяснить упругость вакуумного пространства. Основная цель работы – применить эти предположения для объяснения инертности и движения по инерции макроскопических тел. Конкретно используются следующие предположения из [1–4] с дополнениями в аспекте сверхпроводимости. Каждый элемент вакуума состоит из двух отдельных замкнутых тороидальных вихрей с круговыми осями. Один – свернувшийся в замкнутый вихрь электрон, другой – позитрон. Как замкнутый электрический вихрь, электрон (позитрон) предполагает свойства кругового витка постоянного электрического тока. Поскольку этот ток является постоянным и устойчивым,

это означает состояние сверхпроводимости. Электрон имеет единичный заряд e^- , как виток постоянного тока является магнитным диполем с полюсами N и S . Позитрон имеет единичный заряд e^+ , образует магнитный диполь с полюсами S и N . Механическое вращение материи обоих элементов пары имеет одинаковое направление, поэтому электрические токи являются противоположно направленными, обращенные друг к другу магнитные полюса – одноименными (условно – это полюса S). Как следствие, электрон и позитрон в паре взаимно отталкиваются и не аннигилируют. Окружности осей вращения электрона и позитрона в паре располагаются в параллельных плоскостях, их магнитные диполи образуют комбинацию полюсов $NSSN$. Внешний полюс пары всегда постоянен, предполагается, что это полюс N (если бы допускалась комбинация с внешним полюсом S , такие пары бы аннигилировали, что исключено). Винтовые шаги вихревых витков механического вращения пространственно ориентированы противоположно (рис. 1), что также препятствует аннигиляции. Соседние вихревые витки вращения вокруг круговой оси взаимно притягиваются, создавая силу центростремительного сжатия. Поэтому электрон-позитронная пара (кратко $\pm$ пара) имеет крайне малый диаметр круговой оси.

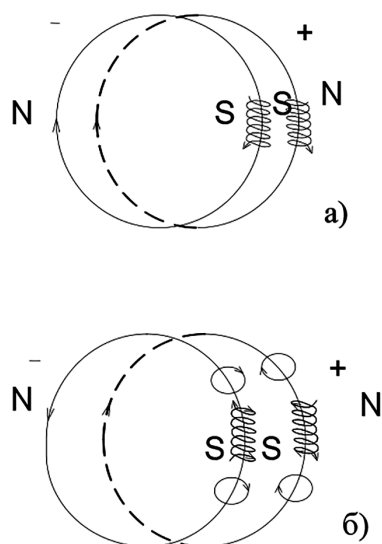


Рис. 1. Расположение магнитных полюсов в $\pm$ паре, винтовая (а) и электрическая (б) ориентация вихревых витков

В макроскопическом измерении $\pm$ пара имеет точечный размер. В ее объеме заключены два противоположных электрических заряда и две пары противоположных маг-

нитных полюсов в состоянии взаимного отталкивания. Поэтому $\pm$ пара нейтральна относительно стационарных внешних зарядов и стационарного магнитного поля макроскопических тел и сама по себе не создает действия на макроскопические заряды и магнитные полюса. Вакуумное пространство, регистрируемое приборами, на которое множество $\pm$ пар не действует, по этой причине воспринимается как «абсолютная пустота». Однако макроскопические заряды и магнитные поля ориентируют $\pm$ пары. Вводится предположение, что электрон и позитрон в $\pm$ паре, как замкнутые электрические токи (круговые контуры), обладают свойством электромагнитной индукции, которая подчиняется правилу Ленца. Индукция не является непосредственным аналогом электромагнитной индукции, открытой Фарадеем для металлических проводников. Как круговой контур в состоянии сверхпроводимости, электрон (позитрон) в полной мере проявляет эффект Мейснера со всеми особенностями и свойствами, известными для некомпозитного проводника в состоянии сверхпроводимости. Соединения электронов и позитронов в пары замкнутых вихрей могли возникнуть в момент большого взрыва при зарождении вселенной (взрыв бинарной сверхплотной жидкости, сконцентрированной в одной точке). При этом вихри, в которых оказались обращенными друг к другу разноименные магнитные полюса, аннигилировали. Сохранились те, и только те пары вихрей, в которых под сверхвысоким давлением (что отвечало условиям создания сверхпроводимости) оказались обращенными друг к другу одноименные магнитные полюса. Где бы ни находилась такая $\pm$ пара, в силу крайне малого своего размера каждый контур пары будет вести себя как в вакуумной среде, что обуславливает сохранение сверхпроводимости: вакуум не оказывает сопротивление постоянному току. Пара сохраняет устойчивое состояние относительно центра симметрии. Ее противоположные электрические заряды притягиваются, противоположные токи создают магнитные диполи, направленные друг к другу одноименными полюсами, что препятствует сближению. Вследствие электромагнитной индукции эти поля при динамическом изменении расстояния между диполями индуцируют на обращенных друг к другу поверхностях электрона и позитрона вихревые токи, взаимное действие которых направлено против возникшего изменения магнитного потока. В случае сближения контуров в паре вихревые токи отталкивают их друг от друга, в случае взаимного отдаления вихревые токи ме-

нают взаимное направление и притягивают их друг к другу. В результате электрон и позитрон в $\pm$ паре остаются на неизменном друг от друга расстоянии. Если на время рассуждения представить электрон (позитрон) $\pm$ пары в увеличенном масштабе до размеров макроскопического контура, то предполагаемые индукционные свойства составили бы набор известных индукционных свойств некомпозитного сверхпроводника [12; 13]. Приводимые ниже явления электромагнитной индукции в сверхпроводниках в преобразованном виде проецируются на контуры в $\pm$ парах (рис. 1).

Предположения об индукционных свойствах и эффекте Мейснера в $\pm$ парах, представление вакуума как $\pm$ среды. Во избежание терминологических оговорок термин «магнитный поток» сохраняется для магнитного поля в вакууме (общепринят термин «напряженность»). Обзоры исследований в области сверхпроводимости приводятся, в частности, в [13–15]. Экспериментальная демонстрация эффекта Мейснера в сверхпроводниках представлена в [16; 17], а также в [18; 19]. Ниже перечисляются проявления эффекта Мейснера, аналоги которых предполагаются свойствами электрона и позитрона $\pm$ пары.

1. Сразу при появлении внешнего магнитного поля на поверхности сверхпроводника (на поверхности контура $\pm$ пары) возникает вихревой ток, создающий свое собственное магнитное поле, направленное, по правилу Ленца, навстречу внешнему магнитному полю (при этом полное поле во внутреннем объеме проводника будет равно нулю).

1^а. Индукционное сопротивление вихревых токов возникает при каждом изменении магнитного потока, пронизывающего площадь контура $\pm$ пары независимо от причины, по которой изменяется магнитный поток. Согласно правилу Ленца, индукционный ток в замкнутом проводящем контуре имеет такое направление, что он ослабляет причину своего возникновения (иначе говоря, чтобы противодействовать изменению магнитного потока, индуцирующего эти вихревые токи). В частности, это явление возникает, если магнитный поток неоднородного магнитного поля с ускорением движется навстречу контуру $\pm$ пары, а также если контур $\pm$ пары ускоренно движется навстречу магнитному потоку.

2. Поверхностные вихревые токи постоянны во времени и не затухают в неизменяющемся магнитном поле, в частности это так в контурах электрона и позитрона $\pm$ пары.

3. В объеме сверхпроводника (в контурах $\pm$ пар) внешнее и собственное магнитные поля складываются так, что суммарное

магнитное поле становится равным нулю, хотя слагаемые поля существуют совместно и действуют взаимно независимо.

3^а. Возникновение эффектов со свойствами 1 – 3 связано с тем, что при внесении сверхпроводника в магнитное поле в нем возникают вихревые токи индукции, магнитное поле которых полностью компенсирует внешнее поле. При этом индуцированное магнитное поле само создает вихревые токи, направление которых противоположно токам индукции по направлению и равно по величине. В результате в объеме сверхпроводника отсутствует и магнитное поле, и ток. Известное свойство сверхпроводимости таково, что ток сверхпроводимости существует только на поверхности сверхпроводника, причем одновременно с вихревыми токами на той же поверхности. Именно такое совместное существование тока сверхпроводимости и вихревых токов предполагается в контурах $\pm$ пары.

3^б. Вместе с тем существуют незатухающие вихревые токи внутри сверхпроводника, которые создают внутреннее магнитное поле, противоположно направленное внешнему по отношению к ним «вихревому» магнитному полю и компенсирующее его.

4. Эффект Мейснера наблюдается только в слабых полях. При увеличении магнитного потока до критической величины сверхпроводящее состояние разрушается.

5. Магнит, приближающийся к сверхпроводнику, «видит» магнит одинаковой полярности и точно такого же размера. Отталкиваясь от неподвижного сверхпроводника, магнит «всплывает» сам и продолжает «парить» до тех пор, пока внешние условия не выведут сверхпроводник из сверхпроводящей фазы. Эффект работает и наоборот – сверхпроводник может зависать под магнитом. Применительно к контуру $\pm$ пары предполагается, что «одинаковый размер» встречного магнитного потока и магнитного потока индукционного сопротивления обусловлен их взаимодействием исключительно внутри бесконечного цилиндра, диаметр которого соизмерим с диаметром контуров $\pm$ пар.

6. Вращающийся сверхпроводник генерирует магнитное поле, точно выровненное с осью вращения (магнитный «момент Лондона» применяется в сверхпроводящих гироскопах для определения их осей вращения). Рассматриваемый гипотетический сверхпроводник – электрон, аналогично, позитрон $\pm$ пары можно считать механически вращающимся. Магнитное поле, точно выровненное с осью его вращения, контур $\pm$ пары генерирует вдоль высоты бесконечного цилиндра, диаметр которого соизме-

рим с диаметром контура $\pm$ пары, а высота перпендикулярна плоскости кругового тока и проходит через его центр.

7. Эффект Мейснера экспериментально демонстрируется как отталкивание поверхностными вихревыми токами одноименного полюса магнита. Если же плоский диск проводника в состоянии сверхпроводимости приблизить к неподвижному постоянному магниту снизу и отпустить, то диск не упадет. Он останется притянутым на таком же расстоянии, на каком отталкивался от сверхпроводника при приближении к нему сверху [16]. Согласно экспериментам [17–19] вихревые токи сверхпроводника создают магнитное поле, которое ускоренно приближающийся магнит отталкивает, ускоренно удаляющийся – притягивает, независимо от направленного к нему полюса магнита (индукционный ток всегда препятствует причине своего возникновения).

8. Индукционное взаимодействие сохраняет положение диска сверхпроводника на одном и том же расстоянии от цепочки контактно соприкасающихся притянутых друг к другу постоянных магнитов, когда диск движется вдоль цепочки по инерции [20], что говорит о сверхскорости переходных индукционных процессов в сверхпроводниках.

8^a. Эксперименты [17–20] означают, что при каждой смене полюсов магнитов, над которыми (под которыми) движется диск в состоянии сверхпроводимости, на его поверхности, независимо от постоянных токов сверхпроводимости, меняется направление вихревых токов, причем так быстро, что не создает видимых изменений в положении равномерно движущегося диска.

8^b. Эффект п. 8^a сохраняется при движении по инерции вдоль ленты Мебиуса, образованной соединениями постоянных магнитов, когда сверхпроводящий диск периодически меняет свое положение, оказываясь то сверху, то снизу под поверхностью ленты [19]. При этом сверхпроводник удерживается на неизменном расстоянии от ленты независимо от полярности проходимых им при равномерном движении встречных полюсов магнитов и независимо от характера взаимодействия, будь то отталкивание или притяжение.

9. Магнит, ускоренно удаляющийся от сверхпроводника, «видит» магнит противоположной полярности и точно такого же размера, равно как ускоренно приближающийся магнит «видит» магнит одинаковой полярности, причем независимо от скорости смены приближений и удалений.

10. Когда сверхпроводящий диск висит над постоянным магнитом, затем

получает импульс в направлении, перпендикулярном нормали к плоскости диска, он начинает равномерно колебаться вдоль перпендикуляра к нормали, не соскальзывая с магнита.

10^a. Когда между всеми соседними магнитами, дискретно соединенными в прямолнейную цепочку, остается зазор в четверть длины магнита, сверхпроводящий диск, получивший механический импульс, слегка проваливается в каждый зазор, но, каждый раз выравниваясь, продолжает поступательное движение вперед.

10^b. При этом, когда заканчивается горизонтальная цепочка магнитов, но небольшая ее часть свешивается вертикально вниз, сверхпроводящий диск соскользнет вдоль свешенной части цепочки, но не упадет, а вернется вдоль нее обратно наверх. Эти два эксперимента проявляют индукционное сопротивление гравитационному притяжению.

11. Если в экспериментах с движением по инерции сверхпроводящего диска вдоль цепочки постоянных магнитов диск приводился в наклонное положение, то он продолжал движение по инерции именно в таком неизменном наклонном положении [17–20].

В предположении, что индукционные свойства сверхпроводимости соответствуют свойствам элементов вакуума, ниже предпринимается анализ природы инертности и движения по инерции при механических взаимодействиях макроскопических тел. Вначале, с учетом индукционных свойств, корректируются отдельные предположения о $\pm$ парах и их структурированных множествах. Вращающиеся электрон и позитрон $\pm$ пары генерируют магнитные поля, точно выровненные с осями вращения. Отсюда контуры $\pm$ пары зависят друг от друга, не соскальзывая с линии центров, и остаются на неизменном друг от друга расстоянии вдоль перпендикуляра к плоскостям механического вращения. Электромагнитная индукция препятствует любому динамическому изменению взаимного расстояния как следующему из этого изменению взаимных магнитных потоков. Это влечет свойство создавать вихревые токи в контурах $\pm$ пар, такие, что они противодействуют всякому изменению связей структурированного множества $\pm$ пар. Если в результате внешнего действия плоскости вращения электрона и позитрона в $\pm$ паре примут наклон друг к другу, то наклон сохранится до нового внешнего воздействия. На поверхностях электрона и позитрона $\pm$ пары вихревые токи реагируют в соответствии с правилом Ленца на любые изменения внешнего магнитного потока и всегда направлены так, чтобы противо-

действовать причине своего возникновения. Объединение отмеченных свойств делает устойчивость $\pm$ пары «абсолютной» (при отсутствии сильного внешнего электромагнитного воздействия, разрушающего сверхпроводимость). Пара подобна конструкции из двух механически скрепленных круговых сверхпроводников с противоположным направлением токов. Вакуумное пространство рассматривается как среда (ниже $\pm$ среда), состоящая из $\pm$ пар с описанными свойствами, только из таких элементов и только с такими свойствами. В реальной среде находится множество известных и неизвестных элементов с разнообразными свойствами, от которых дальнейшие рассуждения абстрагируются. Стохастические процессы $\pm$ среды представляются как детерминированное среднестатистическое состояние элементов. Исключения, при необходимости, оговариваются.

Предположения о структуре атомов, поля гравитации, инерции и стационарных электромагнитных полей. Множество элементов $\pm$ среды взаимодействует с физическим телом через его поля, состоящие из таких же элементов – из $\pm$ пар. Гравитационное, электромагнитное и описываемое ниже поле инерции обладают силовыми линиями, которые образованы из $\pm$ пар, но различаются структурой связи элементов. Если множества элементов $\pm$ среды не принадлежат силовым линиям поля, то они не структурированы. Силовые линии каждого поля имеют структуру, с единственностью отвечающую разновидности поля. Искомая природа инерции состоит во взаимодействии тела с элементами

$\pm$ среды, потребуется отличать состояния локального покоя и движения, указывать роль $\pm$ среды в различии этих состояний и в сопротивлении приложенной силе. С этой целью детализируется структура каждого из рассматриваемых полей. Предполагается, что силовые линии поля образуются благодаря тому, что нуклоны ядра атома состоят из $\pm$ пар, в нуклоне они соединены в сферическую структуру. Нейтрон – сферическая поверхность, покрытая $\pm$ парами, плоскости контуров которых расположены в параллельных касательным к поверхности плоскостях (рис. 2). Соседние $\pm$ пары чередуют сдвиг вдоль радиусов сферы, в соответствии сдвигам чередуют знак внешнего заряда в шахматном порядке. Этот порядок однократно нарушен, в месте нарушения образуется локальный избыток отрицательных зарядов, центральный из них выдавливается окрестными одноименными зарядами с поверхности, когда нейтрон оказывается в свободном состоянии. Тогда он излучает электрон и приобретает единичный положительный заряд сохранившегося в его структуре позитрона, образуя протон. В ядре атома это не происходит (если атом не радиоактивен): избыточная отрицательная зона нейтрона ориентирована на положительный заряд протона, образуя соединение, связывающее протоны и нейтроны в ядре. Дополнительная сила связи обусловлена тем, что позитрон в структуре протона имеет внешний магнитный полюс S , сохранившийся от $\pm$ пары после отделения электрона. Все другие внешние магнитные полюса $\pm$ пар нейтрона есть N . Пусть рассматривается нейтрон (рис. 2).

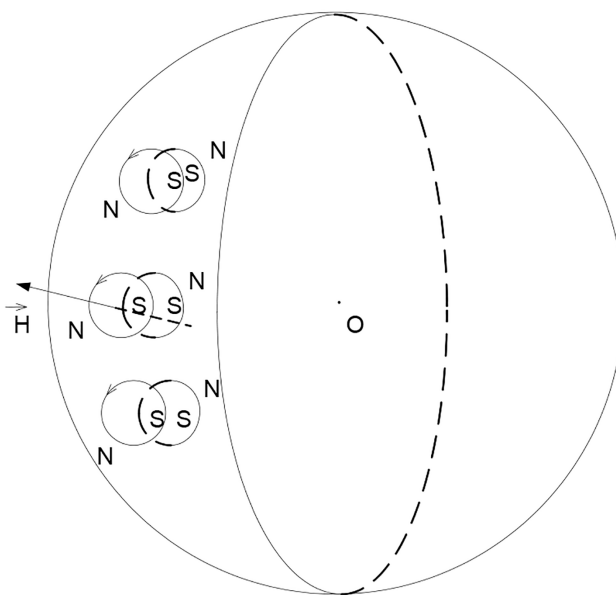


Рис. 2. Магнитная ориентация $\pm$ пар на сфере нейтрона

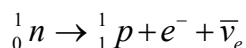
Перпендикулярные плоскостям контуров линии центров $\pm$ пар попарно повернуты друг относительно друга на $\approx 180^\circ$, чередуя на сфере заряды «+» и «-» в шахматном порядке:

$$\begin{array}{cccc} + & - & + & - \\ - & + & - & + \\ + & - & + & - \\ - & + & - & + \end{array} \quad (1)$$

Под каждым «+» из (1) на внутренней стороне сферы нейтрона располагается сдвоенный с ним «-», под каждым внешним «-» располагается сдвоенный с ним «+». Линии центров $\pm$ пары располагаются радиально к центру сферы. В таком положении $\pm$ пары удерживаются взаимным притяжением зарядов. Кроме того, $\pm$ пары чередуют смещение линий центров к центру нейтрона и обратно, усиливая взаимное притяжение за счет смещения внешних магнитных полюсов соседних $\pm$ пар к внутренним, им противоположным. Протон – следствие того, что чередование (1) на поверхности нейтрона однократно нарушено:

$$\begin{array}{cccc} + & - & + & - \\ - & + & - & + \\ + & - & (-) & - \\ - & + & - & + \end{array} \quad (2)$$

Соседние отрицательные заряды выталкивают лишний «внутренний» между ними заряд (-), восстанавливая расположение (1). На поверхности остается не скомпенсированный позитрон с зарядом «+» в состоянии устойчивого замкнутого вихря. В результате нейтрон распадается на протон и электрон, протон остается с зарядом позитрона. Эта реакция известна как β -распад:



После распада протон становится «абсолютно» устойчивым. В ядре атома заряд протона «+» ориентируется на зону отрицательного участка поверхности нейтрона вокруг (-), как иллюстрирует (2). В совокупности это влечет особенности ядра, на основе которых объясним наличие электрона в ядре атома, равенство абсолютных величин зарядов протона и электрона, происхождение орбитальных электронов атома, равенство их количества числу протонов ядра в неионизированных атомах. Сравнительно наглядно объясняется естественная радиоактивность с излу-

чением электронов (β -распад), а также сдвоенных протонов и нейтронов (α -частиц) вследствие сохранения в них взаимной ориентации зарядов на поверхности. Естественность процесса распада именно тяжелых ядер урана объясняется дефицитом локального пространства для взаимной ориентации нейтронов и протонов. Объяснимо также излучение позитронов (β^+ -распад) в явлениях искусственной радиоактивности, появление одновременно электронов и позитронов (β^+ и β^- -распады) в процессе распада α -частиц (вырываются связанные взаимной ориентацией позитроны и электроны). Допускает объяснение механизм происхождения отрицательного заряда анти-альфа-частиц [6] и антипротонов. Можно предположить, что на момент зарождения $\pm$ пар в вакууме могли образоваться и более сложные их пространственные комбинации – атомы и молекулы. Из сверхпроводимости контуров $\pm$ пар и их индукционных свойств следует, что индукционность элементов в нуклонах атомных ядер, в орбитальных электронах атомов усиливает устойчивость стационарных связей в структурах нейтронов, протонов, атомных ядер, атомов и молекул. Ядро атома ориентирует $\pm$ пары из $\pm$ среды в своей окрестности. Ближайшая $\pm$ пара ориентируется зарядом ее электрона на заряд протона ядра либо внутренней парой магнитных полюсов S на внешний магнитный полюс N на сфере нуклона. Ориентированные $\pm$ пары в свою очередь ориентируют ближайшие к ним $\pm$ пары среды, и так – до образования силовой линии. Устойчивость силовых линий поддерживают индукционные взаимодействия элементов. Силовая линия гравитации отличается от силовых линий электрического и магнитного полей тем, что имеет неравномерно чередующуюся взаимную ориентацию зарядов $\pm$ пар и полюсов их магнитных диполей. Это не исключает суперпозиции магнитных диполей ее $\pm$ пар. В макроскопической окрестности центра тяжести тела силовые линии гравитации исходят из него как из центра симметрии. Каждая такая силовая линия имеет вид прямолинейной цепочки ориентированных друг на друга $\pm$ пар (в дальнейшем линейных $\pm$ пар), последовательное чередование зарядов которых прерывается перпендикулярно расположенными $\pm$ парами (в дальнейшем ортогональными $\pm$ парами). Ортогональные $\pm$ пары образуются за счет ориентации на внешний магнитный полюс N линейной пары одновременно двух внутренних полюсов N ортогональной $\pm$ пары. На этой основе образуется прямолинейная цепочка вида

$$\begin{array}{ccccccc}
 & N & & N & & N & \\
 & S & & S & & S & \\
 (n) & NSSN & & NSSN & \dots & NSSN & NSSN & NSSN & (n), (3) \\
 & S & & S & & S & \\
 & N & & N & & N &
 \end{array}$$

где в промежутке между ортогональными $\pm$ парами соседние линейные $\pm$ пары чередуют знак заряда на обращенных друг к другу концах:

$$(e^+, e^-), (e^+, e^-), (e^+, e^-), \dots, (e^+, e^-), (e^+, e^-), (e^+, e^-). \quad (4)$$

