

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

**ISSN 2303-9868 PRINT  
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург  
2015





Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Миллер А.В.  
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,  
д. 4, корп. А, оф. 17.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)

**№8 (39) 2015  
Часть 2  
Сентябрь**

Подписано в печать 16.09.2015.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26098  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам XLII заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПН № ФС 77 – 51217.**

**Члены редколлегии:**

**Филологические науки:** Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

**Технические науки:** Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

**Педагогические науки:** Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

**Психологические науки:** Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

**Географические науки:** Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

**Биологические науки:** Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

**Архитектура:** Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

**Ветеринарные науки:** Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

**Медицинские науки:** Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

**Исторические науки:** Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.иси.наук, к.экон.н.

**Культурология:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Искусствоведение:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Философские науки:** Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

**Юридические науки:** Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

**Сельскохозяйственные науки:** Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

**Социологические науки:** Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

**Химические науки:** Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

**Науки о Земле:** Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

**Экономические науки:** Бурда А.Г., д-р экон. нау, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

**Политические науки:** Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

**Фармацевтические науки:** Тринева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В МОРСКОЙ ТРАВЕ СЕМЕЙСТВА ZOSTERACEAE ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕЕ ЗАГОТОВКИ .....	6
БИЗНЕС ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК. ЧАСТЬ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТДАЛЁННЫХ, ГОРНЫХ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	7
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ .....	13
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПИЛЬНОГО ЦИЛИНДРА ДЖИНА .....	16
ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОПОРШНЕВОГО РАСТВОРОНАСОСА С КОМБИНИРОВАННЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	19
РАВНОМЕРНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ СИГНАЛОВ .....	24
УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ В СФЕРЕ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ .....	27
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ В Г. ВОРОНЕЖЕ.....	29
THE FORMATION OF SURFACE MICRORELIEF WHEN GRINDING CONICAL PARTS .....	32
УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ПАССАЖИРСКИХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГАХ.....	36
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОПЛЕРОВСКИХ ПОРТРЕТОВ КАК ПРИЗНАКОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ .....	41
ИДЕИ И МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИКЕ .....	46
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ТРУБ МЕТОДОМ НАМОТКИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ.....	50
EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE HEAVIEST MODE OF VIBRATION TESTS IN CLASS OF BROADBAND RANDOM VIBRATION.....	54
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ГЕОМОНИТОРИНГА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ Г. ТОМСКА .....	59
РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ СБОРКИ ДЛЯ НЕЙТРОННОЙ И ГАММА ЗАЩИТЫ.....	63
СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕТОЧНЫХ ДАННЫХ.....	68
АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ВАЖНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	73
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА С ПОВЫШЕННОЙ ДОСТОВЕРНОСТЬЮ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭПИЛЕПТИФОРМНОЙ АКТИВНОСТИ.....	78
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОВРЕЖДЕНИЯ СИЛОВОГО КАБЕЛЯ ПО КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ .....	80
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДСЧЕТА КЛЕТОК ЛЕЙКОЦИТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРЕПАРАТОВ КРОВИ.....	85
МЕТОДИКИ РАСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛА В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ .....	89
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОВОЛОКНА ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ.....	91

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

К АНАЛИЗУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ В БИНАРНЫХ СИСТЕМАХ ПОСЛЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА.....	95
СУТОЧНЫЕ ПЕРИОДЫ В ОНЧ ИЗЛУЧЕНИИ И СВЯЗЬ ИХ С РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ .....	98
ЧАСТЬ: №4.А МТВП, ТП(ПВД) ВЫВОД ЧЕТЫРЁХ СИЛ ЧЕРЕЗ ИХ ПОТЕНЦИАЛЫ. МАНИПУЛЯЦИИ СО СФЕРОЙ .....	102
К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ .....	110
НЕКОТОРЫЕ ВАРИАНТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ ВЕСОВЫХ ПРОСТРАНСТВ .....	114
ВРЕМЯ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНИЯ В АНТИОКСИДАНТАХ И КАНЦЕРОГЕНАХ .....	119

ТРИГОНОМЕРИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ. ЭЛЕМЕНТАРНОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПОСЛЕДНЕЙ (ВЕЛИКОЙ) ТЕОРЕМЫ П. ФЕРМА.....	122
--	-----