Длина цепочки (4) из линейных $\pm$ пар сравнительно невелика, в (3) она показана трижды состоящей всего из одной $\pm$ пары. Символ (n) в (3) означает, что цепочка от нуклона атома одного тела идет к нуклону атома другого тела, образуя между ними притяжение (силовая линия гравитации замкнута). Цепочка (4) в структуре (3) может иметь видоизменение:

$$(e^-, e^+), (e^-, e^+), (e^-, e^+), \dots, (e^-, e^+), (e^-, e^+), (e^-, e^+). \quad (5)$$

В этом случае две части цепочки линейных $\pm$ пар (4) и (5) расположены по разные стороны от ортогональной $\pm$ пары. Обращенность друг к другу одноименных зарядов по обе стороны от ортогональной $\pm$ пары не влечет отталкивание таких линейных $\pm$ пар друг от друга. Расстояние между этими одноименными зарядами вдвое больше расстояния между противоположными магнитными полюсами, при этом полюс N линейной $\pm$ пары притягивается сразу к двум полюсам S ортогональной $\pm$ пары, как в (3). Цепочка (3) изображена на плоскости, в пространстве ортогональная $\pm$ пара может расположиться с тем же центром симметрии произвольным образом в плоскости круга, перпендикулярного цепочке. Это влечет пространственные ответвления в перпендикулярном направлении. В свою очередь перпендикулярно к перпендикуляру ответвления может возникнуть цепочка, параллельная исходной цепочке. При этом комбинации (4), (5), будучи параллельными, взаимно притягиваются,

что скрепляет силовую линию, придает ей объем, усиливает эффект ее нейтральности в макроскопическом пространстве. Тому же способствует взаимный сдвиг магнитных диполей и зарядов в параллельных цепочках. При этом сохраняется прямолинейность продольной оси силовой линии в целом. Устойчивость связей в структуре силовой линии усиливается индукционными взаимодействиями элементов. Изображение (3) – (5) принимается за условное обозначение взаимной ориентации элементов силовых линий атомов и физических тел. В реальности элементы подчиняются вероятностным закономерностям. В среднем принадлежащая силовой линии $\pm$ пара находится в положении, обозначенном в (3) – (5), с вероятностью $P > 1/2$. Силовая линия инерции (радиальная силовая линия) повторяет структуру силовой линии гравитации с тем принципиальным отличием, что не замыкается на другое тело, в ее изображении исключается второй символ (n) :

$$\begin{array}{ccccccc}
 & N & & N & & N & \\
 & S & & S & & S & \\
 (n) & NSSN & & NSSN & \dots & NSSN & NSSN & NSSN & \dots & (6) \\
 & S & & S & & S & \\
 & N & & N & & N &
 \end{array}$$

Происхождение и особенности структуры будут детально обсуждаться в дальнейшем. Силовая линия, которая состоит только из цепочек вида (4) или (5), относится к электростатическому заряду, поле которого состоит из ориентированных таким образом линейных $\pm$ пар. Силовая линия ста-

онарного магнитного поля состоит из эле-

ментов вида $\begin{array}{c} N \\ \rangle_S^S \\ N \end{array}$, где предполагается,

что прямолинейный отрезок линии центров контуров $\pm$ пары изогнут посередине под не-

которым углом. Угол наклона к исходной линии центров должен быть много меньше прямого, иначе $\pm$ пара аннигилировала бы с $\pm$ парами $\pm$ среды вследствие взаимной

обращенности разноименными магнитными полюсами. Изображение силовой линии стационарного магнитного поля представимо цепочкой

$$\begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} \quad \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} \quad \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} \quad \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} \quad \dots \quad \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} \quad \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} \quad \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} \quad \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \rangle \begin{matrix} S \\ S \end{matrix} . \quad (7)$$

Такая изогнутость $\pm$ пар создает ориентацию стационарного магнита. Согласно предположениям, если внешним действием плоскость вращения элемента $\pm$ пары была приведена в наклонное положение, то элемент продолжает постоянно оставаться именно в таком неизменном наклонном положении. В положении (7) элементы $\pm$ пары могли оказаться под влиянием внешнего магнитного поля. В комбинации (4), (5) $\pm$ пары переводятся под влиянием стационарного электрического заряда тела. Структуры поддерживают взаимное соединение элементов в цепочках индукционным взаимодействием контуров $\pm$ пар. С учетом суперпозиции ориентированных зарядов и магнитных диполей достигается передача притяжения и отталкивания от элемента к элементу. Передача притяжения в силовых линиях инерции (6) достигается суперпозицией магнитных диполей линейных $\pm$ пар, всегда ориентированных во внешнем направлении полюсом N , притягивающихся вдоль прямой к двум полюсам S каждой из ортогональных $\pm$ пар, множество которых подчиняется своей отдельной суперпозиции. В любой передаче действия участвует индукционный процесс, поскольку притяжение или отталкивание – динамическое изменение взаимного положения и магнитного потока соседних $\pm$ пар, чему индукция противодействует. Поле инерции тела образуется из радиальных силовых линий (6), симметрично выходящих из центра тяжести. Такое поле существует у каждого тела, не зависит от поля гравитации, аналогично тому, как у одного и того же тела могут автономно существовать поле гравитации, электрическое и магнитное поле. Автономность каждого поля поддерживается индукционным противодействием изменению взаимного положения элементов.

Взаимодействие радиальной силовой линии и $\pm$ среды. Наряду с индукционными свойствами есть физическая, одновременно с тем геометрическая и вероятностная причина существования радиальных силовых линий, которая заключается в следующем. Пусть произвольно зафиксирована прямая линия в $\pm$ среде и зафиксирована линейная $\pm$ пара, линия центров которой лежит

на этой прямой (именно такая $\pm$ пара ниже называется линейной). Внешний полюс N этой $\pm$ пары «видит» вдоль прямой одновременно два сдвоенных полюса S ортогональной $\pm$ пары, середина линии центров которой лежит на этой же прямой (именно такая $\pm$ пара ниже называется ортогональной). Ортогональная $\pm$ пара необходимо найдется на прямой (найдется их бесконечное множество). К ортогональной $\pm$ паре линейная $\pm$ пара притягивается. Одновременно линейные и одновременно ортогональные $\pm$ пары между собой взаимно отталкиваются. Полюс N линейной $\pm$ пары «видит» одновременно два противоположных полюса N и S у любой $\pm$ пары, которая не является линейной или ортогональной, в частности если середина ее линии центров не лежит на рассматриваемой прямой. Взаимодействие линейной $\pm$ пары с такими $\pm$ парами имеет более высокий порядок малости, чем взаимодействие с линейными и ортогональными $\pm$ парами. То же можно отнести к взаимодействию с $\pm$ парами ортогональной $\pm$ пары. На этом основании в дальнейшем учитывается взаимодействие только вдоль прямой, соединяющей середины линий центров, исключительно линейных и ортогональных $\pm$ пар. Их составное действие друг на друга образуется по принципу суперпозиции и является доминирующим по отношению к взаимодействиям более высокого порядка малости. Нестрогость этого рассуждения снижается в силу свойства п. 6: вращающийся сверхпроводник контура $\pm$ пары генерирует магнитное поле, точно выровненное с осью вращения – вдоль фиксированной прямой. Принципиально следующее. Вдоль прямой располагается множество точек середины линий центров ортогональных и линейных $\pm$ пар (рис. 3).

В силу равной вероятности всевозможных положений наибольшее их количество будет принадлежать ортогональным $\pm$ парам, середины линий центров которых совпадают с центрами кругов, перпендикулярных прямой (ибо на таком круге ортогональная $\pm$ пара может оказаться в любом из возможных положений, рис. 3). Ортогональные $\pm$ пары образуют на прямой множество большей мощности, чем множество линейных $\pm$ пар.

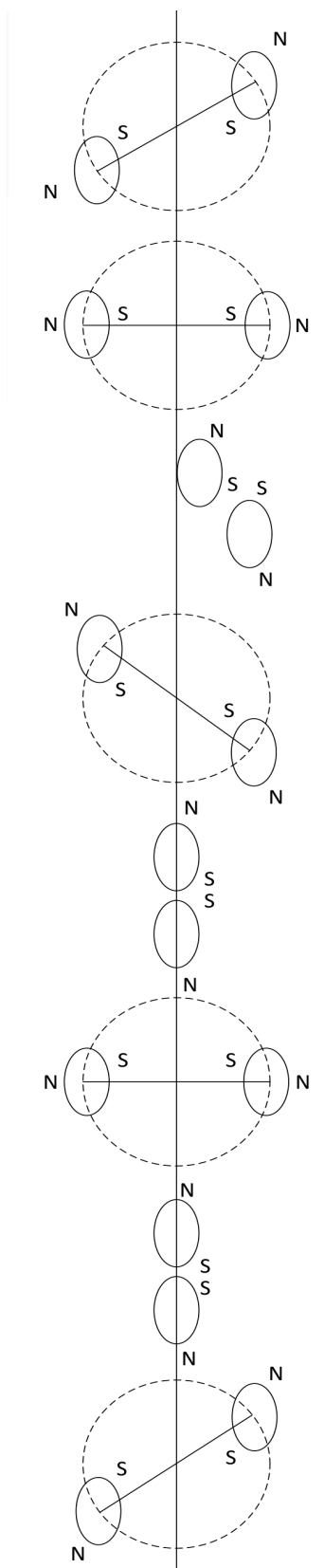


Рис. 3. Расположение на прямой в пространстве середины линий центров $\pm$ пар (окружности располагаются в плоскости перпендикулярной прямой)

Суперпозиция магнитного поля с поллярностью S оказывается доминирующей на прямой, и полюс N линейной $\pm$ пары притягивается вдоль этой прямой к ортогональным $\pm$ парам. Линейная $\pm$ пара будет притягиваться с равной силой вдоль прямой в прямом и обратном направлении. Однако если прямая является продольной осью радиальной силовой линии тела, то притяжение линейной $\pm$ пары со стороны ортогональных $\pm$ пар будет происходить только в центробежном от тела направлении, поскольку, согласно (6), в любой конечной цепочке радиальной силовой линии число линейных $\pm$ пар в промежутках между соседними ортогональными $\pm$ парами превосходит число ортогональных $\pm$ пар. Их притяжение к бесконечному множеству ортогональных $\pm$ пар вдоль прямой будет превосходить взаимное отталкивание ортогональных $\pm$ пар. Поэтому вся радиальная силовая линия, а посредством нее и тело, притягивается со стороны $\pm$ среды в центробежном направлении. На ограниченной по длине радиальной силовой линии – избыток линейных $\pm$ пар, на ее бесконечном прямолинейном продолжении – избыток ортогональных $\pm$ пар. В результате создается пространственное притяжение всей радиальной силовой линии (и тела) в центробежном направлении. Именно такое прямолинейное притяжение формирует радиальные силовые линии и определяет качество их прямолинейности, отличающее их от замкнутых силовых линий гравитации. Из центра тяжести тела в одном направлении параллельно выходит несколько продольных осей линейных цепочек вида (6). Они взаимно сдвигаются так, что притягиваются друг к другу смежными полюсами магнитных диполей и противоположными электрическими зарядами, суммарно это усиливает притяжение в центробежном направлении вдоль продолжающих их прямых. Такая группа параллельных радиальных силовых линий в дальнейшем принимается за единую радиальную силовую линию. Она занимает внутренний объем цилиндра, основание которого проходит через центр тяжести тела, он имеет конечную высоту и будет называться радиальным цилиндром. Бесконечное продолжение этого цилиндра в центробежном направлении включает все полупрямые внешнего продолжения цепочек радиальной силовой линии. От начальной точки их продолжения (от конца высоты радиального цилиндра) цилиндр именуется полубесконечным цилиндром (бесконечным продолжением радиального цилиндра). Предполагается, что радиальный и полубесконечный цилиндры имеют «сколь угодно» малый в макро-

скопическом измерении, но фиксированный диаметр. Полубесконечный цилиндр состоит из стохастических $\pm$ пар, тогда как радиальный цилиндр состоит из $\pm$ пар в детерминированной структуре вида (6). В стационарном состоянии в силу симметрии на центр тяжести тела действует равная сила в любом радиальном направлении, поэтому притяжение тела со стороны всех элементов $\pm$ среды уравнивается и в сумме равно нулю. Прямая, линейная и ортогональные $\pm$ пары на ней инвариантно строятся в любой точке $\pm$ среды. Линейная $\pm$ пара сама является ортогональной для любой прямой, перпендикулярно проходящей через середину ее линии центров. Поэтому каждая $\pm$ пара испытывает притяжение со стороны $\pm$ среды, как следствие, $\pm$ среда является упругой. В силу симметрии $\pm$ среда изотропна. Изотропная упругость поддерживается индукционностью элементов, препятствующей динамическому изменению положений соседних $\pm$ пар. Возможность пренебречь действием на линейную $\pm$ пару не ортогональной пары является эвристическим замечанием. Множество не учитываемых $\pm$ пар бесконечно. Сумма их действий на линейную $\pm$ пару может не равняться нулю. Поэтому возможность пренебречь их действием в дальнейшем принимается как формальное предположение.

Стационарное притяжение тела $\pm$ средой. Пусть рассматривается неподвижное однородное сферическое тело макроскопического размера массой m с центром тяжести o на поверхности Земли. Покой и движение тела, пока не оговорено иное, рассматриваются относительно точки o в фиксированных на поверхности декартовых координатах. Предполагается, что количество цепочек (6) в радиальном цилиндре зависит от массы тела и от расстояния до центра o , а количество радиальных силовых линий пропорционально m . Из [2] с модификацией заимствуется следующее предположение. Элемент стационарного действия – дифференциал модуля силы – однородного сферического тела единичной массы на сколь угодно малый в макроскопическом измерении элемент радиального цилиндра на расстоянии r от центра o может быть представлен в виде

$$df = m_{nd} \left(-\frac{2k}{r^3 e^{\frac{k_0}{r}}} + \frac{kk_0}{r^4 e^{\frac{k_0}{r}}} \right) dr. \quad (8)$$

Здесь $k = \text{const}$, $k_0 = \text{const}$ – постоянные коэффициенты, значение которых неизвестно; m_{cd} – масса ортогонального среза радиального цилиндра (кратко – среза), который

имеет «сколь угодно» малую, но фиксированную толщину. Пока не оговорено иное, значение m_{cd} полагается неопределенным. Умноженная на приращение dr , эта масса дает массу элемента радиального цилиндра. Элемент действия (8) имеет электромагнитную природу на уровне взаимодействия $\pm$ пар, в макроскопическом измерении выражает механическое действие. Полное действие тела единичной массы на элемент радиального цилиндра есть

$$f = m_{cd} \int_0^r \left(-\frac{2k}{r^3 e^{\frac{k_0}{r}}} + \frac{kk_0}{r^4 e^{\frac{k_0}{r}}} \right) dr.$$

$$\text{Очевидно, } df = m_{cd} \left(\frac{k}{r^2} \times \frac{1}{e^{\frac{k_0}{r}}} \right)' dr,$$

отсюда, в обозначении $f = f_{1m_{cd}}$,

$$f_{1m_{cd}} = k \frac{m_{cd}}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}}, \quad (9)$$

где единичный индекс $f_{1m_{cd}}$ соответствует единичной массе. Элемент радиального цилиндра также действует на тело единичной массы, причем с такой же силой, как в правой части (9). Это обратное действие не имело бы физического смысла (тело притягивается полем, которое само создает), если бы элементы радиальной силовой линии не притягивались элементами бесконечного продолжения радиального цилиндра. В данном случае элемент радиального цилиндра передает действие на тело и, имея опору со стороны элементов полубесконечного цилиндра, сам вносит в это действие вклад в виде силы (9). Если раскрыть выражение $f_{1m_{cd}}$, то (9) примет вид

$$1 \times \ddot{r} = k \frac{m_{cd}}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}},$$

где в записи $1 \times \ddot{r}$ выделена единичная масса тела. Обе части равенства можно умножить на m . В результате получится действие элемента радиальной силовой линии на тело массой m на расстоянии r от его центра тяжести:

$$m \times \ddot{r} = k \frac{m \times m_{cd}}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}}$$

или в обозначении $f_{mm_{cd}} = m \times \ddot{r}$,

$$f_{mm_{cd}} = k \frac{m m_{cd}}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}}. \quad (10)$$

Соотношение (10) согласуется с тем, что число структурированных элементов радиальной силовой линии пропорционально m . Однако необходимо скорректировать соотношение, поскольку действие на тело с ростом r переходит в действие со стороны элементов полубесконечного цилиндра, элементы которого не структурированы, их действие на тело не связано с его массой. Понятие массы элемента вакуума в механике не определено. Если же это понятие не ввести, нельзя пользоваться законами динамики. Если это понятие оставить, как по умолчанию выше, оно не будет соответствовать рассеянию с расстоянием структуры силовой линии. Поэтому в качестве массы элемента радиальной силовой линии (с сохранением обозначения и термина) принимается масса множества структурированных $\pm$ пар в этом элементе, то есть тех, которые входят в структуру радиальной силовой линии (6). Тем самым учитываются массы тех и только тех $\pm$ пар, которые непосредственно участвуют в рассматриваемом взаимодействии. Замена m_{cd} в (10) на массу второго тела M влечет

$$f_{Mm} = m\ddot{r} = \tilde{k} \frac{mM}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}}, \tilde{k} = \text{const} [2; 3], -$$

аналог закона всемирного тяготения. Если же вместо (3) рассматривались бы цепочки (4), (5), получался бы аналог закона Кулона

$$f_{Qq} = q\ddot{r} = k_a \frac{qQ}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}}, k_a = \text{const} [1; 3].$$

В этих аналогиях и в (10) требует пояснения множитель $e^{-\frac{k_0}{r}}$.

Во-первых, $\lim_{r \rightarrow \infty} e^{-\frac{k_0}{r}} = 1$, так что $\frac{mM}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}}$ эквивалентно $\frac{mM}{r^2}$ с ростом r . При макроскопическом измерении r и при выборе соответственного k_0 формально получается закон обратных квадратов.

Во-вторых, $\lim_{r \rightarrow 0} \frac{k}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}} = 0$, в результате исчезает дефект закона обратных квадратов, состоящий в том, что если любые точечные тела имеют конечные массы $M \neq 0, m \neq 0$, то на нулевом расстоянии между ними сила взаимодействия обращается в бесконечность, -

$$\lim_{r \rightarrow 0} \frac{mM}{r^2} = \infty \quad \forall \quad m \neq 0, m = \text{const},$$

$$\forall M \neq 0, M = \text{const},$$

что противоречит реальности.

В то же время

$$\lim_{r \rightarrow 0} \frac{mM}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}} = 0 \quad \forall \quad m \neq 0, m = \text{const},$$

0, con

$$\forall M \neq 0, M = \text{const},$$

что можно интерпретировать как переход от макроскопических расстояний к расстояниям микромира. Пусть снова, на время рассуждения, каждый элемент радиального цилиндра действует на тело массой m с силой (10). Тогда множество всех элементов радиального цилиндра и его бесконечного продолжения образует интегральную сумму действий на тело. Такое действие необходимо разделять на действие вдоль высоты радиального цилиндра, где сохраняется структура связи элементов (6), и на действие вдоль оси его бесконечного продолжения, где связь элементов является чисто стохастической. Структуры будет разделять граница R_m . Отрезок $r \in [0, R_m]$ соответствует структурированным элементам, его бесконечное продолжение $r \in [R_m, \infty)$ - элементам стохастической структуры. Интегральная сумма действий на тело всех элементов радиального цилиндра составит

$$f_{m \sum m_{cd} [0, R_m]} = k \int_0^{R_m} \frac{m m_{cd}}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}} dr, (11)$$

где индекс m соответствует телу массой m ; индекс $\sum m_{cd}$ соответствует всем взаимодействующим с этим телом элементам радиального цилиндра вдоль $[0, R_m]$. Взаимодействие является взаимным притяжением тела и элементов. Полупрямая, проходящая из центра o через продольную ось радиальной силовой линии, обозначается $[o, \infty)$, иногда $[0, \infty)$, как если бы она принадлежала оси абсцисс. Масса среза радиального цилиндра, m_{cd} , на расстоянии r от центра o не является постоянной (по принятому определению учитывается масса множества структурированных $\pm$ пар), она убывает с ростом r вследствие «рассеяния» («разрушения») структуры силовой линии. В радиальном цилиндре с ростом r сохраняется все меньше элементов, имеющих структуру вида (6). В элементе силовой линии могут находиться $\pm$ пары, не структурированные в радиальную силовую линию, но они не включаются в численную меру рассматриваемой массы. Это убывание числа структурированных элементов означает, что масса m_{cd} зависит от r . Предполагается, что

$$m_{cd} = k_{dR}(1 - e^{-\frac{\tilde{k}_0}{r}}), \quad \tilde{k}_0 = \text{const}, \quad k_{dR} = \text{const} \quad \forall r \in [0, R_m), \quad (12)$$

где $\tilde{k}_0, k_{dR}$ – постоянные коэффициенты, значение которых неизвестно. Принимается, что в общем случае $\tilde{k}_0$ не зависит от массы тела m , и, напротив, k_{dR} пропорционально m , $k_{dR} = k_R \times m$, $k_R = \text{const}$, – но только на отрезке $[0, R_m)$. Для соотношений (12) предполагается параллельность линий центров линейных $\pm$ пар в структуре радиального цилиндра. Отсюда радиальные силовые линии тела попарно отделены друг от друга на некоторый угол. Это определяет их рассеяние с удалением от тела. В бесконечном продолжении радиального цилиндра, вдоль $[R_m, \infty)$, масса ортогонального среза m_{cd} является константой, она определяется тем и только тем качеством, что в этом продолжении радиального цилиндра количество ортогональных $\pm$ пар с серединой линии центров на $[R_m, \infty)$ существенно больше, чем линейных $\pm$ пар с таким же расположением середин линий центров. В итоге распределение (12) включается в следующее распределение массы ортогонального среза:

$$\left. \begin{aligned} m_{cd} &= k_{dR}(1 - e^{-\frac{\tilde{k}_0}{r}}), \quad \tilde{k}_0 = \text{const}, \quad k_{dR} = \text{const}, \quad k_{dR} = k_R \times m, \quad k_R = \text{const} \quad \forall r \in [0, R_m), \\ m_{cd} &= k_d, \quad k_d = \text{const} \quad \forall r \in [R_m, \infty), \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где значение k_d неизвестно (как неизвестно и значение k_{dR}). Согласно (13) R_m таково, что при $r = R_m$ значения m_{cd} совпадут. Отсюда $k_{dR}(1 - e^{-\frac{\tilde{k}_0}{R_m}}) = k_d$, и $R_m = -\frac{\tilde{k}_0}{\ln(1 - k_d / k_{dR})}$.

С поправкой на ограничение $r \leq R_m$ оценка (11) модифицируется с подстановкой (13):

$$f_{m \sum m_{cd}[0, R_m)} = k \int_0^{R_m} \frac{m k_{dR}(1 - e^{-\frac{\tilde{k}_0}{r}})}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}} dr = k k_{dR} m \left(\int_0^{R_m} \frac{1}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}} dr - \int_0^{R_m} \frac{1}{r^2} e^{-\frac{k_0 + \tilde{k}_0}{r}} dr \right).$$

Отсюда

$$f_{m \sum m_{cd}[0, R_m)} = k k_{dR} m \left(k_0^{-1} e^{-\frac{k_0}{R_m}} - (k_0 + \tilde{k}_0)^{-1} e^{-\frac{k_0 + \tilde{k}_0}{R_m}} \right). \quad (14)$$

При $r \geq R_m$ соотношения (8) – (11) изменятся вследствие (13).

Действие $f_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}$ на тело массой m примет вид

$$\begin{aligned} f_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)} &= k \int_{R_m}^{\infty} \frac{m k_d}{r^2} e^{-\frac{k_0}{r}} dr = k k_d m k_0^{-1} \left(\lim_{r \rightarrow \infty} e^{-\frac{k_0}{r}} - e^{-\frac{k_0}{R_m}} \right) \\ \text{или} \quad f_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)} &= k k_d m k_0^{-1} \left(1 - e^{-\frac{k_0}{R_m}} \right). \end{aligned} \quad (15)$$

В результате, действие $f_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}$ притяжения тела массой m со стороны радиального цилиндра и его бесконечного продолжения оценивается как сумма

$$f_{m \sum m_{cd}[0, \infty)} = f_{m \sum m_{cd}[0, R_m)} + f_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}, \quad (16)$$

где $f_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}$ из (14), $f_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}$ из (15). Окончательно:

$$f_{m \sum m_{cd}[0, \infty)} = k m \left(k_{dR} \left(k_0^{-1} e^{-\frac{k_0}{R_m}} - (k_0 + \tilde{k}_0)^{-1} e^{-\frac{k_0 + \tilde{k}_0}{R_m}} \right) + k_d k_0^{-1} \left(1 - e^{-\frac{k_0}{R_m}} \right) \right). \quad (17)$$

При этом $0 < k_0$, $0 < \tilde{k}_0$, значения обоих слагаемых (16) положительны. Обе эти силы одинаково направлены на притяжение тела со стороны $\pm$ среды в центробежном от тела направлении вдоль $[0, \infty)$. Пока тело неподвижно, вследствие стационарности полей контуров $\pm$ пар, они не меняются, их сумма постоянна:

$$m \times \ddot{r} = f_{m \sum m_{cd}[0, \infty)} = f_{m \sum m_{cd}[0, R_m)} + f_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)} = \text{const}.$$

Сила $f_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}$ приложена не непосредственно к центру тяжести тела, а притягивает элементы радиального цилиндра вдоль $[0, R_m)$. Элементы радиального цилиндра, соответственно сила $f_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}$, притягивают элементы полубесконечного цилиндра и тело вдоль $[R_m, \infty)$.

Пусть перпендикулярно полупрямой $[0, \infty)$ через центр тяжести тела o проведена плоскость. Полупространство, которому принадлежит эта полупрямая, определяется как правое полупространство, полуплоскость, содержащая полупрямую $[0, \infty)$, – правая полуплоскость, полупрямая $[0, \infty)$ – правая полупрямая. Противоположное полупространство определяется как левое полупространство, соответственно, левая полуплоскость, левая полупрямая $[0, -\infty)$ до бесконечности продолжает полупрямую $[0, \infty)$ в левом полупространстве. Разделяются также левый и правый радиальные цилиндры, левый и правый полубесконечные цилиндры. В обозначение сил (9) – (11), (14) – (17) правого полупространства вводится значок вектора с правым направлением и верхний значок «+»:

$$\begin{aligned} m\vec{r}^+, \quad m_{cd}\vec{r}^+, \quad \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+, \quad \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+, \\ \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+, \quad \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ = \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+. \end{aligned} \quad (18)$$

Пусть продольная ось левой радиальной силовой линии лежит на $[0, -\infty)$. Тогда вдоль нее действуют все силы соответственно по модулю равные (18), но они направлены противоположно силам (18). В обозначение противоположно направленных сил вводится значок вектора с левым направлением, верхний значок «-», меняется знак в их индексах:

$$\begin{aligned} m\vec{r}^-, \quad m_{cd}\vec{r}^-, \quad \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^-, \quad \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^-, \\ \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^-, \quad \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- = \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^-. \end{aligned} \quad (19)$$

В (18), (19) значки вектора соответствуют направлению вектора вдоль полупрямой, верхние значки «+» и «-» различают принадлежность правому и левому полупространству (полуплоскости, полупрямой). В состоянии покоя тела относительно точки o

$$\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- = 0, \quad (20)$$

или $m\vec{r}^+ + m\vec{r}^- = 0$, и аналогично уравновешены действия составляющих сил:

$$\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- = 0, \quad \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^- = 0. \quad (21)$$

Равенства (20), (21) по построению верны для радиальных и полубесконечных цилиндров.

Инерция тела при нарушении покоя. В состоянии покоя тела относительно точки o суперпозиция магнитного поля $\pm$ среды правого полупространства действует на контуры линейных $\pm$ пар правого радиального цилиндра вдоль $[0, R_m)$ исключительно из правого полубесконечного цилиндра, со стороны $[R_m, \infty)$. Действие является постоянным – магнитный поток со стороны рассматриваемой суперпозиции не меняется. Внутри и вне радиального цилиндра

силовые линии ортогональных $\pm$ пар определяют неоднородность магнитного поля. Площадь контура любой линейной $\pm$ пары правого радиального цилиндра за единицу времени пересекает одно и то же (в среднем) количество силовых линий ортогональных $\pm$ пар правого полубесконечного цилиндра. Его механическое действие на тело выражает сила $\vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+$ из (18). С противоположной стороны на контуры линейных $\pm$ пар левого радиального цилиндра, вдоль $[0, -R_m)$, действует магнитный поток из левого полубесконечного цилиндра, со стороны $[-R_m, -\infty)$.

Его механическое действие на тело выражает сила $\vec{f}_m \sum_{cd} [-R_m, -\infty)$ из (19). Согласно (21), сумма их действий равна нулю. Пусть теперь к центру тяжести тела o по направлению правой полупрямой $[0, \infty)$ приложена сила $\vec{F} = m\vec{v}$, которая действует некоторый «сколь угодно» малый (в макроскопическом измерении), но фиксированный промежуток времени Δt . Конкретно в качестве Δt принимается время соударения двух абсолютно твердых тел при передаче механического импульса. Этот промежуток времени считается одинаковым для действия рассматриваемой силы и для передачи механического импульса, он будет называться квантом времени и обозначаться $\Delta t = \Delta t_{\text{quantum}} = \text{const}$. Действие $\vec{F}$ рассматривается только в этот квант времени и является интерпретацией действия механического импульса. Согласно формуле силы, тело начнет движение с ускорением $\vec{v}$ в направлении $\vec{F}$. Скорость возрастает:

$$v(t) = \int_0^t \dot{v} dt, \quad \dot{v} > 0.$$

Ускоренное движение продолжится в течение времени $\Delta t_{\text{quantum}}$. Вместе с телом в том же направлении, с таким же ускорением, будут смещаться все радиальные силовые линии. Правый радиальный цилиндр будет смещаться вдоль промежутка $[0, R_m)$. Двигаясь с ускорением навстречу магнитному потоку со стороны правого полубесконечного цилиндра, направленному вдоль $[R_m, \infty)$, площадь контура каждой линейной $\pm$ пары правого радиального цилиндра будет пересекать в единицу времени возрастающее количество силовых линий ортогональных $\pm$ пар, входящих в правый полубесконечный цилиндр. Возникнет изменение магнитного потока через площадь контура каждой линейной $\pm$ пары правого радиального цилиндра. Поэтому во внешнем контуре каждой такой линейной $\pm$ пары возникнут вихри индукционного сопротивления. В силу их действия каждая линейная $\pm$ пара в правом радиальном цилиндре будет индукционно препятствовать вдоль $[0, R_m)$ возникшему изменению магнитного потока. Внешний контур линейной $\pm$ пары меняет, по правилу Ленца, собственное магнитное поле навстречу меняющемуся магнитному потоку таким образом, чтобы препятствовать причине его изменения. Причина – ускоренное прямолинейное движение контура $\pm$ пары в направлении $\vec{F}$. Возникнет противодействие именно ускоренному движению тела, то есть противодействие силе $\vec{F}$.

Этот процесс вместе с его аналогами во всех силовых линиях порождает инертность тела. В случае длительного действия силы столь же длительно меняется встречный магнитный поток и столько же времени длится индукционное сопротивление. Механизм сопротивления действию силы выражается в том, что индукционные токи на поверхности внешнего контура линейной $\pm$ пары имеют такое направление, что внешние полюса магнитных диполей этих вихревых токов оказываются одноименными полюсами S с внутренними полюсами S ортогональных $\pm$ пар правого полубесконечного цилиндра, суперпозиция вдоль $[R_m, \infty)$ которых создает изменяющийся магнитный поток. Внешние полюса магнитных диполей вихревых токов отталкиваются от одноименных полюсов ортогональных $\pm$ пар. В результате каждая линейная $\pm$ пара правого радиального цилиндра индукционно препятствует вдоль $[0, R_m)$ в течение времени $\Delta t = \Delta t_{\text{quantum}}$ изменению состояния покоя тела на состояние ускоренного движения по направлению $\vec{F}$.

Магнитный поток через площадь контура $\pm$ пары меняется не от того, что движутся элементы правого полубесконечного цилиндра, а от того, что этим элементам навстречу с ускорением движется сама линейная $\pm$ пара (вместе со всеми элементами правого радиального цилиндра). Элементы правого полубесконечного цилиндра остаются среднестатистически неподвижными относительно исходной точки покоя тела o , но они с ускорением $\dot{v} > 0$ меняют свое положение относительно пришедших в ускоренное движение элементов правого радиального цилиндра. С учетом прямолинейности рассматриваемых взаимодействий, ЭДС индукции ε выражается по закону Фарадея. В данном случае ЭДС противоположна знаку скорости увеличения магнитного потока:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Отсюда индукционное противодействие пропорционально ускорению движения тела и направлено против него. Во всех индукционных проявлениях эффекта Мейснера, наряду с вихревыми токами, продолжает в неизменном виде протекать постоянный ток – ток сверхпроводимости. Индукционные действия протекают взаимно независимо и синхронно со стационарными. Сохраняются все стационарные взаимодействия $\pm$ пар – гравитационные и электромагнитные, а также стационарное притяжение тела элементами $\pm$ среды. Следствием

индукционного сопротивления является механическое действие на тело. В целом действие складывается из стационарного притяжения вдоль полупрямой $[R_m, \infty)$, действующего по закономерности (15) с силой $\vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+$, и с противодействующей силой индукционного отталкивания. Пусть индекс $sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S$ указывает на суммарную силу сопротивления элементов радиального цилиндра вдоль $[0, R_m)$, где $S \leftrightarrow S$ соответствует отталкиванию одно-

именных магнитных полюсов, а сама сила сопротивления обозначается

$$\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+$$

Тогда сила $\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+$

вычитается из силы стационарного притяжения. Полное значение силы (с сохранением обозначения и термина), действующей на тело вдоль правой полупрямой $[0, \infty)$ со стороны всех контуров правого полупространства примет вид

$$\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ = \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \quad (22)$$

$$\text{или } \left| \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ \right| = \left(\left| \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ \right| - \left| \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \right| \right) + \left| \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ \right|.$$

Стационарные взаимодействия вдоль левой полупрямой центрально симметрично отражают стационарные взаимодействия вдоль правой полупрямой, согласно (20), (21). Вследствие рассматриваемого действия на тело силы $\vec{F}$ магнитный поток через площади внешних контуров линейных $\pm$ пар левого радиального цилиндра будет изменяться вдоль $[0, -R_m)$ в течение времени $\Delta t = \Delta t_{\text{quantum}}$ со скоростью, пропорциональной ускорению тела. Это произойдет в точности по тем же причинам, которые имеют место для правой полупрямой. В единицу времени через площадь внешнего контура линейной $\pm$ пары будет проходить возрастающее (в пропорции ускорению тела) количество силовых линий ортогональных $\pm$ пар левого полубесконечного цилиндра вдоль левой полупрямой $[-R_m, -\infty)$. Принципиальная разница в том, что этот меняющийся магнитный поток имеет противоположное относительно правой полупрямой направление скорости изменения.

Тело, а вместе с ним линейные $\pm$ пары левой радиальной силовой линии ускоренно удаляются от силовых линий ортогональных $\pm$ пар, соответственных левой полупрямой $[-R_m, -\infty)$. Поэтому индукционное противодействие причине изменения магнитного потока будет заключаться в притяжении к ускоренно удаляющимся сдвоенным полюсам S ортогональных $\pm$ пар. Притяжение создадут контуры индукционных вихрей на внешних контурах линейных $\pm$ пар, ЭДС которых примет такое направление, что внешний полюс магнитных диполей индукционных вихрей будет N . Это создаст их притяжение к внутренним сдвоенным полюсам S ортогональных $\pm$ пар левого полубесконечного цилиндра, расположенным вдоль $[-R_m, -\infty)$. Индукционное притяжение сложится (а не отнимется, как в правом полупространстве) со стационарным. Поэтому аналог (22) (с сохранением обозначения и термина) для левого радиального цилиндра примет вид

$$\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- = \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^- + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- \quad (23)$$

и, соответственно,

$$\left| \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- \right| = \left(\left| \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- \right| + \left| \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- \right| \right) + \left| \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^- \right|.$$

В (23) индексы соответствуют левому полупространству, значки векторов – левому центробежному направлению стационарных сил и, соответственно, такому же индукционному сопротивлению вдоль левой полупрямой. Значки $N \leftrightarrow S$ соответствуют притяжению разноименных магнитных полюсов N индукционных вихрей на контурах

линейных $\pm$ пар вдоль промежутка $[0, -R_m)$ и внутренних полюсов S ортогональных $\pm$ пар вдоль $[-R_m, -\infty)$.

В итоге на тело во время действия силы $\vec{F}$, помимо этой силы, вдоль прямой $(-\infty, \infty)$ действует сумма сил стационарного притяжения и индукционного сопротивления,

$$\begin{aligned} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- = & \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^- + \\ & + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- , \end{aligned}$$

где стационарные силы удовлетворяют (20) и (21), а силы индукционного сопротивления равны по модулю, но обе направлены одинаково – противоположно $\vec{F}$. Отсюда

$$\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- = \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- .$$

При этом

$$\begin{aligned} \left| \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- \right| &= \left| \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- \right| = \\ &= \left| \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \right| + \left| \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- \right| > 0. \end{aligned}$$

В правом полупространстве сила индукционного сопротивления

$$\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+$$

уменьшает действие стационарной силы пространственного притяжения $\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+$.

В левом полупространстве сила индукционного сопротивления

$$\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^-$$

увеличивает действие стационарной силы пространственного притяжения $\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^-$.

В результате сумма всех сил не равна нулю и направлена в сторону большей по модулю силы – противоположно $\vec{F}$, – что означает инертное сопротивление. Необходимо просуммировать стационарные и индукционные действия на тело по всем угловым направлениям правого и левого полупространств. При ускоренном смещении тела под действием силы $\vec{F}$ радиальная силовая линия в правом полупространстве, составляющая угол φ с полупрямой $[0, \infty)$ (с направлением $\vec{F}$), также движется навстречу магнитному потоку. Особенности по сравнению с движением вдоль полу-

прямой $[0, \infty)$ состоят в следующем. Магнитный поток все равно образуется вдоль прямолинейного продолжения угловой радиальной силовой линии вследствие геометрической структуры $\pm$ среды. Этот магнитный поток присутствует каждый момент времени в каждом положении смещающейся угловой радиальной силовой линии, поэтому его можно считать стационарным. Меняется только линейное ускорение движения навстречу этому потоку. Для рассматриваемой угловой радиальной силовой линии ускорение встречного движения составит $\dot{v}_\varphi(t) = \dot{v}(t) \times \cos \varphi$. Соответственно, пропорционально этому косинусу изменятся все оценки сил индукционного сопротивления. Предполагается, что скользящий под углом характер взаимодействия с встречным магнитным потоком не ослабляет сил индукционного сопротивления, эти силы зависят исключительно от ускорения $\dot{v}_\varphi(t)$ тела в направлении встречного магнитного потока. Предполагается также, что оценки стационарного притяжения вдоль радиальной силовой линии, составляющей угол φ с направлением $\vec{F}$, не изменятся. Аналогично, они не изменятся в левом полупространстве, изменение коснется только сил индукционного сопротивления. В результате

$$\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+(\varphi) = \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \times \cos \varphi$$

и, соответственно,

$$\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^-(\varphi) = \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^- + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- \times \cos \varphi .$$

В правой полуплоскости сумма проекций рассматриваемых сил на полупрямую $[0, \infty)$ (без учета дискретизации) примет вид

$$\begin{aligned}
& \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ (\varphi) d\varphi = \\
& = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \left(\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \times \cos \varphi \right) \cos \varphi d\varphi \\
& \text{или} \quad \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ (\varphi) d\varphi = \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \varphi d\varphi + \\
& + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \varphi d\varphi + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^2 \varphi d\varphi,
\end{aligned}$$

что влечет

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ (\varphi) d\varphi = 2\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + 2\vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ + \frac{\pi}{2} \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+.$$

Во всем правом полупространстве сумма проекций данных сил на полупрямую $[0, \infty)$ выразится как

$$\begin{aligned}
& \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ (\varphi, \psi) d\varphi d\psi = \\
& = 2 \times \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \left(\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ \right) d\psi + \frac{\pi}{2} \times \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ d\psi,
\end{aligned}$$

отсюда

$$\begin{aligned}
& \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ (\varphi, \psi) d\varphi d\psi = \\
& = 2\pi \times \left(\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ \right) + \frac{\pi^2}{2} \times \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+.
\end{aligned}$$

Аналогично, в левом полупространстве сумма проекций сил стационарного притяжения и индукционного сопротивления на полупрямую $[0, -\infty)$ выразится как

$$\begin{aligned}
& \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- (\varphi, \psi) d\varphi d\psi = \\
& = 2\pi \times \left(\vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- + \vec{f}_{m \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^- \right) + \frac{\pi^2}{2} \times \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^-.
\end{aligned}$$

Суммирование этих сил влечет

$$\begin{aligned}
& \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- (\varphi, \psi) d\varphi d\psi + \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ (\varphi, \psi) d\varphi d\psi = \\
& = \pi^2 / 2 \times \left(\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \right).
\end{aligned} \tag{24}$$

Сила индукционного противодействия направлена противоположно $\vec{F}$, и по модулю равна

$$\left| \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^-(\varphi, \psi) d\varphi d\psi + \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+(\varphi, \psi) d\varphi d\psi \right| = \quad (25)$$

$$= \pi^2 \left| \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \right| = \pi^2 \left| \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- \right|.$$

Полная сила индукционного сопротивления (24) приложенной к телу силе $\vec{F}$ ниже обозначается $\vec{F}_{insopr}$, индекс *insopr* соответствует индукционному сопротивлению (инертности), знак вектора указывает направление, противоположное $\vec{F}$. Силы индукционного сопротивления вдоль правой и левой полупрямой пропорциональны ускорению тела, создаваемому силой $\vec{F}$, приложены к телу массой m , поэтому

$$\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ = -k_m \times m \times \vec{v}(t),$$

$$\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- = -k_m \times m \times \vec{v}(t),$$

где $k_m = \text{const}$, $k_m > 0$, – коэффициент пропорции, значение которого неизвестно.

Сила $\vec{F}_{insopr}$ приложена к тому же телу. С учетом (24)

$$\vec{F}_{insopr} = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, -\infty)}^-(\varphi, \psi) d\varphi d\psi + \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{m \sum m_{cd}[0, \infty)}^+(\varphi, \psi) d\varphi d\psi = -\pi^2 \times k_m \times m \times \vec{v}(t)$$

или

$$\vec{F}_{insopr} = \pi^2 / 2 \times \left(\vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^- + \vec{f}_{sopr: \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^+ \right) = -\pi^2 \times k_m \times m \times \vec{v}(t). \quad (26)$$

Согласно (26) $\vec{F}_{insopr} = -c_{in} \vec{F}$, $c_{in} = \pi^2 \times k_m = \text{const}$, $c_{in} > 0$.

Движение тела по инерции после прекращения действия силы. Когда по истечении времени $\Delta t = \Delta t_{\text{quantum}}$ действие приложенной силы $\vec{F}$ прекратится, тело окажется под действием ранее возникшей силы индукционного сопротивления $\vec{F}_{insopr}$, причем исключительно под действием одной этой силы (стационарные силы уравновешены). Согласно формуле силы, тело вместе со своими силовыми линиями начнет ускоренное движение в обратную (противоположную $\vec{F}$) сторону с ускорением $\vec{v}_{in}(t)$, $\vec{v}_{in}(t) > 0$ и скоростью $v_{in}(t) = \int_0^t \dot{v}_{in} dt$. В левом (аналогично, в правом) полупространстве это ускоренное движение необходимо создаст изменение магнитного потока через площадь контуров линейных $\pm$ пар каждого радиального цилиндра. В единицу времени через площадь внешнего контура линейной $\pm$ пары будет проходить возраста-

ющее (в пропорции ускорению) количество силовых линий ортогональных $\pm$ пар левого полубесконечного цилиндра, ось которого на $[-R_m, -\infty)$. Аналогичное изменение магнитного потока будет происходить в правом полупространстве. Поэтому весь рассмотренный ранее процесс индукционного сопротивления повторится с обратным знаком, в левом и правом полупространстве (процесс вторичного индукционного сопротивления), но теперь именно по отношению к силе $\vec{F}_{insopr}$. Соответственно, воспроизведутся все индукционные процессы и описывающие их соотношения, начиная с (14) и заканчивая (26), при условии изменения обозначений. В изменяемых обозначениях $\vec{F}$ заменяется на $\vec{F}_{insopr}$, индексом *in* отмечаются все рассматривавшиеся ранее силы, ускорения и скорости. Аналогично (22), (23), с учетом обратного направления вторичного индукционного сопротивления,

$$\vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- = \vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[0, -R_m)}^- + \vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[-R_m, -\infty)}^- + \vec{f}_{in\ \text{sopr} : \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^- \quad (27)$$

$$\text{и } \vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ = \vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[0, R_m)}^+ + \vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[R_m, \infty)}^+ + \vec{f}_{in\ \text{sopr} : \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^+ \quad (28)$$

Стационарные силы от индукционного сопротивления не зависят, они остаются такими же, как в (22), (23), поэтому заново индексировать их индексом in в (27), (28) было не обязательно. В процессе вторичного индукционного сопротивления силе $\vec{F}_{in\ \text{sopr}}$ создается дополнительная сила индукционного притяжения $\vec{f}_{in\ \text{sopr} : \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^+$ к элементам правого полубесконечного цилиндра, вдоль $[R_m, \infty)$, и создается дополнительная сила индукционного отталкивания $\vec{f}_{in\ \text{sopr} : \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^-$ от элементов левого полубесконечного цилиндра, вдоль $[-R_m, -\infty)$. Обе дополнительные силы равны по модулю и одинаково направлены (противоположно $\vec{F}_{in\ \text{sopr}}$). Аналогично предыдущему, полное действие на тело, обозначаемое $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V}$, в условиях вторичного индукционного сопротивления примет вид

$$\begin{aligned} \vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V} &= \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[0, -\infty)}^- (\varphi, \psi) d\varphi d\psi + \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \vec{f}_{in\ m\ \sum m_{cd}[0, \infty)}^+ (\varphi, \psi) d\varphi d\psi = \\ &= \pi^2 / 2 \times \left(\vec{f}_{in\ \text{sopr} : \forall r \in [0, -R_m), \bigcup (e^-, e^+) S \leftrightarrow S}^- + \vec{f}_{in\ \text{sopr} : \forall r \in [0, R_m), \bigcup (e^-, e^+) N \leftrightarrow S}^+ \right) = -\pi^2 \times k_{in\ m} \times m \times \vec{v}_{in} (t) \end{aligned} \quad (29)$$

и $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V} = -c_{in\ V} \vec{F}_{in\ \text{sopr}}$, $c_{in\ V} = \pi^2 \times k_{in\ m} = \text{const}$, $c_{in\ V} > 0$. Сила $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V}$ вторичного индукционного сопротивления силе $\vec{F}_{in\ \text{sopr}}$ из (25) направлена ей противоположно. Согласно (29), по модулю сила $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V}$ равна удвоенной силе вторичного сопротивления в полупространстве. В результате действия силы $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V}$ восстанавливается направление движения тела, априори созданное силой $\vec{F}$. Тело будет двигаться под действием силы $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V}$ по той же (с обратным направлением действия) причине, по которой сопротивлялось действию силы $\vec{F}$: в центробежном направлении в правом полупространстве притяжение больше, чем в центробежном направлении в левом полупространстве. Поэтому тело движется в центробежном направлении в правом полупространстве, уже после прекращения действия $\vec{F}$. В силу природы индукционного сопротивления

$$\left| \vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V} \right| \leq \left| \vec{F}_{in\ \text{sopr}} \right| \leq \left| \vec{F} \right|. \quad (30)$$

Скорости перемещения тела по модулю не превышают скорости, созданной силой $\vec{F}$:

$$\left| \vec{v}_{in\ \text{sopr}\ V} (t) \right| = \left| \int_0^{\Delta t_{\text{quantum}}} \dot{v}_{in\ \text{sopr}\ V} dt \right| \leq \left| \vec{v}_{in\ \text{sopr}} (t) \right| = \left| \int_0^{\Delta t_{\text{quantum}}} \dot{v}_{in\ \text{sopr}} dt \right| \leq \left| \vec{v} (t) \right| = \left| \int_0^{\Delta t_{\text{quantum}}} \dot{v} dt \right|.$$

Из (26) и (30) $0 < c_{in\ V} \leq c_{in} \leq 1$ и $0 < k_m \leq k_{in\ m} \leq 1 / \pi^2$.