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING****Боковня И.Е.<sup>1</sup>, Давидович В.В.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Студент, <sup>2</sup>кандидат технических наук**Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток  
ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В МОРСКОЙ ТРАВЕ  
СЕМЕЙСТВА ZOSTERACEAE ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕЕ ЗАГОТОВКИ****Аннотация***Проведена сравнительная оценка содержания биологически активных веществ морской травы семейства Zosteraceae при различных способах ее заготовки как сырья.***Ключевые слова:** zostera, пектиновые вещества, розмариновая кислота, фенольные соединения, клетчатка.**Bokovnya I.E.<sup>1</sup>, Davidovich V.V.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Student; <sup>2</sup>PhD in Engineering

Far Eastern State Technical Fisheries University (Vladivostok)

**EVALUATION OF THE CONTENT BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF MARINE GRASS  
ZOSTERACEAE IN DIFFERENT METHODS OF PREPARATION****Abstract***The comparative evaluation of the content biologically active substances of marine grass Zosteraceae in different methods of preparation as the raw.***Keywords:** Zosteraceae, pectinaceous substances, rosemary acid, phenolic connections, fiber.

**М**орские травы (зостера, филлоспадикс), растущие в прибрежных акваториях Дальнего Востока, представляют промышленный интерес и могут быть использованы для получения ряда продуктов, находящихся самое широкое применение в различных отраслях производства.

Промысловые запасы зостеры (Zosteraceae) составляют в районе прибрежных вод Приморья свыше 45 тыс. т. Большие запасы позволяют использовать штормовые выбросы морских трав, что снижает экономические затраты и не требуется специального сбора [1].

Морская трава семейства (Zosteraceae) является источником биологически активных веществ, к некоторым из них относятся морской пектин (зостерин), клетчатка и полифенольные соединения.

Пектиновые вещества – высокомолекулярные полисахариды, присутствующие в растворимой (растворимый пектин) или нерастворимой (протопектин) форме во всех наземных растениях и в ряде водорослей. Морские травы синтезируют и накапливают полисахариды, которые не встречаются в высших растениях и обладают уникальными свойствами, которые изучены не полностью. Морской пектин (зостерин) имеет формулу  $C_6H_8O_6$  и на 90-95 % представлен смесью полигалактуроновых и полиглюкуроновых кислот. Имея в составе молекулы свободные карбоксильные группы, он образует соли – зостераты [1,2,3].

Содержание зостерина в сырье колеблется от 20 до 25 %. Его выход изменяется в широком интервале и зависит от времени сбора трав. Наибольший выход зостерина (15 - 16 %) соответствует образцам трав, собранных в июле-августе [1].

Пектины водных растений устойчивы к действию кишечных пептидаз, обладают свойством абсорбировать тяжелые металлы, не токсичны. Их применяют в лечебном и лечебно-профилактическом питании. Кроме того, коллоидные свойства зостерина и его солей (зостератов аммония, калия и натрия) позволяют использовать их в качестве стабилизаторов, загустителей и желирующих добавок при приготовлении пищевых продуктов. На основании зостерата натрия получают прозрачные пищевые пленки [2,3,4].

Зостеру можно использовать для получения розмариновой кислоты, натурального фенольного соединения, которое можно применять как пищевую добавку для ингибирования окисления липидов. Фенольные соединения, в том числе простые фенольные соединения, фенольные кислоты, и другие имеют структурные особенности, в зависимости от которых они способны взаимодействовать со свободными радикалами. Фенольные соединения в продуктах из растительного сырья и маслах важны для эндогенной стойкости к окислению этих продуктов [2, 5].

Розмариновая кислота, так же используется в качестве фармацевтического средства в фармакологии и парафармацевтике для производства лекарственных средств и биологически активных добавок к пище. Она имеет низкую токсичность, быстро выводится из кровотока, проявляет седативный эффект и антиоксидантную, противовоспалительную, антимуtagenную, антибактериальную и противовирусную активность.

Содержание розмариновой кислоты в зостере составляет 1,08 % от веса сырья, чистота - 90,6 % от стандарта [6].