На данный момент открыт вопрос, будет ли во все дальнейшее продолжение времени скорость движения $\vec{v}_{in\ \text{sopr}\ V} (t)$ постоянной и будет ли сила $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V}$ иметь нулевое значение, то есть будет ли это движение движением по инерции? Для ответа принципиально, что после прекращения действия $\vec{F}_{in\ \text{sopr}\ V}$ порождавшие эту силу вихревые токи в радиальных силовых линиях не исчезнут (они постоянны во времени и не затухают в неизменяющемся магнитном поле). Коль ско-

ро вихревые токи сохраняются постоянно, они постоянно взаимодействуют с внешним магнитным полем. Это внешнее поле как суперпозиция действия ортогональных $\pm$ пар принадлежит бесконечным продолжениям радиальных цилиндров, а взаимодействующие с этим полем магнитные диполи вихревых токов принадлежат контурам линейных $\pm$ пар радиальных цилиндров. Если природа движения по инерции и есть такое постоянное действие на тело со стороны $\pm$ среды, то почему это действие не создает ускорения?

Функция, описывающая вторичный индукционный процесс при передаче механического импульса. Ответ на вопрос могут дать особенности индукционного процесса. Передача импульса силой $\vec{F}$ происходит крайне быстро – за время $\Delta t_{\text{quantum}}$ соударения двух абсолютно твердых тел. Можно предположить, что действие суммы индукционных сил $\vec{F}_{\text{insopr}} + \vec{F}_{\text{insopr } V}$ переходит в аналитически гладкую функцию, которая монотонно приближается к нулю, нигде не равна нулю, при этом за соизмеримое с промежутком $\Delta t_{\text{quantum}}$ время принимает близкие к нулю значения. Асимптотическое стремление к нулю продолжается до бесконечности, не означая равенства нулю ни в один момент времени. Если интеграл от такой функции монотонно, с высокой скоростью стремится к постоянному значению, это влечет постоянство скорости движения тела. Как компонент конструируемой суперпозиции вводится функция

$$\varphi(t) = e \cdot \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} \cdot e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}}, \quad t \in [0, \infty), \quad (31)$$

где $\alpha \geq 10^2$, которая будет применяться в следующих ограничениях. Действие индукционных сил рассматривается с момента окончания действия силы $\vec{F}$, после первого кванта времени. В суперпозицию не включается действие силы $\vec{F}_{\text{insopr}}$ в первый квант времени. Дальнейший отсчет времени действия суммы индукционных сил начинается с нуля уже после первого кванта времени. Искомая суперпозиция строится с момента вторичного индукционного сопротивления. Действие индукционных сил разделяется на два кванта времени переходного процесса, $0 \leq t \leq \Delta t_{\text{quantum}}$, и на неограниченное продолжение времени $2\Delta t_{\text{quantum}} < t < \infty$. Этому соответствует $\varphi(0) = -1$, $\varphi(\Delta t_{\text{quantum}}) = 0$, $\varphi(2\Delta t_{\text{quantum}}) = 1$. В начале переходного процесса $\varphi(t)$ отрицательна, затем переходит через ноль, через два кванта времени – положительна. Она остается положительной за пределами $2\Delta t_{\text{quantum}}$. Эта функция выбрана в качестве весового множителя для модуля силы $\vec{F}_{\text{insopr}} + \vec{F}_{\text{insopr } V}$. Пусть $\Delta t_{1 \text{ quantum}}$ означает конец первого кванта времени, когда закончилось действие силы $\vec{F}$. Обе силы индукционного сопротивления формально доопределяются с добавлением индекса *def*:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\text{insopr def}}(t) &= \vec{F}_{\text{insopr}}(\Delta t_{1 \text{ quantum}}), \quad 0 \leq t \leq \Delta t_{\text{quantum}}; \quad \vec{F}_{\text{insopr def}}(t) = 0, \quad \Delta t_{\text{quantum}} < t \leq 2\Delta t_{\text{quantum}}; \\ \vec{F}_{\text{insopr } V \text{ def}}(t) &= \vec{F}_{\text{insopr } V}(\Delta t_{1 \text{ quantum}} + t), \quad 0 \leq t \leq \Delta t_{\text{quantum}}; \quad \text{insopr } V \text{ def} \quad \text{insopr } V \quad \text{quantum} \\ \vec{F}_{\text{insopr } V \text{ def}}(t) &= \vec{F}_{\text{insopr } V}(\Delta t_{\text{quantum}} + t), \quad \Delta t_{\text{quantum}} < t \leq 2\Delta t_{\text{quantum}}; \\ \vec{F}_{\text{insopr } V \text{ def}}(t) &= \vec{F}_{\text{insopr } V}(2\Delta t_{\text{quantum}}), \quad 2\Delta t_{\text{quantum}} < t < \infty. \end{aligned}$$

Здесь $\vec{F}_{\text{insopr}}(\Delta t_{1 \text{ quantum}})$ – вектор индукционного сопротивления силе $\vec{F}$ на исходе предшествовавшего кванта времени, $\vec{F}_{\text{insopr } V}(\Delta t_{1 \text{ quantum}} + t)$ – вектор индукционного сопротивления силе $\vec{F}_{\text{insopr}}(\Delta t_{1 \text{ quantum}})$ в последующий квант времени, который принят за первый в новый промежуток времени, в правых частях – ранее описанные силы индукционного сопротивления, $\vec{F}_{\text{insopr } V \text{ def}}(t) = \vec{F}_{\text{insopr } V}(2\Delta t_{\text{quantum}})$ – постоянный вектор вторичного индукционного сопротивления на бесконечном продолжении нового промежутка времени. Механическое действие на тело сил индукционного сопротивления обозначается $F_{\text{in } V \infty}(t)$ и определяется как

$$F_{\text{in } V \infty}(t) = \varphi(t) \left| \vec{F}_{\text{insopr def}}(t) + \vec{F}_{\text{insopr } V \text{ def}}(t) \right|, \quad t \in [0, \infty), \quad (32)$$

где $\vec{F}_{\text{insopr def}}(t)$, $\vec{F}_{\text{insopr } V \text{ def}}(t)$ определены непосредственно выше, подробно (32) примет вид

$$F_{\text{in } V \infty}(t) = e \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \left| \vec{F}_{\text{insopr def}}(t) + \vec{F}_{\text{insopr } V \text{ def}}(t) \right|, \quad t \in [0, \infty). \quad (33)$$

При $t = 0$, функция $F_{\text{in } V \infty}(t)$ совпадает по модулю с силой $\vec{F}_{\text{insopr def}}$ и имеет одинаковый с ней знак.

При $t = \Delta t_{\text{quantum}}$, функция $F_{inV\infty}(t)$ равна нулю, что совпадает с $\vec{F}_{in\text{sopr def}}(t) + \vec{F}_{in\text{sopr V def}}(t)$.

При $t = 2\Delta t_{\text{quantum}}$, функция $F_{inV\infty}(t)$ совпадает с модулем силы вторичного индукционного сопротивления $\vec{F}_{in\text{sopr V def}}$ и имеет одинаковый с ней знак.

При $t > 2\Delta t_{\text{quantum}}$ функция $F_{inV\infty}(t)$ соответствует направлению $\vec{F}$, множитель

$$\left| \vec{F}_{in\text{sopr def}}(t) + \vec{F}_{in\text{sopr V def}}(t) \right| = \left| \vec{F}_{in\text{sopr V def}}(t) \right| = \left| \vec{F}_{in\text{sopr V}}(2\Delta t_{\text{quantum}}) \right|$$

остается постоянным. Функция $F_{inV\infty}(t)$ трактуется как модель действия индукционного процесса, которое переводит тело в состояние движения по инерции. Имеют место соотношения

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varphi(t) = e \lim_{t \rightarrow 0} \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} = 0, \text{ и } \varphi(t) > 0 \quad \forall t \in [2\Delta t_{\text{quantum}}, \infty).$$

В силу (30) и согласно (31) суммы сил в правой части (33) конечны. Отсюда

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F_{inV\infty}(t) = 0, \quad F_{inV\infty}(t) > 0 \quad \forall t \in [2\Delta t_{\text{quantum}}, \infty).$$

Силы $\vec{F}_{in\text{sopr def}}(t)$, $\vec{F}_{in\text{sopr V def}}(t)$ противоположны по направлению, поэтому, с учетом (30),

$$F_{inV\infty}(t) \leq e \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \left| \vec{F} \right| \quad \forall t \in [2\Delta t_{\text{quantum}}, \infty), \quad \left| \vec{F} \right| \leq c, c = \text{const}. \quad (34)$$

Очевидно, кроме того, что

$$e \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \leq e \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \quad \forall t \in [2\Delta t_{\text{quantum}}, \infty).$$

Непосредственно ниже оцениваются отклонения $F_{inV\infty}(t)$ от значений, которые функция имела почти сразу после выхода из отрезка времени длительностью $2\Delta t_{\text{quantum}}$. Пусть

$$y = \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}}. \text{ Для выполнения } y e^{-e^{\alpha y}} \leq e^{-10000-1} \text{ достаточно, чтобы } \ln y \leq e^{\alpha y} - 10000 - 1.$$

Поскольку $\alpha \geq 10^2$, то последнее неравенство заведомо выполняется $\forall y \geq 10$.

Отсюда при $\frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} \geq 10$, что равносильно $t \geq 11\Delta t_{\text{quantum}}$, выполнено

$$e \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \ll e^{-10000},$$

в результате

$$F_{inV\infty}(t) \ll e^{-10000} \left| \vec{F} \right| \quad \forall t \in [11\Delta t_{\text{quantum}}, \infty). \quad (35)$$

Стремление функции $F_{inV\infty}(t)$ к нулю монотонно на промежутке $t \in [11\Delta t_{\text{quantum}}, \infty)$, при этом согласно (33) она в любой момент времени больше нуля, а согласно (35) является исключительно малой величиной. Оценки можно усилить.

Чтобы выполнялось $y \cdot e^{-e^{\alpha y}} \leq e^{-e^{100}-1}$, достаточно чтобы $\ln y \leq e^{\alpha y} - e^{100} - 1$. Тогда, поскольку $\ln 10 + e^{100} + 1 \leq e^{1000}$, то $\forall y \geq 10$ заведомо выполнено

$$e \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \ll e \cdot e^{-e^{100}-1},$$

отсюда

$$0 < F_{in V \infty}(t) < e^{-e^{100}} \left| \vec{F} \right| \forall t \in [11\Delta t_{\text{quantum}}, \infty). \quad (36)$$

На промежутке $t \in [11\Delta t_{\text{quantum}}, \infty)$ сила $F_{in V \infty}(t)$ не меняет направление, монотонно убывает к нулю со скоростью, такой, что за пределами 11 квантов времени верно (36). Необходимо убедиться, что после прекращения действия на тело силы $\vec{F}$ не только ускорение очень быстро стремится к нулю, но и скорость достаточно быстро стремится к постоянному значению. Пусть рассматривается $t_0 = 1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}$ и $v_0 = v(t_0)$. Из (33), (34) следует

$$|v(t) - v(t_0)| = \left| \int_{t_0}^t \dot{v}(t) dt \right| = \int_{t_0}^t F_{in V \infty}(t) / m dt \leq e \int_{t_0}^t \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \left| \vec{F} \right| / m dt.$$

Отсюда

$$|v(t) - v(t_0)| \leq e c m^{-1} \int_{t_0}^t \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} dt, \quad c = \text{const}, \quad c \leq \max \left| \vec{F} \right| \quad \text{и}$$

$$|v(t) - v_0| \leq e c m^{-1} \int_{t_0}^t \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{(t - \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} dt \leq e c m^{-1} \int_{t_0}^t \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-\alpha \frac{(t - \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}} dt \quad t \geq t_{\text{quantum}} \\ \forall t \geq 1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}$$

$$\text{Следовательно, } |v(t) - v_0| \leq 0.5 e c m^{-1} \alpha^{-1} \left(e^{-\alpha \frac{(t_0 - \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}} - e^{-\alpha \frac{(t - \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}} \right),$$

$$\text{тогда } |v(t) - v_0| \leq 0.5 e c m^{-1} \alpha^{-1} e^{-\alpha \frac{(t_0 - \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}},$$

отсюда

$$|v(t)| \leq v_0 + 0.5 e c m^{-1} \alpha^{-1} e^{-\alpha \frac{(t_0 - \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}} \quad \forall t \geq 1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}. \quad (37)$$

Неравенство (37) показывает ограниченность скорости на $[1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}, \infty)$.

Кроме того, скорость монотонно возрастает, поскольку согласно (33)

$$v(t) = v(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{v}(t) dt = v_0 + \int_{t_0}^t F_{in V \infty}(t) / m dt,$$

$$v(t_0) + e \int_{t_0}^t \frac{t - \Delta t_{\text{quantum}}}{\Delta t_{\text{quantum}}} e^{-e^{\frac{t(t - \Delta t_{\text{quantum}})(t - 2\Delta t_{\text{quantum}})}{\Delta t_{\text{quantum}}}}} \times \vec{F}_{in V \infty}(2\Delta t_{\text{quantum}}) / m dt, \quad t_0 = 1 + 2\Delta t_{\text{quantum}},$$

следовательно, $\dot{v}(t) > 0 \quad \forall t \in [1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}, \infty)$.

Ограниченная монотонно возрастающая функция имеет предел [21]:

$$\exists \bar{v}: \lim_{t \rightarrow \infty} v(t) = \bar{v}, \quad \bar{v} = \text{const}.$$

В результате, после прекращения действия силы $\vec{F}$, скорость тела не меняет знак и монотонно стремится к постоянному значению. Можно представить следующие оценки отклонения $v(t)$ от $v_0 = v(t_0)$. Из (37)

$$|v(t) - v_0| \leq 0.5 e c m^{-1} \alpha^{-1} e^{-\alpha \frac{(t_0 - \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}} \leq 0.5 e c m^{-1} \alpha^{-1} e^{-\alpha \frac{(1 + \Delta t_{\text{quantum}})^2}{\Delta t_{\text{quantum}}}} \leq 0.5 e c m^{-1} \alpha^{-1} e^{-\alpha \frac{1}{\Delta t_{\text{quantum}}}},$$

$$t_0 = 1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}, \forall t \geq t_0$$

Отсюда, при $\alpha = 100$, $\Delta t_{\text{quantum}} = 0.0001$, получится $|v(t) - v_0| \leq 0.005 e c m^{-1} e^{-100 \times 10000}$ или

$$|v(t) - v(1 + 2\Delta t_{\text{quantum}})| < e m^{-1} e^{-1000000} |\vec{F}| \forall t \in [1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}, \infty). \quad (38)$$

На бесконечном промежутке времени скорость тела будет отклоняться от данного начального значения на $e m^{-1} c e^{-1000000}$. Предельный переход в неравенстве (38) влечет

$$\left| \lim_{t \rightarrow \infty} v(t) - v(1 + 2\Delta t_{\text{quantum}}) \right| \leq e m^{-1} e^{-1000000} |\vec{F}|.$$

Так что предельное значение скорости будет отклоняться на ту же величину – скорость «практически» постоянна сразу после передачи импульса. Еще одна иллюстрация малого отклонения скорости от начального значения получается по теореме Лагранжа о среднем значении. На любом отрезке $[11\Delta t_{\text{quantum}}, t]$ выполняется

$$v(t) - v(11\Delta t_{\text{quantum}}) = \dot{v}(\tilde{t}) \times (t - 11\Delta t_{\text{quantum}}), 11\Delta t_{\text{quantum}} < \tilde{t} < t.$$

Из того, что $\dot{v}(t) = F_{inV\infty}(t) / m$, а также из (36) следует оценка

$$v(t) - v(11\Delta t_{\text{quantum}}) \leq e^{-e^{100}} |\vec{F}| m^{-1} (t - 11\Delta t_{\text{quantum}}) \forall t \in [11\Delta t_{\text{quantum}}, \infty).$$

При $t = e^{100}$ получится

$$v(e^{100}) - v(11\Delta t_{\text{quantum}}) \leq e^{-e^{100}} |\vec{F}| m^{-1} (e^{100} - 11\Delta t_{\text{quantum}}) < e^{100} e^{-e^{100}} |\vec{F}| m^{-1}.$$

Таким образом, по истечении времени $t = e^{100}$ скорость будет отличаться от начального значения $v(11\Delta t_{\text{quantum}})$ на величину $e^{100} e^{-e^{100}}$, что достаточно мало на очень большом промежутке времени.

Согласно свойствам функции $F_{inV\infty}(t)$, моделирующей действие индукционного процесса на тело, данное действие в неограниченное продолжение времени «практически» не порождает ускорения тела, а скорость «практически» постоянна.

Функция $F_{inV\infty}(t)$ не обладает свойством единственности. Как основу для модели индукционного процесса можно рассматривать любую интегрируемую функцию, которая стремится к нулю, а ее первообразная в пределе является постоянной. Так, например, в качестве аналога $\phi(t)$ можно взять

$$\tilde{\phi}(t) = e^{-e^{\frac{1}{t}}} e^{\frac{1}{t}} \frac{1}{t^2} \quad \text{или}$$

$$\phi_{in}(t) = e^{\frac{1}{t_0^\varepsilon}} \left(e^{-\frac{1}{t^\varepsilon}} \right)', t_0 > 0, \forall \varepsilon: 0 < \varepsilon < 1.$$

В любом случае функция $F_{inV\infty}(t)$ не более чем модель реальности. Реальность же

такова, что после передачи импульса тело движется под действием очень слабой, постоянной действующей силы. Эта сила является силой притяжения со стороны среды пространства сохранившихся индукционных вихрей в направлении движения, сложенной с аналогичной силой отталкивания в противоположном направлении. В реальности эта сила не создает ускорения потому, что уравнивается встречной силой индукционного сопротивления: реальная сила встречает реальное индукционное сопротивление. Вихри индукционного сопротивления могут возникать, в частности, в любых ортогональных парам радиальных силовых линий под острыми углами к направлению движения. Сопротивление может быть и индукционным «трением» встречных элементов $\pm$ среды.

Инвариантность индукционных процессов передачи импульса относительно движения по инерции. Внешний магнитный поток меняется относительно элементов радиальной силовой линии тела в направлении, противоположном исключительно ускорению. Поэтому индукционные процессы, описанные для случая изменения положения покоя, произойдут при любом

исходном положении тела, когда оно прямолинейно движется с постоянной скоростью, затем под действием импульса или силы меняет скорость. На данной основе изменения магнитного потока через площадь контура линейной $\pm$ пары радиального цилиндра, связанные с этим рассуждения и преобразования с учетом эффекта Мейснера, закона Фарадея и правила Ленца, инвариантны относительно движения тела по инерции в локальной системе отсчета. Возникает вопрос о различии индукционных состояний тела в предшествующем и новом движении по инерции. Плоскости индукционных вихрей контуров $\pm$ пар всегда ортогональны продольной оси радиального цилиндра, их ориентация зависит от направления импульса, как следствие, от направления движения по инерции. При этом вихри, возникшие в предшествующем состоянии инерции, сами по себе не исчезают. Тогда скольким направлениям предыдущих движений по инерции они должны соответствовать? Направление предшествующего движения по инерции отличается от направления текущего движения по инерции таким образом, что порождавшие их импульсы складывают векторы скоростей, и вектор текущей скорости является диагональю параллелограмма скоростей порождающих импульсов. Неясно, что в поведении индукционных вихрей до и во время передачи импульса, в кванты времени индукционного процесса, определило последующее направление вектора скорости. В контексте предложенного подхода возможны следующие варианты ответа. В момент передачи импульса инициация индукционных вихрей происходит вдоль каждой радиальной силовой линии, продольная ось которой составляет острый угол с направлением импульса. Это произойдет и вдоль направления предшествующего движения по инерции. Можно допустить, что вдоль предшествующего направления движения инициация индукционных вихрей заново произойдет с силой, соответствующей импульсу, породившему предшествующее движение. Новый импульс на момент своей передачи индукционно восстанавливает предшествующий импульс. Предшествующие индукционные вихри не исчезали, и, возможно, новый импульс «автоматически» восстанавливает их в активном состоянии. Если так, то это произойдет по всем радиальным силовым линиям тела. Наряду с тем передача нового импульса происходит без каких-либо изменений описанного ранее индукционного процесса. Пусть действие нового импульса описывается силой $\vec{F} = m\vec{v}$ в квант времени $\Delta t_{\text{quantum}}$, а действие предшествующего им-

пульса описывается силой $\vec{F}_1 = m\vec{v}_1$, и, после повторной инициации, она действует в тот же квант времени без изменения закономерности. Тогда эти силы сложатся в силу $\vec{F} + \vec{F}_1 = m(\vec{v} + \vec{v}_1)$, соответствующую суммарному импульсу. Вихревые токи сформируются под действием суммы сил $\vec{F} + \vec{F}_1$ точно так, как было описано их формирование под действием силы $\vec{F}$ в состоянии покоя. Под действием $\vec{F} + \vec{F}_1$ сложатся ускорения $\vec{v} + \vec{v}_1$, этой сумме будет соответствовать сумма скоростей $\vec{v} + \vec{v}_1$. Пройдя через нулевое начальное значение в процессе вторичного индукционного сопротивления, эта сумма на выходе процесса передачи импульса преобразуется в сумму двух скоростей движения по инерции, что определит окончательное направление движения: $\vec{v} + \vec{v}_1$. Ориентация магнитных диполей вихревых токов будет взаимно однозначно соответствовать движению по инерции именно в этом направлении. Можно отдельно рассмотреть предположение, что окончательное сложение скоростей происходит не с полным восстановлением индукционного процесса предшествовавшей передачи импульса, а с частичным – только на этапе завершения вторичного индукционного процесса. В этом случае на завершающем этапе складываются две силы: $\vec{F}_{\text{insopr } V}$ и $\vec{F}_{1 \text{ insopr } V}$. С весовыми функциями они переходят в силы, модули которых имеют значения $F_{\text{in } V_{\infty}}(t)$ и $F_{1 \text{ in } V_{\infty}}(t)$. Обе эти силы за кванты времени переходят к асимптотическим значениям скоростей $\vec{v}$ и $\vec{v}_1$, притом что их сложение могло произойти в процессе частичного индукционного восстановления предшествующего индукционного процесса. При таком частичном восстановлении каждая из двух скоростей проходит через начальное нулевое значение. Последующее сложение ускорений от обеих сил повлечет сложение скоростей. В рассматриваемом допущении ориентация магнитных диполей вихревых токов должна формироваться на этапе сложения сил вторичного индукционного процесса как следствие взаимодействия индукционных вихрей на контурах линейных $\pm$ пар с ортогональными $\pm$ парами полубесконечного цилиндра, ответственного суммарному направлению. Это окончательно повлечет ориентацию диполей в соответствии направлению движения вдоль получившейся суммы скоростей $\vec{v} + \vec{v}_1$. В обоих случаях в индукционном процессе передачи импульса задействованы два состояния тела – текущее и предшествующее состояния его движения по инерции

(или локального покоя). При этом в текущем состоянии движения тела по инерции индукционные вихри ориентированы единственным образом – по направлению текущего движения. Пусть ортогонально направлению движения через центр тяжести тела o проведена центральная плоскость, разделяющая пространство на полупространство вдоль направления движения и на противоположное полупространство. Пусть рассматривается продольная ось радиального цилиндра, которая направлена вдоль движения. Тогда магнитные диполи вихрей на контурах линейных $\pm$ пар ориентированы полюсами N по направлению движения в соответствии индукционному притяжению к сдвоенным противоположным полюсам S ортогональных $\pm$ пар полубесконечного цилиндра. В противоположном полупространстве, на диаметрально противоположном радиальном цилиндре, магнитные диполи вихрей на контурах линейных $\pm$ пар ориентированы полюсами S противоположно направлению движения в соответствии индукционному отталкиванию от сдвоенных одноименных полюсов S ортогональных $\pm$ пар полубесконечного цилиндра. Те и другие магнитные диполи вдоль направления движения своими внешними полюсами образуют комбинацию

$$\overrightarrow{SS \dots SS} \ o \ \overrightarrow{NN \dots NN} \ \rangle \rightarrow, \quad (39)$$

разделенную центром тяжести тела o в противоположных радиальных направлениях (направление движения указывает стрелка $\rangle \rightarrow$). Такая же ориентация диполей имеет место вдоль каждой центральной прямой, расположенной под острым углом к направлению движения. В результате в полупространстве вдоль направления движения (тела по инерции) вся полусфера радиальных силовых линий ориентирована полюсами N по направлению движения, а вся противоположная ей полусфера радиальных силовых линий тела ориентирована полюсами S противоположно направлению движения. Индукционные вихри тела в покое на поверхности небесного тела примут

ориентацию поверхности, поскольку переход в покой ему обеспечит именно импульс от «неподвижной» поверхности. Если предшествующее движение по инерции происходило в границах движения небесного тела, например, на поверхности Земли, то все импульсы со скоростями, меньшими скорости суточного вращения, дадут телу ориентацию индукционных вихрей в результате сложения скорости движения со скоростью суточного обращения земной поверхности. На входе и выходе процесса передачи импульса важны только скорость и направление движения тела по инерции – в текущем и предшествующем состоянии – при их сопоставлении в локальной системе отсчета, привязанной к центру гравитации.

Проявления индукционных сил инерции. Малые величины индукционных сил исключают наглядное проявление в телах с небольшой массой подобно тому, как тела с малой массой не проявляют видимого гравитационного взаимодействия между собой. Доступность их проявлений ограничивается еще и тем, что они происходят внутри радиальных цилиндров столь малого диаметра, что он сопоставим с диаметром конечного множества $\pm$ пар. Поля инерции существуют, они действуют, но в макроскопическом измерении, в небольших телах, наличие их элементов и их действие не обнаруживается. Однако при взаимодействиях массивных движущихся тел действия полей инерции могут проявляться наглядно. Движущиеся по инерции тела имеют ориентированные поля инерции в соответствии (39): такую комбинацию магнитных диполей вихревых токов линейных $\pm$ пар радиальных силовых линий тело имеет при движении в направлении от S к N («слева направо»). Если два тела движутся по инерции в одинаковом направлении (и еще не поравнялись), то они ориентированы друг на друга противоположными полюсами магнитных диполей, суперпозиции их полей создадут взаимное притяжение тел. В продолжение движения то же произойдет после обгона одного тела другим. Согласно (39) такое взаимодействие схематично представлено непосредственно ниже

$$\overrightarrow{SS \dots SS} \ o \ \overrightarrow{NN \dots NN} \ \rangle \rightarrow \quad (40)$$

$$\overrightarrow{SS \dots SS} \ o \ \overrightarrow{NN \dots NN} \ \rangle \rightarrow$$

или, после обгона одного тела другим,

$$\overrightarrow{SS \dots SS} \ o \ \overrightarrow{NN \dots NN} \ \rangle \rightarrow$$

$$\overrightarrow{SS \dots SS} \ o \ \overrightarrow{NN \dots NN} \ \rangle \rightarrow \quad (41)$$

где o – центр тяжести тела, стрелка $\rangle \rightarrow$ указывает направление движения каждого тела.

Если два тела движутся по инерции во встречном направлении (и еще не поравнялись), то они ориентированы друг на друга одноименными полюсами магнитных диполей вихревых токов линейных $\pm$ пар радиальных силовых линий, суперпозиции

$$\overrightarrow{SS...SS} \circ \overrightarrow{NN...NN} \rangle \rightarrow \leftarrow \langle \overrightarrow{NN...NN} \circ \overrightarrow{SS...SS} \quad (42)$$

или, в продолжение движения, после «обгона» одного тела другим

$$\overrightarrow{SS...SS} \circ \overrightarrow{NN...NN} \rangle \rightarrow \leftarrow \langle \overrightarrow{NN...NN} \circ \overrightarrow{SS...SS} \quad (43)$$

В результате два тела, движущиеся по инерции навстречу друг другу, будут взаимно отталкиваться суперпозициями одноименных полюсов магнитных диполей вихревых токов $\pm$ пар радиальных силовых линий. То же произойдет после «обгона» одного тела другим. В момент, когда в положении (40) (или (42)) тела поравняются в движении, они должны взаимно отталкиваться (или, соответственно, притягиваться), но поскольку это сравнительно коротковременно (взаимная ориентация вследствие движения быстро восстановится), то в целом незначительно отразится на силе их взаимного притяжения (или, соответственно, отталкивания). Ниже взаимодействия двух тел на основе взаимной ориентации вихревых магнитных диполей (40) – (43) для краткости именуются индукционными. В процессе индукционных взаимодействий сохраняются все свойства стационарных полей. Сохраняется притяжение по закону всемирного тяготения. Индукционное взаимодействие тел всегда будет частью составных, где одно составляющее – гравитационное притяжение. Расположенные под острым углом относительно направления движения радиальные силовые линии двух тел сохраняют взаимную ориентацию диполей вихревых токов. Именно, при одинаковом направлении движения ориентация диполей с точностью до значения острого угла соответствует (40), (41), при встречном – (42), (43). Соответственная дипольная ориентация в случае большой массы проявляется как суперпозиция в локальной области пространства, а не как взаимодействие на большом расстоянии двух отдельных $\pm$ пар. Индукционные вихри в результате воздействия на тела сил, приводящих их в движение, с соответственной ориентацией магнитных диполей возникают также в контурах всех $\pm$ пар, входящих в структуру

их полей создадут взаимное отталкивание этих двух тел. То же произойдет в продолжение движения после «обгона» одного тела другим.

Такое взаимодействие схематично представлено в виде

нуклонов в ядрах атомов каждого из двух тел. Сила индукционного взаимодействия двух движущихся тел принципиально отличается от силы индукционного взаимодействия тела с $\pm$ средой. Последняя, $F_{inv}(t)$, подчиняется закономерности (33), убывает со скоростью (34), (37) и, будучи не равна нулю, является очень слабой. Она определяется взаимодействием индукционных вихрей с ортогональными $\pm$ парами бесконечного продолжения радиального цилиндра. Взаимодействие двух тел, движущихся по инерции, определяется взаимодействием между собой индукционных вихрей исключительно линейных $\pm$ пар силовых линий и атомных ядер этих тел. Множество ориентированных вихрей локально сконцентрировано в структурном состоянии на сравнительно небольших расстояниях (в отличие от бесконечных пространственных состояний со стохастическим хаосом элементов). При этом взаимодействие индукционных вихрей с ортогональными $\pm$ парами радиальных силовых линий другого тела компенсируется их взаимодействием с линейными $\pm$ парами. Но именно на тех же контурах линейных $\pm$ пар располагаются взаимодействующие индукционные вихри, магнитные диполи которых определяют ориентацию поля инерции и доминирующее индукционное взаимодействие между двумя телами. Можно предположить, что эти вихри (при движении по инерции они в стационарном состоянии) взаимодействуют по закономерностям близкого действия – в соответствии с (8). В результате действие переходит на тело, отсюда следует аналог (9), (10). Предполагается изменение только коэффициентов:

$$\bar{f}_{1m_{cd}} = \bar{k} \frac{1 \times m_{cd}}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}},$$

или,

$$1 \times \ddot{r} = \bar{k} \frac{1 \times m_{cd}}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}},$$

где m_{cd} – то же, что раньше, чертой отмечены новые коэффициенты, значения которых неизвестны. Действие тела массой M на тело массой m примет вид

$$F_{mM} = m \ddot{r} = \bar{k}_1 \frac{mM}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}}.$$

Индукционное взаимодействие зависит от взаимных направлений движения двух тел, поэтому добавляется множитель в виде косинуса угла между направлениями движения:

$$\bar{F}_{mM} = m \ddot{r} = \bar{k}_1 \frac{mM}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}} \cos \langle \vec{v}_m, \vec{v}_M \rangle,$$

где $\vec{v}_m, \vec{v}_M$ – скорости движения тел с соответственной массой, $\langle \vec{v}_m, \vec{v}_M \rangle$ – обозначение угла между направлениями, $\ddot{r}$ – здесь и ниже соответственное ускорение. В данных соотношениях скорость движения отсчитывается относительно общего центра гравитации, в системе отсчета, фиксированной в этом центре. Конкретно, это система декартовых координат, с центром в центре гравитации, с координатной плоскостью, расположенной в плоскости эклиптики. Естественно предполагать, что сила индукционного взаимодействия пропорциональна величинам рассматриваемых скоростей, с изменением обозначения

$$\vec{F}_{mM} = m \ddot{r} = \bar{k}_1 \frac{mM}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}} v_m v_M \cos \langle \vec{v}_m, \vec{v}_M \rangle.$$

В обозначении скалярного произведения $(\vec{v}_m, \vec{v}_M)$ формула примет вид

$$\vec{F}_{mM} = m \ddot{r} = \bar{k}_1 \frac{mM}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}} (\vec{v}_m, \vec{v}_M).$$

Соотношение определяет действие тела массой M на тело массой m вдоль линии центров двух тел с учетом скоростей движений. Обратное действие тела массой m на тело массой M выражает соотношение

$$\vec{F}_{Mm} = M \ddot{r} = \bar{k}_1 \frac{mM}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}} (\vec{v}_m, \vec{v}_M),$$

где индексы силы $\vec{F}_{Mm}$ меняются местами. Силу $\vec{F}_{mM}$ можно записать в форме с механическими импульсами

$$\vec{F}_{mM} = m \ddot{r} = \bar{k}_1 \frac{(mv_m) \cdot (Mv_M)}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}} \cos \langle \vec{v}_m, \vec{v}_M \rangle$$

или

$$\vec{F}_{mM} = m \ddot{r} = \bar{k}_1 \frac{p_m p_M}{r^2} e^{-\frac{\bar{k}_0}{r}} \cos \langle \vec{v}_m, \vec{v}_M \rangle,$$

где $p_m = mv_m, p_M = Mv_M$.

При больших массах и высоких скоростях индукционные взаимодействия должны проявляться, поскольку они пропорциональны произведениям масс и скоростей, точнее, произведениям импульсов (в отличие от взаимодействия тела со средой). Можно ожидать, что эти силы проявляются при движениях небесных тел на близких друг от друга расстояниях вдоль соседних орбит. Орбитальные движения небесных тел прямолинейны и равномерны лишь в некотором приближении, тем не менее взаимная ориентация на притяжение или отталкивание должна сохраняться. В «наглядном» приближении суточное вращение поверхностей планет и звезд тоже можно рассматривать как движение по инерции. У небесных тел поведение индукционных вихрей на контурах линейных $\pm$ пар радиальных цилиндров связано, кроме того, с ускорением. Центростремительному ускорению индукционные вихри с необходимостью противодействуют по причине изменения магнитного потока со стороны бесконечного продолжения радиального цилиндра.

Об индукционной природе приливов и отливов. Особенности приливных волн разнятся в зависимости от географической широты и рельефа береговых линий. Предлагаемая трактовка относится к периодическим приливо-отливным явлениям и не касается географической широты и рельефа берега. Канонические сведения заимствуются из [22, с. 63]: «Уровень моря в Бресте поднимается и опускается два раза в каждом интервале времени между двумя последовательными возвращениями Луны к верхнему меридиану. Средний промежуток времени между этими возвращениями равен 1.035050 суткам, так что интервал времени между двумя последовательными приливами равен 0.517525 суток (такой же период отливов)...». Итак, прилив в этом месте повторяется примерно через 12 часов, происходит на стороне Земли, обращенной к Луне, и одновременно на противоположной от Луны стороне. Существующие объяснения не отклоняются от классического. Прилив на обращенной к Луне стороне Земли объясняется притяжением к Луне, прилив на обратной от Луны стороне Земли – центробежной силой, возникающей от вращения Земли и Луны вокруг общего центра этих двух небесных тел [22]. При этом

Земля рассматривается как однородный аморфный шар. Но гравитационное взаимодействие таких шаров происходит, как если бы вся масса каждого из них была сосредоточена в их точечных центрах. Наружный сферический слой не оказывает на центр никакого действия [23, с. 329]. Тогда спорно действие на сферический слой, и классическое объяснение не вполне корректно. Притом солнечный прилив на обратной от Солнца стороне Земли проблемно объяснять центробежной силой, возникающей от вращения Земли и Солнца вокруг общего центра. Два небесных тела в солнечной системе, если они движутся по инерции в одинаковом или противоположном направлении, должны подчиняться индукционным взаимодействиям – притягиваться или отталкиваться в соответствии с ориентацией (40) – (43). В данном случае одно тело – Луна, другое – вся вращающаяся в суточном обращении масса Земли. То и другое движение воспринимаются на поверхности как движение по инерции, в некотором приближении они таковыми являются. Луна и поверхность Земли вращаются в одинаковом направлении. Поэтому, в соответствии с (40), (41), на обращенной к Луне стороне Земли прилив вызывается индукционным притяжением земной поверхности (и всей вращающейся массы Земли) к Луне. На противоположной от Луны сто-

роне движение всей вращающейся массы Земли направлено противоположно движению Луны. Поэтому прилив вызывается индукционным отталкиванием этой стороны земной поверхности (и вращающейся массы Земли) от Луны – в соответствии с (42), (43). Луна и поверхность Земли вращаются в одинаковом угловом направлении, угловая скорость вращения Луны вокруг центра Земли в ≈ 27 раз меньше, чем угловая скорость суточного вращения Земли. В процессе вращения точка поверхности Земли будет «равняться, обгонять и догонять» точку кратчайшего расстояния до Луны за период обращения Луны вокруг Земли ≈ 27 раз. Поэтому поле инерции Луны и поле инерции части поверхности Земли, обращенной к Луне, будут «практически» ориентированы на постоянное притяжение. В то же время поле инерции Луны и поле инерции вращающейся части Земли, обращенной противоположно Луне, «практически» ориентированы на постоянное отталкивание. Это объясняет лунные приливы (отливы) с периодом 12 часов (рис. 4). Влияние полей инерции на приливо-отливные явления заведомо следует отнести к слабым взаимодействиям. На открытой поверхности океана высота приливных волн достигает лишь одного метра (при наличии скалистых препятствий будет возрастать, например в заливе Фанди – до 16-18 метров).

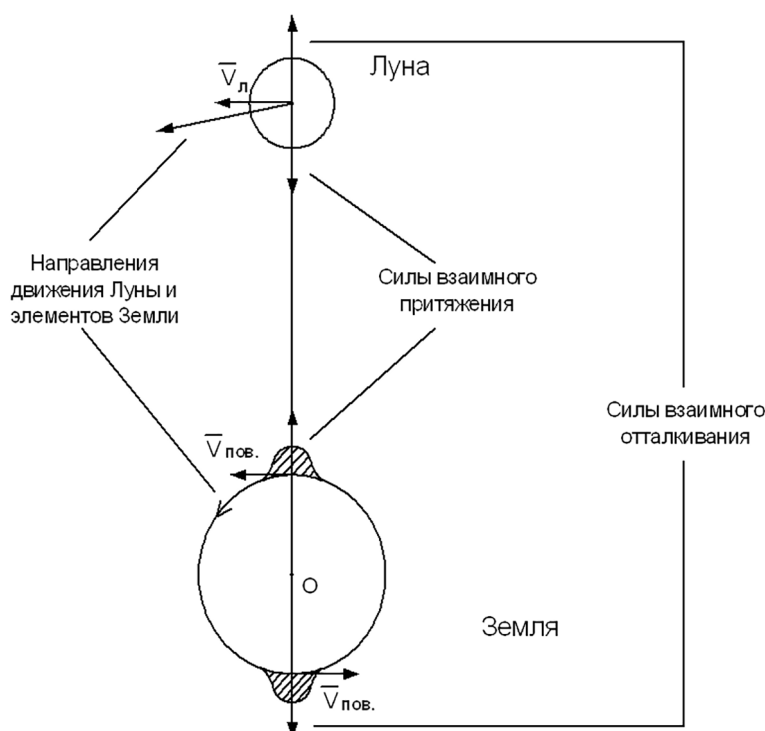


Рис. 4. Взаимное притяжение Луны с одинаково направленными и отталкивание с противоположно направленными элементами вращения земной поверхности

Иначе следует видеть причину солнечных приливов (отливов). В районе Бреста они имеют ту же периодичность, примерно 12 часов [22, с. 194]. Солнце и Земля вращаются вокруг своих осей в одинаковом направлении – против часовой стрелки, если смотреть со стороны северного полюса. Линейная скорость вращения Солнца на экваторе около 2 км/сек , что соответствует периоду около 25 земных суток (к полюсам период возрастает до 36 дней). Линейная скорость вращения Земли на экваторе 0.4651013 км/сек (к полюсам скорость падает). Поскольку в плоскости эклиптики обращение Солнца и Земли вокруг своих осей происходит в одинаковом направлении, то на сторонах поверхностей, обращенных друг к другу, линейные направления движения поверхностей взаимно противоположны. На противоположной от Солнца стороне Земли линейное направление движения поверхности совпадает по направлению с движением обращенной к Земле поверхности Солнца. Сопоставление с (42), (43) показывает, что поле инерции поверхности (и всей вращающейся массы) Солнца, обращенной к Земле, отталкивает поверхность Земли, обращенную к Солнцу, и притягивает противоположную часть поверхности Земли, обращенную от Солнца. В обоих случаях участки поверхности вдавливаются по направлению к центру Земли. Когда это происходит в океане, то вдавленная поверхность воды по краям центростремительного действия выталкивает вверх массу воды, что проявляется как приливный горб. При этом он больше на стороне, противоположной направлению вращения поверхности Земли (вследствие динамического противодействия направленному движению воды и ее накоплению в приливном горбе). На противоположной стороне Земли происходят аналогичные процессы, и приливный горб также больше на стороне, противоположной направлению суточного вращения. Вследствие сдвиговой механики взаимодействий солнечный прилив происходит через 12 часов с запаздыванием к положению точки максимального действия (рис. 5). Вместе с поверхностью вращается вся масса Солнца, которая участвует в создании поля инерции и в его индукционном взаимодействии со всей массой вращающейся вокруг своей оси Земли.

Наибольший подъем воды наблюдается, когда Солнце, Луна и Земля находятся на одной прямой линии. Это связано с резонансом лунных и солнечных приливных волн, при этом наибольший подъем воды происходит с запаздыванием до полутора суток [22, с. 196]. Запаздывание может

быть следствием запаздывания приливной волны солнечного прилива с наложением на стандартное лунное запаздывание примерно на 50 минут. То и другое запаздывание сами по себе могут происходить от прохождения «мертвой зоны» в (40)–(43), когда тела выравниваются друг с другом и на время меняют характер индукционного взаимодействия.

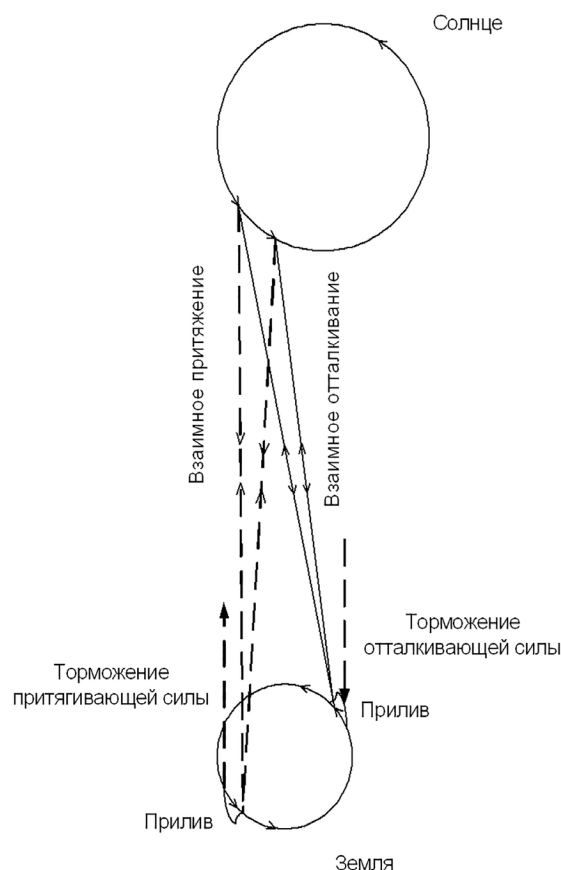


Рис. 5. Возникновение приливных горбов вследствие взаимодействия с вращающейся поверхностью Солнца

Если принять во внимание индукционное взаимодействие противоположных сторон тела вращения, то Земля приплюснута у полюсов, – у экватора диаметрально противоположные части поверхности сильнее отталкивают друг друга, поскольку вращаются в противоположных направлениях большей массой и с большей скоростью, чем у полюсов.

Об индукционных взаимодействиях планет. Поля инерции движущихся небесных тел создают взаимную ориентацию магнитных диполей вихревых токов вдоль касательной к орбите по направлению движения в разновидностях (40) – (43). В частности, это относится к близко расположен-

ным планетам на соседних орбитах в Солнечной системе. Они движутся примерно в плоскости эклиптики, в одном направлении. Если между касательными в точках сближения образуется острый угол, то поля инерции ориентированы на взаимное притяжение. Если сближение происходит вблизи афелия (перигелия) орбиты, то угол между касательными начнет возрастать, особенно если у одной из планет вытянутая орбита. При некоторых параметрах движения может наступить момент, когда угол между касательными станет больше прямого и поля инерции двух планет станут ориентированными на взаимное отталкивание. Вслед за взаимным индукционным притяжением планеты начнут отдаляться друг от друга быстрее, чем это происходило бы в условиях только гравитационного притяжения. В подобном положении оказались Нептун и Плутон ко времени открытия Плутона в 1930 г. По расчетам Нептун прошел афелий 23 января 1963 г. От момента открытия Плутона Нептун приближался к точке своего афелия в течение 33 лет. В этот период Плутон двигался к перигелию своей орбиты, который он прошел 5 сентября 1989 г. Проходя перигелий, он оказался ближе к Солнцу, чем Нептун. У Плутона очень вытянутая эллиптическая орбита, она заходит внутрь орбиты Нептуна в проекции на плоскость эклиптики. Орбита Плутона сильно отличается от орбит планет Солнечной системы: у неё намного больший эксцентриситет (0.2488) и наклон к плоскости эклиптики 17.14° . Плутон находится с Нептуном в орбитальном резонансе 3:2. Когда Нептун прошел афелий (у него близкая к круговой орбита), а Плутон вдоль очень вытянутой орбиты продолжал двигаться к перигелию под углом наклона к эклиптике 17.14° , угол между касательными к орбитам в точках их расположения приближался к прямому или оказался больше него. Плутон делает оборот вокруг Солнца примерно 248 лет, Нептун – 165 лет, он монотонно увеличивает расстояние от точки сближения с Плутоном, продолжающим движение к перигелию. Поэтому угол между касательными к орбитам в точках положения растёт, а на рост угла влияет сильная вытянутость орбиты Плутона и большой наклон к эклиптике, рост продолжается по ходу опережающего движения Нептуна. В результате Плутон, вначале притягивавшийся полями инерции Нептуна, помимо гравитационного притяжения, начнет испытывать ослабленное или отталкивающее действие полей инерции Нептуна. Масса Нептуна 1.02413×10^{26} кг, масса Плутона $(1.303 \pm 0.003) \times 10^{22}$ кг. Нептун в $\approx 10^4$ раз

массивней, поэтому оказывает на Плутон сильное возмущающее действие. Вследствие орбитального резонанса аналогичный момент сближения («вложения» орбит) повторяется раз в 495 лет. Индукционное возмущение орбиты Плутона оказывается периодическим, чем создает отличие от орбит других планет вытянутостью и большим наклоном к эклиптике. Это не единственная причина, по которой Плутон мог периодически индукционно отталкиваться от Нептуна. Более существенно то, что Плутон представляет собой двойную планетную систему: его наибольший спутник Харон обладает массой, составляющей примерно 0.15 массы Плутона, поэтому Плутон и Харон вращаются вокруг общего центра. При этом Харон движется по ретроградной орбите, то есть противоположно планетам Солнечной системы. Оказываясь «внутри» орбиты Нептуна, Харон в явном виде по обращенной к Нептуну стороне орбиты движется ему навстречу, что соответствует взаимной ориентации полей инерции Харона и Нептуна по схеме (42), (43). В этом положении Харон отталкивается от Нептуна. Общий с Плутоном центр вращения Харона сдвигается в сторону от Солнца, что оказывает возмущающее влияние на орбиту Плутона. Все обстоит даже более принципиально. Поскольку масса Харона около 0.15 массы Плутона, и они вращаются вокруг общего центра, то, собственно, в этой системе двойной планеты Плутон и Харон вращаются в одинаковом направлении вокруг общего центра. Тогда и Плутон вращается по локально-ретроградной орбите следом за Хароном вокруг общего с ним центра. Поэтому сам Плутон периодически оказывается в положении встречного по отношению к Нептуну небесного тела. Плутон и Харон обращаются по круговым орбитам вокруг общего центра масс на расстоянии 19 130 км друг от друга с периодом 6.38 суток. Отсюда Плутон периодически, с интервалом около 3 суток, отталкивается своим полем инерции от поля инерции Нептуна. Его отталкивание складывается с отталкиванием Харона с таким же периодом. Имеется еще одна причина возмущения орбитального движения Плутона: Тритон (масса 2.14×10^{22} кг – 0.29 массы Луны), наибольший спутник Нептуна, также движется по ретроградной орбите вокруг Нептуна, и той стороной на орбите, которая обращена к двойной системе Плутон-Харон, движется навстречу их вращению друг за другом. Поэтому обращенными друг к другу сторонами на своих локальных орбитах Тритон и Харон взаимно отталкиваются полями инерции, что смещает Плутон в сторону

от Солнца. Таким образом, существует множественная причина индукционного возмущения орбиты Плутона, которая воспроизводится каждые 495 лет. Как результат Плутон имеет нестандартно вытянутую орбиту с большим наклоном к эклиптике.

Влияние центростремительного ускорения на возмущение орбит планет. В любом прямолинейном направлении от центра тела существует среднестатистически постоянный магнитный поток. В силу своей стохастической природы он не меняется, не зависит от начального положения тела, его равномерного и прямолинейного или любого другого движения. В случае передачи импульса телу или в случае действия на тело внешней силы меняется только одно: ускорение движения навстречу неизменному потоку, что равносильно изменению магнитного потока через площадь контуров линейных $\pm$ пар радиальных силовых линий тела. При этом индукционный ток в замкнутом вихревом контуре имеет такое направление, что ослабляет причину своего возникновения. Магнитные диполи вихревых токов ориентированы так, чтобы противодействовать изменению магнитного потока, индуцирующего эти вихревые токи. На эллиптической орбите планета имеет центростремительное относительно фокуса орбиты (Солнца) ускорение, которое влечет изменение магнитного потока через контуры линейных $\pm$ пар радиальных силовых линий планеты и порождает центробежное отталкивающее сопротивление вдоль радиус-вектора. В радиальной силовой линии планеты, направленной вдоль радиус-вектора, в контурах линейных $\pm$ пар, возникают индукционные вихри, препятствующие причине изменения магнитного потока через площадь этих контуров, то есть центростремительному гравитационному притяжению. Препятствие притяжению к фокусу орбиты создает притяжение в обратном направлении – к $\pm$ среде вдоль бесконечного продолжения радиус-вектора – в центробежном от Солнца направлении. Это может быть вызвано только усилением суперпозиции внешних полюсов N магнитных диполей вихревых витков, что усилит притяжение к сдвоенным внутренним полюсам S ортогональных $\pm$ пар в бесконечном продолжении радиус-вектора. В обратном, центростремительном, направлении усилятся внешние полюса S магнитных диполей вихревых витков, создавая индукционное отталкивание от сдвоенных внутренних полюсов S ортогональных $\pm$ пар в обратном продолжении радиус-вектора. Следовательно, вовне радиус-вектора орбиты у полей инерции планеты появится ориентация вида

(39) с полюсом N вовне в центробежном направлении (полюс S поддерживает отталкивание в обратном направлении). Вектор соответственного механического действия сложится с вектором действия поля инерции вдоль касательной к орбитальному направлению движения, согласно ориентации (39) которого впереди по направлению орбитального движения находится также полюс N диполей вихревых контуров. При движении к перигелию, в окрестности перигелия, угол между обоими векторами острый, в перигелии – прямой, после прохождения перигелия – угол тупой. При этом суммарный вектор механического действия сильно отклонится от касательной вовне орбиты, сохранив острый угол с направлением движения. Очевидно, внутренний полюс S , отталкиваясь от одноименных полюсов ориентации (39) (позади движения), только усилит отклонение вектора механического действия от касательной. Аналогичным будет поведение суммарного вектора полей инерции планеты в окрестности афелия. Необходимо учитывать значения линейных и центростремительных ускорений, массы тел, но в любом случае имеет место отклонение векторов действия поля инерции вовне от орбитального направления. Когда орбита Плутона в окрестности перигелия «вложена» в орбиту Нептуна, это дополнительно увеличивает углы между векторами механического действия полей инерции. С ростом угла между радиус-векторами некоторое время эта тенденция будет нарастать, по меньшей мере ослабляя противодействие отталкивающим возмущениям. Это дополняет причины периодических возмущений движения Плутона.

О влиянии на окрестную $\pm$ среду вращающейся платформы интерферографа Саньяка. Согласно [2], на достаточно малом расстоянии от планеты $\pm$ среда движется вместе с ней в орбитальном направлении с орбитальной скоростью, в непосредственной близости от поверхности планеты $\pm$ среда движется в направлении и со скоростью вращения планеты вокруг своей оси. Этим объясняется постоянство скорости света в любом направлении на земной поверхности в опытах Майкельсона. Напротив, $\pm$ среда практически не увлекается ускоренным (или вращательным [4]) движением малых тел на земной поверхности, чем объясняется разница скоростей света в опытах Саньяка. На элемент $\pm$ среды в непосредственной близости от вращающейся платформы интерферографа действует сила гравитационного притяжения к Земле, которая в 10^{10} раз превосходит силу притяжения к участку платформы, поэтому элемент среды следу-

ет за поверхностью Земли, а не за вращающейся поверхностью платформы. Проведенные выше рассуждения относительно центростремительного ускорения планет можно применить к центростремительному ускорению любой точки вращающейся платформы. На точку платформы действует сила вдоль касательной по направлению вращения. Индукционное сопротивление этой силе направлено противоположно. Очевидно, и сила, и сопротивление действуют постоянно. Индукционное сопротивление притягивает элементы окрестной среды вдоль касательной в направлении, противоположном вращению (вдоль полубесконечного цилиндра, ось которого находится на касательной в рассматриваемой точке). На точку, кроме того, действует центростремительная сила. Индукционное сопротивление центростремительному ускорению притягивает элементы окрестной среды со стороны полубесконечного цилиндра в центробежном направлении вдоль продолжения радиус-вектора. В результате сложения индукционных сил элементы среды отклоняются от точки касания под острым углом к касательной в направлении, противоположном вращению. Таким образом, элементы окрестной среды платформы отдаляются вовне от каждой точки ее вращения в направлении, противоположном вращению. Вместе с оценкой превосходящего действия гравитационного поля это показывает, что элементы среды не увлекаются и не могут увлекаться вращающейся платформой интерферографа, поэтому скорость света по направлению вращения платформы отличается от скорости света в противоположном направлении.

Вместе с тем данные рассуждения не означают, что на астрономическом удалении от небесных тел среда не будет увлекаться телом, движущимся по инерции. Напротив, она будет увлекаться вслед за движением его силовых линий.

Об индукционных возмущениях орбитальных движений других небесных тел. Наибольший спутник Нептуна Тритон движется по ретроградной орбите вокруг Нептуна. Той стороной на орбите, которая обращена к Урану, Тритон движется в одном с ним линейном направлении. Поэтому он притягивается Ураном в соответствии с (40), (41), и Уран притягивается к Тритону. Это указывает дополнительное источник возмущения движения Урана в центробежном от Солнца направлении. Привлекает внимание наличие крупных спутников Сатурна с ретроградной орбитой. Например, спутник Сатурна Феба (масса – 8.289×10^{18} кг) по внешней сторо-

не орбиты движется в противоположном относительно Урана направлении. Согласно ориентации (40), (41) Феба отталкивает Уран в центробежном от Солнца направлении. В рассматриваемом аспекте более существенно поведение крупных спутников планет с не ретроградной орбитой. Вращаясь вокруг планеты в том же направлении, что и планеты Солнечной системы, по обращенной к Солнцу стороне своей орбиты, эти спутники движутся навстречу внутренним планетам, расположенным между ними и Солнцем. Такие спутники могут проявить отталкивающее действие своих полей инерции по отношению к внутренним планетам. К числу таковых относятся наиболее крупные спутники Юпитера: Ио (8.93×10^{22} кг), Европа (4.8×10^{22} кг), Ганимед (1.48×10^{23} кг) и Каллисто (1.08×10^{23} кг). Эти и другие спутники Юпитера с не ретроградной орбитой вполне могут оказывать возмущающее индукционное действие на орбитальное движение Марса. Дополнительное влияние может оказать Луна (7.3477×10^{23} кг): обращенная к орбите Марса сторона ее орбиты направлена одинаково с орбитальным движением планет Солнечной системы. Во время противостояния на этой стороне своей орбиты Луна своими полями инерции притягивает поля инерции Марса, что может суммироваться с отталкивающим действием галилеевых спутников Юпитера и притяжением полей инерции Земли (в дополнение к гравитационному притяжению). В свою очередь Марс по этой же причине может оказывать возмущающее индукционное притяжение Луны. Кроме того, в том же направлении (индукционное отталкивание с внутренней стороны) будут действовать на Луну поля инерции Венеры и Меркурия, что в сумме может смещать точки лунной орбиты. Сходные рассуждения можно отнести к небесным телам с возмущенными орбитами пояса Койпера. Так, у Седны орбита вытянута с эксцентриситетом 0.8590486 и наклоном к эклиптике 11.9°. Но если движение по орбите является ретроградным, как, например, у транснептунового объекта 2008 KV₄₂, то возмущение выражается гораздо сильнее. Наклонение орбиты составляет 103°. Такие возмущения неизбежны, они естественно объяснимы, если учитывать индукционные взаимодействия объектов и планет Солнечной системы. То же можно сказать о возмущениях комет. Комета Галлея движется по ретроградной орбите. Средний период обращения кометы Галлея составляет 76 лет. Орбитальный период изменялся от 76 лет (в 1986 г.) до 79.3 года (в 451 и 1066 гг.). Орбита кометы высоко эксцентрическая

(эксцентриситет 0.9671429), наклонена под углом 18° к эклиптике. Такая вытянутость орбиты и отклонение от эклиптики связаны с индукционным взаимодействием полей инерции по ходу ретроградного движения кометы. Поля инерции и гравитации взаимно независимы, во всех рассматриваемых взаимодействиях небесных тел гравитационное взаимодействие неизменно подчиняется закону всемирного тяготения. Непосредственный источник индукционного возмущения движения небесных тел может представлять вращающаяся вокруг своей оси масса Солнца. Так, Меркурий, взаимодействуя с вращающейся в одинаковом направлении с его орбитальным движением массой Солнца, имеет весьма выраженное возмущение движения. Он движется вокруг Солнца по сильно вытянутой эллиптической орбите (эксцентриситет 0.205) на среднем расстоянии 57.91 млн км. Наклон орбиты к плоскости эклиптики равен 7° . Это коррелируется с наклоном к эклиптике оси вращения Солнца, который составляет с направлением на полюс эклиптики угол $7^\circ 15'$. Продолжительность меркурианского дня равна продолжительности меркурианского года. Меркурий обращается вокруг Солнца в спин-орбитальном резонансе 3:2, то есть за два меркурианских года планета совершает три оборота вокруг своей оси. Есть еще одно обстоятельство, которое не стоит упускать из виду. В направлении, противоположном направлению орбитального движения Меркурия, вращается вокруг своей оси ближайшая к нему планета Венера. Это означает, что вращающаяся масса Венеры своей стороной, обращенной к орбите Меркурия, линейно направлена в ту же сторону, в какую движется Меркурий. Поле инерции вращающейся массы Венеры притягивает к себе Меркурий, что складывается с гравитационным притяжением к ней и в сумме может составить заметную силу притяжения Меркурия в центробежном от Солнца направлении. Оно вычитается из действия гравитации Солнца и индукционного притяжения его вращающейся массы. Масса Меркурия 3.3×10^{23} кг, Венеры – 4.87×10^{24} кг, Солнца – 1.98892×10^{30} кг. Периодическое сближение этих тел между собой происходит только в определенных точках орбит. Период обращения Меркурия вокруг Солнца 0.241 земного года, Венеры – 0.615 земного года. Поэтому Меркурий не реже чем два раза в год оказывается на наименьшем расстоянии от Венеры, что периодически усугубляет индукционные возмущения. Прецессия перигелия Меркурия составляет $574.10 \pm 0.65''$ (угловых секунд) за столетие в гелиоцентрической системе координат.

Выделяется также тот факт, что спутники Юпитера, движущиеся противоположно его вращению вокруг своей оси, медленно удаляются от его центра. Это можно объяснить их индукционным отталкиванием от массы Юпитера, вращающейся в направлении, противоположном их орбитальному движению.

Вращающаяся вокруг своей оси масса Солнца индукционно отталкивает движущуюся во встречном направлении Луну в ближайшей к Солнцу точке лунной орбиты. В диаметрально противоположной точке вращающаяся масса Солнца индукционно притягивает движущуюся в одинаковом с ней направлении Луну. Создается момент поворота плоскости лунной орбиты. Это согласуется с тем, что плоскость лунной орбиты значительно наклонена к плоскости эклиптики под углом 5.14° , а к плоскости земного экватора – под углом 28.6° . Вращающаяся масса Солнца аналогично взаимодействует с вращающейся в суточном обращении массой Земли, что согласуется с наклоном земного экватора к плоскости эклиптики под углом $23^\circ 26'$.

О создании движения без передачи импульса. В состоянии локального покоя тело симметрично по всем направлениям притягивается вдоль радиальных силовых линий к элементам $\pm$ среды. Если в одном из направлений притяжение станет меньше, то сумма притяжений в остальных направлениях создаст противоположное направление притяжения. Уменьшить притяжение в заданном направлении возможно, если в этом направлении ослабить структуру радиальных силовых линий. Это достижимо посредством сильного переменного электромагнитного поля с выбранной стороны тела, если экранировать воздействие этого поля по остальным направлениям. В качестве экрана можно взять металлический параболоид, жестко скрепленный с телом, а источник переменного поля заключить внутрь параболоида. Чем сильнее магнитное поле, тем больше нарушается сверхпроводимость контуров $\pm$ пар и соответственно ослабляется структура радиальных силовых линий. Чем выше частота колебаний возмущающего поля, тем эффективнее воздействие на структуру силовых линий. В одном из экспериментов [24] наблюдалось быстрое перемещение с постоянной скоростью сложенного вдвое полутораметрового изолированного алюминиевого провода диаметром 2 мм, свободно подвешенного на эластичной тесьме, когда на провод подавался переменный ток через амальгированный разделенный медный контакт, свободно плававший в двух сдвинутых

чашах ртути. На момент проведения эксперимента эффект был воспринят как побочный эффект искомого изменения веса [24]. Между тем электромагнитное поле нарушало структуру силовых линий инерции внутри сложенного вдвое проводника сильнее, чем снаружи, что создавало движение. В данном направлении активные исследования с применением электромагнитных полей проводятся в США, Великобритании и Китае.

Заключение

В работе вводится предположение о сверхпроводимости элементов вакуума и их индукционных свойствах, на основе которых объясняется инерция физических тел. Описаны механизмы взаимодействий элементов полей инерции и вакуумного пространства. Предложена модель индукционной природы инерции. Тело движется по инерции вследствие индукционного действия на него элементов среды вакуума, направленного вдоль движения. Это действие не создает ускорения, потому что уравновешивается индукционным «трением» встречных элементов вакуумной среды. Приведены примеры возмущений орбитальных движений, причины которых трактуются как взаимодействия полей инерции движущихся небесных тел.

Список литературы

1. Ромм Я.Е. О видоизменениях опыта Фарадея с кажущимся уменьшением веса проводников при прохождении электрического тока в аспекте гипотетической связи гравитации и электромагнетизма // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 8. С. 61-81. DOI: 10.17513/mjprfi.13117.
2. Ромм Я.Е. Гипотеза близкогодействия в аспекте влияния гравитации на скорость света в экспериментах Майкельсона-Морли и Саньяка // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 2. С. 49-66. DOI: 10.17513/mjprfi.13180.
3. Ромм Я.Е. Электромагнетизм, гравитация и инерция в предположении близкогодействия. Таганрог: Изд-во ТГПИ, 2009. 348 с.
4. Ромм Я.Е. О природе движения по инерции в предположении близкогодействия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 10. С. 50-76. DOI: 10.17513/mjprfi.13456.
5. Медведев Б.В., Ширков Д.В. П. А. М. Дирак и становление основных представлений квантовой теории поля // УФН. 1987. Т. 153, Вып. 9. № 1. С. 59-104.
6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Том 3. Физика элементарных частиц. СПб.: Лань, 2022. 416 с.
7. Попов В.С., Мур В.Д., Нарожный Н.Б., Попруженко С.В. О рождении электрон-позитронных пар из вакуума полем интенсивного лазерного излучения // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2016. Т. 149, Вып. 3. С. 623-640.
8. Christian Kohlfürst. Effect of time-dependent inhomogeneous magnetic fields on the particle momentum spectrum in electron-positron pair production // Physical Review. 2020. Vol. D 101. № 096003. P. 1-24.
9. Sadah A. Alkhateeb, Aisha Abdu Alshaery, Rawan Ali Aldosary. Electron-Positron Pair Production in Electro-Magnetic Field // Journal of Applied Mathematics and Physics. 2022. Vol. 10. P. 237-244.
10. Slade-Lowther C., Del Sorbo D., Ridgers C.P. Identifying the Electron-Positron Cascade Regimes in High-Intensity Laser-Matter Interactions // New Journal of Physics. 2019. Vol. 21. P. 013028.
11. Berdyugin A.I., Xin Na, Gao Haoyang, Slizovskiy S., Zhiyu Dongshubhadeep Bhattacharjee, Kumaravadeivel, Shuigang Xu, Ponomarenko A., Geim K. (+13 authors Authors Info & Affiliations). Out-of-equilibrium criticalities in graphene superlattices // Science. 2022. Vol. 375, Is. 6579. P. 430-433. DOI: 10.1126/science.abi8627.
12. Гинзбург В.Л., Андрюшин Е.А. Сверхпроводимость. М.: Альфа-М, 2006. 112 с.
13. Rey C.M., Malozemoff A.P. Fundamentals of superconductivity // Superconductors in the Power Grid. 2015. P. 29-73. DOI: 10.1016/B978-1-78242-029-3.00002-9.
14. Фоминов Я.В. Взаимовлияние сверхпроводимости и магнетизма и особенности нечётных по частоте сверхпроводящих состояний: дис. ... докт. физ.-мат. наук. Черноголовка, 2019. 248 с.
15. Koblishka M.R., Püst L., Crosby-Soon Chang, Hauet T., Koblishka-Veneva A. The Paramagnetic Meissner Effect (PME) in Metallic Superconductors // Metals. 2023. Vol. 13 (6). P. 1140. DOI: 10.3390/met13061140.
16. Квантовая левитация. Эффект Мейснера. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/130656/> (дата обращения: 30.06.2024).
17. Демонстрация эффекта Мейснера. Сверхпроводники и левитация. [Электронный ресурс]. URL: <https://elektrik.info/main/fakty/1737-demonstraciya-effekta-meysnera.html> (дата обращения: 30.06.2024).
18. Levitating Superconductor on a Möbius strip. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zPqEEZa2Gis> (дата обращения: 30.06.2024).
19. Superconducting Quantum Levitation on a 3π Möbius Strip. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xuEY2bm-W50> (дата обращения: 30.06.2024).
20. Magnetic Locking WITHOUT a Superconductor. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=V5FyFvgxUhE> (дата обращения: 30.06.2024).
21. Фихтенгольд Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т.1. СПб: Лань, 2018. 608 с.
22. Лаплас П.С. Изложение системы мира. Л.: Наука, 1982. 375 с.
23. Фихтенгольд Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том 3. М.: Книга по Требованию, 2014. 656 с.
24. Ромм Я.Е. О возможном изменении веса проводников при прохождении через них электрического тока. II // Деп. в ВИНТИ 03.12.87. № 8497-B87. 36 с.

СТАТЬИ

УДК 615.276:577.151.042:547.583.5:303.723.032.2

**КОРРЕЛЯЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕСКРИПТОРА
ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНОГО ДОКИНГА
ПО ИНТЕРЛЕЙКИНУ 2 В РЯДУ АМИДОВ
И ГИДРАЗИДОВ N-АРОИЛАНТРАНИЛОВЫХ КИСЛОТ
В ОЦЕНКЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МИШЕНИ****Андрюков К.В.***ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия»,
Пермь, e-mail: k_andrukov@mail.ru*

Статья посвящена корреляционному моделированию дескриптора противовоспалительной активности, основанному на молекулярном докинге по интерлейкину 2 в ряду амидов и гидразидов N-ароилантраниловых кислот в оценке биологической мишени. Поиск коррелируемого дескриптора заключается в отборе результатов на основе конформации с максимальной энергией связывания по ацетилсалициловой кислоте (-5,22 ккал/моль) как исходной точке конструирования соединений анализируемого ряда. Одним из способов поиска является корреляционный анализ взаимосвязи значений биологической активности экспериментальных с энергией докинга. Подробный анализ полученных результатов позволяет провести моделирование биологической активности в виде зависимостей «структура – активность». Проведено исследование в области ингибирования интерлейкина 2. Для проведения исследования использован объект в виде величины биологической активности – противовоспалительная активность 29 соединений производных антраниловой кислоты. Анализируемые соединения содержат при амидной группе различные заместители, а в N-ацильной составляющей – фрагменты ароматического характера. Моделирование проведено программой Statistica 6. Моделирование заключалось в расчете коэффициента корреляции между значением биологической активности и энергией связывания. Выполнено описание по конформациям взаимодействий в виде остатков аминокислот активного участка интерлейкина 2. Получены значения коррелируемого дескриптора противовоспалительной активности со значением коэффициента корреляции, равным 0,730.

Ключевые слова: антраниловая кислота, молекулярный докинг, корреляция, интерлейкин 2, противовоспалительная активность

**CORRELATION MODELING OF THE ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY
DESCRIPTOR USING MOLECULAR DOCKING FOR INTERLEUKIN 2
IN A SERIES OF AMIDES AND HYDRAZIDES OF N-AROYLANTHRANILIC
ACIDS IN THE ASSESSMENT OF A BIOLOGICAL TARGET****Andryukov K.V.***Perm state pharmaceutical academy, Perm, e-mail: k_andrukov@mail.ru*

The article is devoted to the correlation modeling of the anti-inflammatory activity descriptor based on molecular docking by interleukin 2 in a series of amides and hydrazides of N-aroylanthranilic acids in the assessment of a biological target. The search for a correlated descriptor consists in selecting the results based on the conformation with the maximum binding energy for acetylsalicylic acid (-5,22 kcal/mol) as the starting point for the construction of compounds of the analyzed series. One of the search methods is a correlation analysis of the relationship between the values of the biological activity of the experimental ones and the docking energy. A detailed analysis of the results obtained makes it possible to simulate biological activity in the form of «structure-activity» dependencies. A study was conducted in the field of interleukin 2 inhibition. To conduct the study, an object was used in the form of a value of biological activity – anti-inflammatory activity, 29 compounds of anthranilic acid derivatives. The analyzed compounds contain various substituents in the amide group, and aromatic fragments in the N-acyl component. The simulation was performed by the Statistica 6 program. The simulation consisted in calculating the correlation coefficient between the value of biological activity and binding energy. A description of the conformations of interactions in the form of amino acid residues of the active site of interleukin 2 was performed. The values of the correlated descriptor of anti-inflammatory activity were obtained, with a correlation coefficient value equal to (0,730).

Keywords: anthranilic acid, molecular docking, correlation, interleukin 2, anti-inflammatory activity

Введение

Поиск новых лекарственных средств связан с моделированием свойств, присущих молекуле с ожидаемыми или заданными параметрами – лекарственными свойствами. Лекарственные свойства опреде-

ляются как присущие молекуле свойства, которые остаются неотъемлемым элементом исследований по созданию новых лекарственных средств. Оценка структурных характеристик молекулы лекарственного средства, их трехмерной составляющей,

с ее прогнозированием имеет решающее значение для успешной разработки будущего лекарства. Биологически активное вещество – лидер, с требуемыми свойствами, подобными лекарственным, может быть преобразовано в качественный препарат-кандидат.

Принцип вычислительных методов QSAR заключается в реализации математической зависимости, количественно связывающей молекулярные дескрипторы с макроскопическими наблюдаемыми (физико-химическими свойствами или биологической активностью) для ряда сходных химических соединений с использованием статистических методов анализа данных.

Молекулярный докинг – это вычислительный инструмент, широко используемый при разработке лекарственных средств на основе структуры для определения средства связывания и относительной ориентации между белком и лигандом, когда они взаимодействуют друг с другом. Он обеспечивает возможность провести исследование по изучению ингибирующей активности и поиску наилучших соединений с высокой аффинностью и ингибирующей активностью в отношении ряда мишеней, например ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы, которые являются одними из ключевых мишеней лекарственных препаратов для лечения болезни Альцгеймера [1]. Метод молекулярного докинга моделирует процесс молекулярного распознавания, предсказывая свободную энергию связывания, а также геометрию взаимодействия связанного комплекса «белок – лиганд». Докинг посредством результатов стыковки предсказывает предпочтительную ориентацию (т.е. «наилучшую подгонку» в трехмерном пространстве) лиганда, который связывается с конкретным, представляющим интерес белком.

Цель исследования заключается в корреляционном моделировании дескриптора противовоспалительной активности (ПВА), основанном на молекулярном докинге по интерлейкину 2 в ряду амидов и гидразидов N-ароилантраниловых кислот в оценке биологической мишени.

Материал и методы исследования

Изучение связывания с биологической мишенью противовоспалительной активности – интерлейкин 2 (ИЛ-2) осуществлено AutoDock 4.2. Кристаллографическая копия фермента в формате pdb взята из ресурса RCSB Protein Data Bank: PDB ID code: 1m48 [2]. Статистические исследования, посвященные корреляции, выполнены в программе Statistica 6.

Результаты исследования и их обсуждение

Поиск коррелируемого дескриптора основан на использовании конформации с максимальной энергией молекулярного докинга по ацетилсалициловой кислоте ($\Delta G = -5,22$ ккал/моль) как исходной точке конструирования соединений анализируемого ряда [3]. Образование связи с ферментом ИЛ-2 происходит в виде комплекса с ацетилсалициловой кислотой по участку связывания (рис. 1).

Сайт связывания активного участка ИЛ-2 состоит из остатков аминокислот цепи А, анализируемой биологической мишени: Лейцин 72 (LEU72A), Валин 69 (VAL62A), Треонин 41 (THR41A) и Аргинин 38 (ARG38A).

Анализируя рисунок 1, можно наблюдать гидрофобные взаимодействия с двумя остатками аминокислот: Лейцин 72 (LEU72A) и Валин 69 (VAL62A). Межмолекулярная водородная связь (ММВС) образуется по О-ацильному заместителю карбонильной группы с аминокислотой Треонин 41 (THR41A). Происходит комбинированное взаимодействие с ММВС и ионизационное, по карбоксильной группе, ацетилсалициловой кислоты с остатком аминокислоты Аргинин 38.

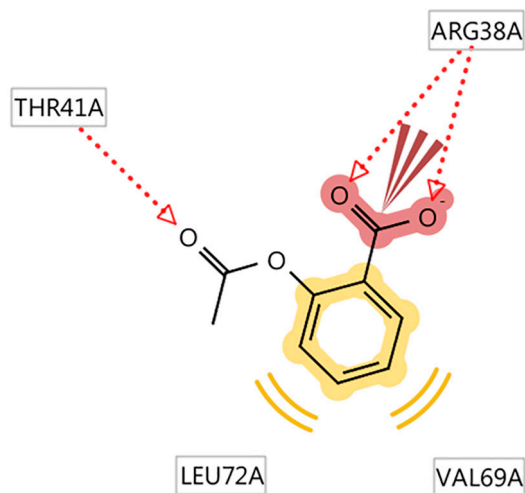


Рис. 1. Диаграмма взаимодействия ацетилсалициловой кислоты с активным участком ИЛ-2

Объектом исследования являются 29 производных антраниловой кислоты под общим химическим названием ряда «амиды и гидразиды N-ароилантраниловых кислот». Общая химическая структура объекта исследования приведена на рисунке 2. Анализируемые производные антраниловой кислоты проявляют широкий спектр фармакологической активности [4, 5].

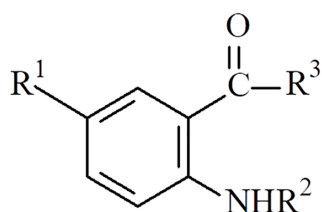


Рис. 2. Общая химическая структура соединений ряда «амиды и гидразиды N-ароилантралиновых кислот» с заместителями: R^1 , R^2 , R^3

С использованием программы AutoDock 4.2. проведен молекулярный докинг (сты-

ковка) 29 соединений (1–29) общей химической структуры (рис. 2).

Достижения в области вычислительных технологий позволили автору провести виртуальный скрининг, который показал положительное влияние корреляции на процесс обнаружения значимых конформаций ПВА. При виртуальном скрининге применяются стыковка и оценка каждого соединения из набора данных, а используемая методика основана на прогнозировании режимов связывания и сродства к связыванию каждого соединения из набора данных посредством стыковки с рентгеновской кристаллографической структурой ИЛ-2.

Результаты отбора значимых конформации по ИЛ-2:
номер конформации, скоринговые функции,
остатки аминокислот с водородной связью (Н-связь) и ПВА_{эксп.}

№ соединения	Конформация №	Н-связь (ИЛ-2)	Be _{ИЛ-2}	Ki _{ИЛ-2, мкмоль}	Ime _{ИЛ-2}	RMSD _{ref}	ПВА _{эксп.} , %
1	2	THR41	–4,53	479,03	–6,02	8,13	33,60
2	5	THR41, ARG38	–5,30	129,92	–6,79	3,76	66,30
3	1	ARG38, LYS43	–6,54	16,07	–8,03	4,80	59,95
4	1	THR41, ARG38	–7,01	7,32	–8,50	4,02	60,05
5	8	нет	–4,71	350,25	–6,50	5,03	–8,10
6	6	THR41	–5,66	71,09	–7,15	5,06	46,40
7	10	LYS43	–4,85	279,68	–6,64	6,79	31,65
8	2	ARG38	–4,93	243,05	–5,83	3,91	19,55
9	2	THR41	–5,90	47,2	–6,80	4,43	36,15
10	8	THR41, ARG38	–3,44	3030	–5,82	4,49	22,70
11	5	нет	–4,30	707,21	–6,09	5,53	35,65
12	3	ARG38	–5,35	119,82	–6,84	5,71	42,05
13	1	THR41, ARG38	–4,89	260,04	–6,68	3,93	28,20
14	1	THR41	–4,90	253,88	–6,99	4,72	33,65
15	1	THR41, ARG38	–6,40	20,46	–7,29	5,04	51,50
16	5	LEU72	–5,72	64,51	–6,91	7,44	46,30
17	3	LYS43	–5,77	58,85	–6,96	5,55	46,15
18	8	THR41, ARG38	–5,25	140,77	–6,45	4,28	41,05
19	4	THR41	–4,34	663,56	–6,13	3,76	36,5
20	10	ARG38	–5,03	206,38	–6,82	5,15	21,3
21	6	THR41, ARG38	–6,86	9,35	–8,05	3,76	63,65
22	6	THR41, ARG38	–7,14	5,82	–8,63	3,90	60,25
23	10	LEU72	–4,01	1160	–5,80	6,03	25,10
24	5	THR41, ARG38	–7,43	3,57	–8,62	4,97	55,50
25	8	THR41, ARG38	–7,04	6,88	–7,94	4,73	51,85
26	10	ARG38	–6,28	24,75	–7,28	4,52	32,70
27	5	THR41, ARG38	–4,70	358,36	–6,49	4,81	21,15
28	5	THR41, ARG38	–7,11	6,18	–8,40	5,58	65,65
29	8	ARG38	–5,85	51,37	–6,75	4,31	38,75

Исследование молекулярного докинга на основе сетки (Grid анализа), основанное на декартовых координатах, было использовано автором для анализа способов связывания молекул с аминокислотами, присутствующими в активном кармане белка, с координатами центрального участка ($x = -4,560$, $y = 11,693$, $z = -11,274$).

Изучено межмолекулярное взаимодействие анализируемых соединений ряда амидов и гидразидов N-ароилантраниловых кислот молекулярной стыковкой, основанной на 3D-QSAR. Исследование 3D-QSAR было направлено на поиск дескрипторов, которые могут быть соотнесены с ПВА, выраженной в значениях энергий связывания (binding energy ($Be_{ИЛ-2}$)) с ИЛ-2 (ккал/моль). Для получения дескриптора в исследовании использована линеаризация путем создания линейной зависимости с ПВА. Получение статистически надежной модели во многом зависит от способности дескрипторов, которые являются конечным результатом логической и математической процедуры [6], кодировать вариации активности в соответствии со структурой, а именно дескриптора, связанного с ПВА ($Be_{ИЛ-2\text{ ПВА}}$).

Для того чтобы идентифицировать потенциальную модель отбора дескриптора ПВА, проведен анализ результатов докинга 29 соединений производных антраниловой кислоты с активным центром фермента ИЛ-2 с целью изучить взаимодействие соединений производных антраниловой кислоты с 1m48.

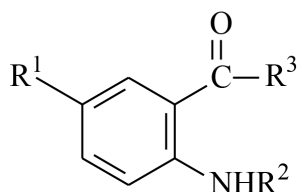
Строение проанализированных производных антраниловой кислоты в зависимости от энергии взаимодействия с ИЛ-2 по $Be_{ИЛ-2}$ приведено на рисунках 3 и 4. Исследование по распознаванию конформаций относительно ПВА выполнено по коэффициенту корреляции, путем отбора результатов, обеспечивающих максимальную линейность (значимых конформаций). Большинство соединений показали хорошие показатели стыковки при взаимодействии с различными аминокислотными остатками (таблица).

Проведен анализ стыковки по ПВА методом корреляционного анализа с помощью программы Statistica 6; среди полученных результатов использованная модель отбора показала высокую корреляцию с коэффициентом корреляции с ПВА, равным 0,730. Результаты корреляционного анализа стыковки с ИЛ-2 приведены в таблице, а модель стыковки в работе описана в виде уравнения простой линейной регрессии: $Be_{ИЛ-2\text{ ПВА}} = -3,726 - 0,045 \times \text{ПВА}$.

На рисунке 3 приведено строение производных антраниловой кислоты с $Be_{ИЛ-2}$ -6 и менее, обнаруживающих максимальное связывание с ИЛ-2 (9 соединений).

Минимальное связывание с анализируемой мишенью с $Be_{ИЛ-2}$ -5,90 и более обнаружено у 20 соединений, структуры которых приведены на рисунке 4.

Участок связывания амидов и гидразидов N-ароилантраниловых кислот с ИЛ-2 содержит остатки аминокислот: THR41A, ARG38A, LEU72A, LYS43A (таблица).



$R^1 = \text{Br}$, $R^2 = \text{CO 2-COONHC}_6\text{H}_4$, $R^3 = \text{NH}_2$ (3);

$R^1 = \text{Br}$, $R^2 = \text{CO 2-furyl}$, $R^3 = \text{NHC}_6\text{H}_{11}$ (cyclohexyl) (4);

$R^1 = \text{Br}$, $R^2 = \text{CO 2-furyl}$, $R^3 = \text{NHNHCOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ (15);

$R^1 = \text{H}$, $R^2 = \text{CO 4-OCH}_3\text{C}_6\text{H}_4$, $R^3 = \text{NHCH}_2\text{CH=CH}_2$ (21);

$R^1 = \text{I}$, $R^2 = \text{CO C}_6\text{H}_5$, $R^3 = \text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (22);

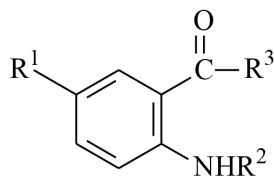
$R^1 = \text{Br}$, $R^2 = \text{CO 4-ClC}_6\text{H}_4$, $R^3 = \text{NHC}_6\text{H}_5$ (24);

$R^1 = \text{Br}$, $R^2 = \text{CO 4-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4$, $R^3 = \text{NH}_2$ (25);

$R^1 = \text{I}$, $R^2 = \text{CO C}_6\text{H}_5$, $R^3 = \text{NHCH}_3$ (26);

$R^1 = \text{Br}$, $R^2 = \text{CO 4-ClC}_6\text{H}_4$, $R^3 = \text{NH}_2$ (28)

Рис. 3. Структуры производных антраниловой кислоты с $Be_{ИЛ-2}$ -6 и менее (9 соединений)



$R^1 = H, R^2 = CO\ 4\text{-}BrC_6H_4, R^3 = NHCH_2CH=CH_2$ (1);

$R^1 = H, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_2CH=CH_2$ (2);

$R^1 = I, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_2C_6H_5$ (5);

$R^1 = H, R^2 = CO\ 4\text{-}NO_2C_6H_4, R^3 = NHCH_2CH=CH_2$ (6);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHNHCOCH_2Cl$ (7);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_2CH_2CH(CH_3)_2$ (8);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_3$ (9);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_2C_6H_5$ (10);

$R^1 = I, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_3$ (11);

$R^1 = H, R^2 = CO\ 3, 4, 5\text{-(}OCH_3)_3C_6H_2, R^3 = NHCH_2CH=CH_2$ (12);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHNHCOCH_2CH_2CH_3$ (13);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHNHCO\ 2\text{-}furyl$ (14);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHNHCO\ 2\text{-}COOHC_6H_4$ (16);

$R^1 = I, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = N(CH_3)_2$ (17);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}OCH_3C_6H_4, R^3 = NH_2$ (18);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 3\text{-}NO_2C_6H_4, R^3 = NH_2$ (19);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHNH_2$ (20);

$R^1 = I, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_2CH_2OH$ (23);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ 2\text{-}furyl, R^3 = NHCH_2CH_2OH$ (27);

$R^1 = Br, R^2 = CO\ C_6H_5, R^3 = NH_2$ (29)

Рис. 4. Структуры производных антралиновой кислоты с $Ve_{ИЛ-2-5,90}$ и более (20 соединений) с минимальным связыванием с ИЛ-2

Заключение

Проведено исследование 29 производных ряда «амиды и гидразиды N-ароилантралиновых кислот» методом молекулярного докинга с ИЛ-2. Получены значения коррелируемого дескриптора противовоспалительной активности ($Ve_{ИЛ-2\ ПВА}$) с высоким значением коэффициента корреляции, равным 0,730, в оценке правильности выбора биологической мишени.

Корреляционное моделирование дескриптора противовоспалительной активности по ИЛ-2 позволяет не только выделить дескриптор для исследований «структура – ПВА», но и провести оценку биологической мишени на возможность исследования в области поиска модели ПВА для соединений производных антралиновой кислоты.

Список литературы

- Costa G.P., Baldinotti R.S., Fronza M.G. et al. Synthesis, molecular docking, and preliminary evaluation of 2-(1, 2, 3-triazoyl) benzaldehydes as multifunctional agents for the treatment of Alzheimer's disease // ChemMedChem. 2020. Vol. 15. No. 7. P. 610-622.
- Arkin M.A., Randal M., DeLano W.L. et al. Binding of small molecules to an adaptive protein-protein interface // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2003. Vol. 100 (4). P. 1603-1608.
- Андрюков К.В. Регрессионное моделирование участка связывания с интерлейкином 2 производных салициловой кислоты, проявляющих анальгетическую активность // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024. Т. 23, № S6. С. 155.
- Morsy M.A., Patel S.S., Parmar P. et al. Functional role of novel anthranilic acid derivatives as anti-inflammatory agents // Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research. 2022. Vol. 56 (3). P. S522-S534.
- Siddique Sidra, Hussain K., Shehzadi N. et al. Design, synthesis, biological evaluation and molecular docking studies of quinoline-anthranilic acid hybrids as potent anti-inflammatory drugs // Organic & Biomolecular Chemistry. 2024. Vol. 22. No. 18. P. 3708-3724.
- Danishuddin Khan AU. Descriptors and their selection methods in QSAR analysis: paradigm for drug design // Drug Discov. Today. 2016. Vol. 21. P. 1291-1302.

УДК 615.32[58.085+58.087+542.3]

ПЛОДЫ РОДОДЕНДРОНА КАВКАЗСКОГО: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И СОСТАВА ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Тишина А.Н., Курегян А.Г., Глушко М.П., Печинский С.В., Антонян И.А.

*Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пятигорск,
e-mail: al.tishinatishina@yandex.ru*

Цель исследования – изучение диагностических признаков и состава полифенольных соединений плодов рододендрона кавказского. Изучение микродиагностических признаков плодов было проведено методом микроскопии, влажность определена гравиметрическим методом, для изучения полифенольных соединений были использованы методы спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии. В связи с тем, что до настоящего исследования изучение плодов этого производящего растения не проводилось, было необходимо провести определение диагностических признаков и установить состав полифенольных соединений сырья как наиболее активной группы вторичных метаболитов. По результатам проведенных исследований впервые установлены микроскопические признаки экзокарпия, мезокарпия и эндокарпия плодов рододендрона кавказского и определена влажность сырья. Для изучения биологически активных соединений использовали спиртовой экстракт плодов, полученный при кипячении. Для спиртового экстракта плодов рододендрона кавказского установлены характеристические максимумы поглощения в ультрафиолетовом диапазоне спектра. В изучаемом сырье с использованием пяти подвижных фаз впервые установлено наличие от семи до девяти соединений, производных полифенолов и дитерпеноидов. Число определенных полифенолов варьирует в зависимости от состава подвижной фазы. В сравнении со стандартными образцами достоверно идентифицированы галловая и коричная кислоты, рутин, кверцетин, лутеолин и умбеллиферон. Предварительно с помощью реактива Година определено наличие в сырье дитерпеноидов грайанового типа, в частности грайанотоксинов.

Ключевые слова: рододендрон кавказский, плоды, полифенолы, флавоноиды, грайанотоксины, ТСХ

FRUITS OF RHODODENDRON CAUCASIAN: DETERMINATION OF DIAGNOSTIC SIGNS AND COMPOSITION OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS

Tishina A.N., Kuregyan A.G., Glushko M.P., Pechinskiy S.V., Antonyan I.A.

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, branch of the Volgograd State Medical University
of the Ministry of Health of the Russian Federation, Pyatigorsk, e-mail: al.tishinatishina@yandex.ru*

The aim of the study was to investigate the diagnostic features and composition of polyphenolic compounds in Caucasian rhododendron fruits. The microdiagnostic features of the fruits were studied using microscopy, the humidity was determined gravimetrically, and the polyphenolic compounds were studied using spectrophotometry and thin-layer chromatography. Since the fruits of this producing plant had not been studied before this study, it was necessary to determine the diagnostic features and establish the composition of the polyphenolic compounds of the raw materials as the most active group of secondary metabolites. Based on the results of the studies, microscopic features of the exocarp, mesocarp and endocarp of Caucasian rhododendron fruits were established for the first time, and the humidity of the raw materials was determined. An alcoholic extract of the fruits obtained by boiling was used to study biologically active compounds. Characteristic absorption maxima in the ultraviolet range of the spectrum were established for the alcoholic extract of Caucasian rhododendron fruits. In the studied raw materials, the presence of seven to nine compounds, derivatives of polyphenols and diterpenoids, was established for the first time using five mobile phases. The number of identified polyphenols varies depending on the composition of the mobile phase. Gallic and cinnamic acids, rutin, quercetin, luteolin and umbelliferone were reliably identified in comparison with standard samples. The presence of grayan-type diterpenoids, in particular grayanotoxins, was preliminarily determined in the raw material using Godin's reagent.

Keywords: *Rhododendron caucasicum*, fruits, polyphenols, flavonoids, grayanotoxins, TLC

Введение

Из трех европейских видов рододендронов, произрастающих на территории Российской Федерации [1–3], менее изученным является рододендрон кавказский (*Rhododendron caucasicum* Pall.), причем это можно отнести и к вопросам о составе его биологически активных соединений (БАС), и к его ботанической характеристике.

Это растение является эндемиком флоры Северного Кавказа РФ [4–6] и интересно тем, что его отвары и настойки с давних пор применяются в народной медицине для лечения ревматизма, бронхитов, инфекционных заболеваний, головных болей, а также как общеукрепляющее и тонизирующее средство [6–8]. Все вышеописанные эффекты рододендрона кавказского связаны

с его вторичными метаболитами. Наиболее изученными видами сырья этого производящего растения являются листья, в меньшей мере изучены цветки и побеги [9–11]. Следует подчеркнуть, что изучение состава БАС плодов рододендрона кавказского и описание их диагностических признаков до настоящего времени не проводились.

Цель исследования – изучение диагностических признаков и состава полифенольных соединений плодов рододендрона кавказского.

Материалы и методы исследования

В работе использовали сырье – плоды рододендрона кавказского (*Rhododendron caucasicum* Pall.), заготовленные в августе 2022 г. и августе 2023 г. и высушенные воздушно-теневым способом. Определение влажности сырья проводили по методике ГФ XV [12].

Макроскопический анализ. Для определения макроскопических признаков использовали свежесобранное и высушенное сырье, описание признаков проводили по технике макроскопического анализа согласно ГФ XV [12].

Микроскопическое исследование. Для микроскопического изучения образцов сырья готовили микропрепараты плодов и семян с поверхности и поперечными срезами, адаптируя методики, описанные в ГФ XV [12]. Сырье предварительно кипятили в 3 % растворе натрия гидроксида, а также замачивали на трое суток в спирто-водно-глицериновой смеси (1:1:1). Микропрепараты просматривали с помощью микроскопа «МИКРОМЕД-1» с тринокулярной насадкой, с объективами 4×, 10×, 40×, 100×, окулярами 10×. Регистрировали результаты с помощью камеры для микросъемок Digital Camera for Microscope DCIM 1.3 Mpixels.

Методика получения экстракта плодов рододендрона кавказского. С целью сохранения системности в изучении сырья рододендрона кавказского, авторами были получены экстракты по аналогии с листьями и цветками этого производящего растения [13] по следующей методике: около 5,0 г (точная навеска) измельченных и просеянных через сито с диаметром отверстий 1 мм плодов рододендрона кавказского помещали в круглодонную колбу со шлифом объемом 250 мл, прибавляли 50 мл спирта этилового 95 % и экстрагировали в течение 2 ч с обратным холодильником при температуре 80 °С. По истечении 2 ч нагревание прекращали, порцию экстракта остужали до комнатной температуры и фильтровали в склянку из темного стекла через бумажный фильтр. Затем к навеске сырья добав-

ляли вторую порцию экстрагента – 50 мл спирта этилового 95 % и полностью повторяли процедуру экстракции. После экстракции первую и вторую порции экстракта объединяли [13].

Анализ методом спектрофотометрии в видимой и УФ областях. Экстракт плодов рододендрона кавказского в количестве 0,5 мл переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл, доводили объем до метки спиртом этиловым 95 %. 1 мл полученного раствора переносили в мерную колбу вместимостью 5 мл и доводили объем раствора до метки тем же растворителем. Регистрацию УФ-спектров поглощения проводили в соответствии с требованиями, приведенными в ГФ XV [12], на спектрофотометре УФ-Виз в кюветах с толщиной слоя 1 см в интервале длин волн от 190 до 450 нм, в качестве раствора сравнения использовали спирт этиловый 95 %.

Анализ методом тонкослойной хроматографии (ТСХ). На линию старта предварительно активированных в сушильном шкафу хроматографических пластинок марки «Sorbfil ПТСХ-АФ-В-УФ» размером 100×150 мм наносили 10 мкл испытуемого экстракта и по 2 мкл растворов стандартных образцов (СО). Пластины помещали в предварительно насыщенные парами подвижной фазы (ПФ) хроматографические камеры, хроматографировали при комнатной температуре восходящим способом. Когда фронт ПФ проходил около 90 % длины пластины от линии старта, пластинку вынимали, сушили на воздухе до улетучивания паров ПФ и просматривали в видимом свете и УФ-свете при длинах волн 254 нм и 365 нм. Для визуализации дитерпеноидов, в частности грайанотоксинов (GTX), пластинки обрабатывали реактивом Година [8].

Ранее авторами изучались листья и цветки рододендрона кавказского методом ТСХ [13], поэтому при анализе его плодов в эксперименте использовали те же ПФ: А – этилацетат; Б – этилацетат – ацетон (1:2); В – бензол – метанол – уксусная кислота (8:6:1); Г – *n*-бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:5); Д – хлороформ – метанол – вода (7:3:1).

Приготовление растворов стандартных образцов (СО). Точную навеску 0,0100 г СО или хлорогеновой кислоты (CAS 327-7-9, Sigma), или галловой кислоты (CAS 5995-86-8 Sigma), или коричной кислоты (CAS 140-10-3 Sigma), или умбеллиферона (CAS 93-35-6 Sigma), или лютеолина (CAS 491-70-3, Фитопанацея), или рутина (CAS 153-18-4 Фитопанацея), или кверцетина (CAS 117-39-5 Фитопанацея) помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, растворяли в спирте

этиловом 95% и довели объем раствора до метки тем же растворителем.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследования были изучены морфолого-анатомические признаки плодов рододендрона кавказского. Следует отметить, что до настоящего исследования данные, характеризующие морфолого-анатомические признаки плодов рододендрона кавказского, не публиковались.

В монографиях J. Cullen [4], А.И. Галушко [2], в автореферате М.Е. Жаворонковой [5] сведения об анатомических признаках плодов рододендрона кавказского также отсутствуют. В ходе исследования установлено, что плод рододендрона кавказского – это желто-бурая ценокарпная коробочка, вскрывающаяся продольно. Эндокарпий

склерефицирован; плодолистиков, участвующих в образовании коробочки, 5. Таким образом, плод разделен на 5 гнезд с каменистым эндокарпием. Внутри каждого гнезда множество мелких (длиной около 0,5–1 мм) светло-желтых семян.

Далее были изучены микродиагностические признаки плодов рододендрона кавказского. На поперечном срезе хорошо видны экзокарпий, мезокарпий и эндокарпий (рис. 1). Экзокарпий представлен округлыми клетками, по всей поверхности видны простые многоклеточные, перегнутые в нескольких местах волоски (рис. 2, а, б, и 3, а, б). Паренхима мезокарпия состоит из клеток овальной и слегка многоугольной формы (рис. 2, в, и 3, в). В эндокарпии хорошо заметны склеренхимные волокна – довольно длинные клетки с многослойными толстыми оболочками (рис. 2, в, и 3, в).

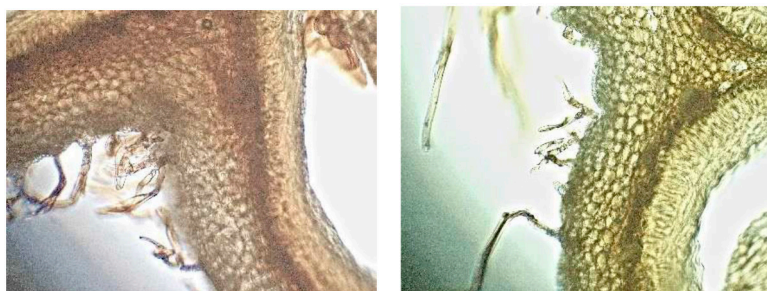


Рис. 1. Поперечный срез плодов рододендрона кавказского (ув. $\times 100$) (фото авторов)

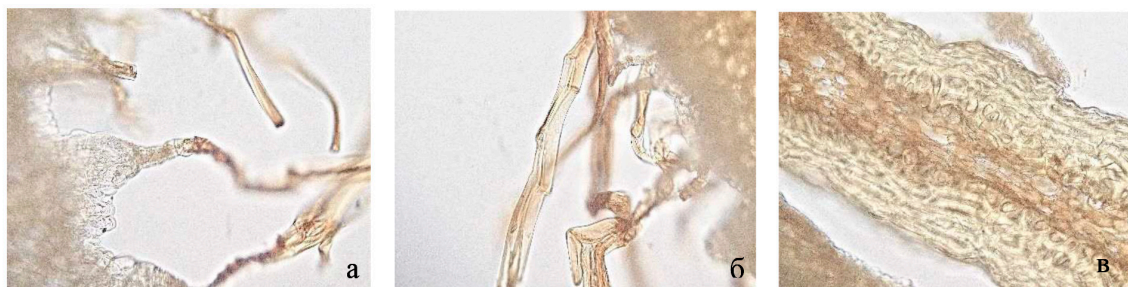


Рис. 2. Поперечный срез плодов рододендрона кавказского (ув. $\times 200$): а – клетки экзокарпия с волосками; б – волоски на поверхности плода; в – клетки мезокарпия и эндокарпия (фото авторов)



Рис. 3. Поперечный срез плодов рододендрона кавказского (ув. $\times 400$): а, б – клетки экзокарпия с волосками; в – клетки мезокарпия и эндокарпия (фото авторов)

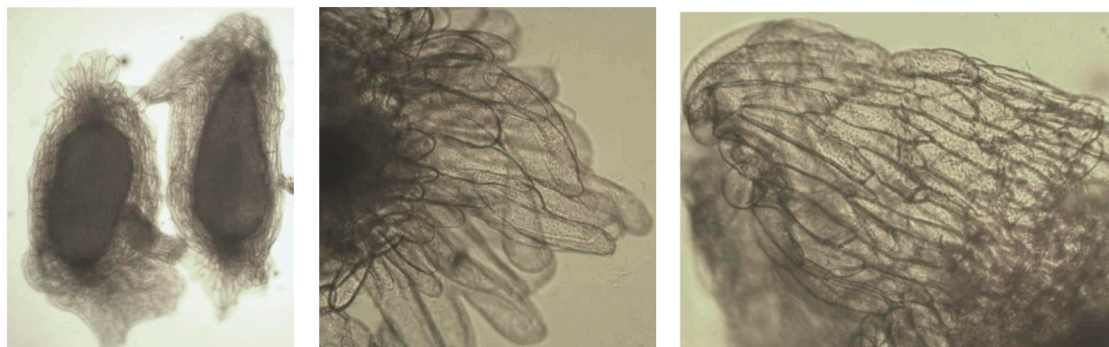


Рис. 4. Строение семян рододендрона кавказского (фото авторов)

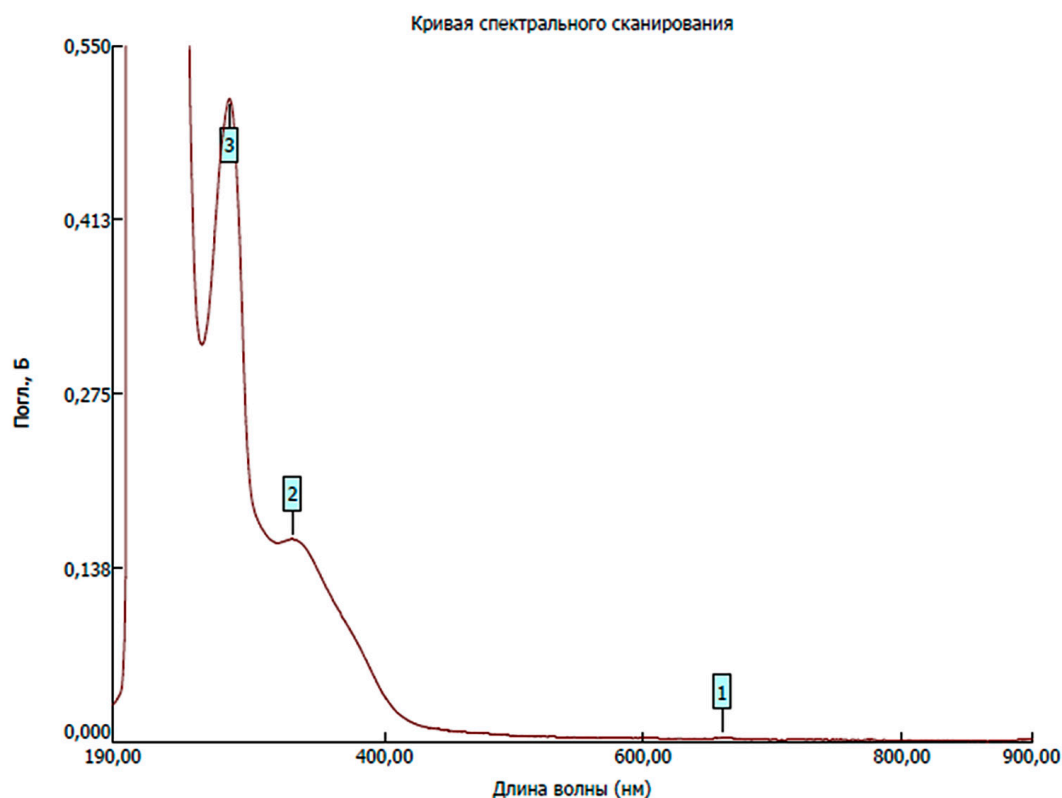


Рис. 5. Спектр поглощения экстракта плодов рододендрона кавказского

Семена рододендрона кавказского светло-желтого цвета очень мелкие, в длину от 0,5 до 1 мм, поэтому препарировать их не представлялось возможным. Семена рассматривали под микроскопом в целом виде (рис. 4).

При микроскопическом исследовании семян рододендрона кавказского установлено, что они вытянутой формы; с одного края имеются одноклеточные волоски, с противоположной стороны – только клетки эпидермиса (рис. 4). Таким образом, впервые изучены микроскопические признаки экзокарпия, мезокарпия и эндокарпия плодов рододендрона кавказского.

На следующем этапе исследования было определено значение влажности плодов рододендрона кавказского, так как этот показатель качества растительного сырья является обязательным, учитывается при расчете содержания БАС и оказывает влияние на сохранность сырья [12]. Установлено, что среднее значение влажности плодов рододендрона кавказского составило 13,86% и 13,89% для серий сырья 2022 и 2023 гг. соответственно.

По аналогии с изучением листьев и цветков этого растения [13] в качестве предварительного метода исследования химического состава плодов рододендрона

кавказского применяли метод спектрофотометрии. Электронный спектр поглощения экстракта плодов рододендрона кавказского имеет выраженные максимумы при 205, 280 и 329 нм. Максимум при 650 нм имел значение оптической плотности на уровне шума (рис. 5) [13].

Для анализа профиля полученного спектра сравнили его максимумы поглощения с таковыми на УФ-спектрах растворов имеющих СО полифенолов в спирте этиловом 95%. Так, на спектре раствора СО галловой кислоты установлены максимумы поглощения при 214 нм и 264 нм, коричной кислоты – 270 нм, хлорогеновой кислоты – 329 нм. Производное кумарина – умбеллиферон характеризовался максимумами при 203 нм и 326 нм. УФ-спектры агликонов флавоноидов имели максимумы светопоглощения для лютеолина – при 256 нм, 353 нм; кверцетина – при 256 нм, 374 нм. Для раствора СО флавоноида гликозида – рутина зафиксированы максимумы при 258 нм и 359 нм [13].

Очевидно, что при анализе экстракта плодов рододендрона кавказского речь идет о суммарном извлечении, содержащем несколько классов БАС, а на спектре происходит наложение нескольких полос поглощения, специфичных для различных групп БАС. Однако положение максимумов позволяет предположить, что экстракт содержит ароматические соединения, в частности полифенолы.

Далее экстракт плодов рододендрона кавказского проанализировали более специфичным методом ТСХ. Согласно литературным данным ПФ А, Б, В, Д используют для идентификации и дитерпеноидов, и полифенолов [10, 11]. ПФ Г – *n*-бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:5) является смесью растворителей, наиболее часто и широко используемой для разделения веществ флавоноидной природы. Идентификацию полифенолов проводили в сравнении с СО, определяя факторы удерживания для зон адсорбции на треках экстракта (R_f), факторы удерживания для зон адсорбции на треках растворов СО.

Поскольку зоны адсорбции дитерпеноидов грайанового типа не визуализируются в дневном свете и облучением ультрафиолетом при 365 и 254 нм, для проявления их зон адсорбции после идентификации полифенолов хроматограммы обрабатывали реактивом Година, при этом дитерпеноиды проявлялись в виде сине-фиолетовых зон адсорбции.

Эксперимент по определению полифенольных соединений показал следующие результаты: ПФ А позволила разделить

пять соединений, при этом идентифицирован один флавоноид – кверцетин и дополнительно установлено наличие четырех неидентифицированных полифенолов; ПФ Б выявила семь полифенолов, из них достоверно идентифицированы галловая и коричная кислоты, рутин, кверцетин, лютеолин, умбеллиферон; с помощью ПФ В было обнаружено пять соединений, из которых идентифицированы галловая кислота, рутин и умбеллиферон; ПФ Г показала наличие шести полифенолов, а идентифицированы галловая кислота, лютеолин, рутин, кверцетин и умбеллиферон; ПФ Д подтвердила присутствие пяти полифенольных соединений, с идентификацией галловой кислоты, лютеолина и умбеллиферона.

После обработки хроматограмм реактивом Година предварительно в плодах рододендрона кавказского обнаружены неидентифицированные дитерпеновые производные: в ПФ А – три соединения, в ПФ Б, В, Д – по два вещества, в ПФ Г – одно соединение.

Выводы

1. Установленное значение влажности для сырья в дальнейшем можно использовать как базовое для установления норм качества плодов рододендрона кавказского.

2. Объединяя результаты анализа с применением всех пяти подвижных фаз, можно констатировать, что плоды рододендрона кавказского содержат кислоты – галловую, хлорогеновую и коричную, флавоноиды – рутин, кверцетин, лютеолин и производное кумарина – умбеллиферон.

3. Предварительный результат, полученный методом ТСХ, позволяет предположить, что в плодах присутствуют производные дитерпеноидов.

Список литературы

1. Sheng Liu, Lili Sun, Peng Zhang, Changshan Niu Recent Advances in Grayanane Diterpenes: Isolation, Structural Diversity, and Bioactivities from Ericaceae Family (2018–2024) // *Molecules*. 2024. Vol. 29. P. 1649–1674.
2. Галушко А.И. Флора Северного Кавказа: Определитель. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1980. 351 с.
3. Doganyigit Z., Kaymak E., Silici S. The cardiotoxic effects of acute and chronic grayanotoxin-III in rats // *Human and Experimental Toxicology*. 2020. Vol. 39, Is. 3. P. 374–383.
4. Cullen J., White D., Christie F. Hardy rhododendron species: A guide to identification. – Portland, Oregon; Edinburgh: Timber Press & Royal Botanic Garden Edinburgh, 2005. 497 p.
5. Жаворонкова М.Е. Сравнительное фармакогностическое изучение европейских и азиатских видов рода *Rhododendron* L. флоры России: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пермь, 2012. 24 с.
6. Зайцева Н.В. Химический состав растений рода *Rhododendron*, произрастающих в южной Якутии // *Актуальные проблемы ботаники и охраны природы*. 2017. С. 58–66.

7. Fandakli S., Yayli N., Kahriman N., Uzunalioglu E., Ulaş Çolak N., Yıldırım S., Yaşar A. The chemical composition of the essential oil, SPME and antimicrobial activity of *Rhododendron caucasicum* Pall. // Records of Natural Products. 2019. Vol. 13, Is. 4. P. 316–323.
8. Yan S., Wang K., Al Naggar Y., Vander Heyden Y., Zhao L., Wu L., Xue X. Natural plant toxins in honey: An ignored threat to human health // J Hazard Mater. 2022. Vol. 15, Is. 424. P. 127682.
9. Kong L., Yu H., Deng M., Wu F., Jiang Z., Luo T. Enantioselective total syntheses of grayanatediterpenoids: (–)-grayanotoxin III, (+)-principinol E, and (–)-rhodomollein XX // Journal of the American Chemical Society. 2022. Vol. 144, Is. 12. P. 5268–5273.
10. Yeşil T., Akgül Y. Major components of *Rhododendron luteum* leaves // Nat Prod Res. 2023. Vol. 37, Is. 15. P. 2608–2612.
11. Liu X.J., Su H.G., Peng X.R., Bi H.C., Qiu M.H. An updated review of the genus *Rhododendron* since 2010: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology // Phytochemistry. 2024. No. 217. P. 113899.
12. Государственная фармакопея XV. [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (дата обращения: 25.06.2024).
13. Тишина А.Н. Изучение химического состава листьев и цветков рододендрона желтого (*Rhododendron luteum* Sweet) и рододендрона кавказского (*Rhododendron caucasicum* Pall.) // Достижения и перспективы создания новых лекарственных средств растительного происхождения: материалы Международной научно-практической конференции (Москва, 6–7 июня 2024 г.). М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2024. С. 286–290.