После переработки зостеры остаются отходы в виде жома, которые рекомендуют использовать для получения кормовых продуктов, как сырье для выращивания кормовых дрожжей и других микроорганизмов. Такой жом можно использовать для получения пищевых волокон (клетчатки). Сегодня для получения клетчатки из морской растений используют водорослевое сырье (красные водоросли или водорослевые остатки после получения агара). В результате получают пищевые волокна с выходом до 40 %, с содержанием полисахаридов, в том числе клетчатки, не менее 80 % и белка не более 20 %, со степенью набухаемости 50-350 % [7].

В целях более полного выделения группы биологически активных веществ был исследован физико-химический состав зостеры, заготовленной разными способами. Для проведения экспериментов использовали свежемороженную и сушеную зостеру. Часть исследуемых сырьевых образцов, перед выделением биологически активных веществ подвергали деминерализации.

Содержание пектиновых веществ составило: в зостере свежемороженой 9,92 %, в зостере свежемороженой деминерализованной - 44 %; в зостере сушеной 11,5 %, в зостере сушеной деминерализованной - 37,2 %. Самый

высокий выход пектиновых веществ наблюдался после обработки сырья целлюлитическим ферментным препаратом, он составил в среднем - 60,3 % от массы сырья.

Общее содержание полифенольных соединений в сухой зостере составляет около 0,52 %, в замороженной зостере этот показатель равен 0,35 %.

Количество клетчатки в замороженном сырье составило 38 %, в сухом – 34 %.

На основании экспериментальных исследований выявлено, что для выделения пектиновых веществ из зостеры лучше использовать замороженное сырье и дополнительный ферментативный гидролиз, а для выделения розмариновой кислоты сырье, заготовленное высушиванием.

#### Литература

1. Суховеева М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 243 с.
2. Титлянов Э.А., Титлянова Т.В. Полезные вещества морских зеленых макроводорослей (CHLOROPHYTA) и морских трав (MAGNOLIOPHYTA): структура, содержание, накопление и использование // Известия ТИНРО-Центра. – 2011. – Т. 166. – С. 283-295.
3. Лоеко Ю.Н., Артюков А.А., Козловская Э.П., Мирошниченко В.А., Еляков Г.Б. Зостерин. - Владивосток: Дальнаука, 1997. - 211 с.
4. Байдалинова Л.С., Лысова А.С., Мезенова О.Я., Сергеева Н.Т., Слущкая Т.Н., Степанцова Г.Е. Биотехнология морепродуктов. – М.: Мир, 2006. – 560 с.
5. Даморан Ш., Паркин К.Л., Феннема О.Р. Химия пищевых продуктов. Перев. с англ. – СПб.: ИД «Профессия», 2012. – 1040 с.
6. Патент РФ № 2401827 Способ получения розмариновой кислоты// Артюков А.А., Купера Е.В., Руцкова Т.А. и др.. Публикация патента: 20.10.2010.
7. Патент РФ № 2445780 Способ получения пищевых волокон из водорослевого сырья // Подкорытова А.В., Игнатова Т.А., Родина Т.В. и др. Публикация патента: 27.03.2012.

#### References

1. Suhoveeva M.V., Podkorytova A.V. Promyslovye vodorosli i travy morej Dal'nego Vostoka: biologiya, rasprostranenie, zapasy, tehnologiya pererabotki. – Vladivostok: TINRO-centr, 2006. – 243 s.
2. Titljanov Je.A., Titljanova T.V. Poleznye veshchestva morskikh zelenykh makrovodoroslej (CHLOROPHYTA) i morskikh trav (MAGNOLIOPHYTA): struktura, sodержание, nakoplenie i ispol'zovanie // Izvestija TINRO-Centra. – 2011. – T. 166. – S. 260-265.
3. Loenko Ju.N., Artjukov A.A., Kozlovskaja Je.P., Miroshnichenko V.A., Eljakov G.B. Zosterin. - Vladivostok: Dal'nauka, 1997. - 211 s.
4. Bajdalina L.S., Lysova A.S., Mezenova O.Ja., Sergeeva N.T., Sluckaja T.N., Stepancova G.E. Biotehnologija moreproduktov. – M.: Mir, 2006. – 560 s.
5. Damoran Sh., Parkin K.L., Fennema O.R. Himija pishhevykh produktov. Perv. s angl. – SPb.: ID «Professija», 2012. – 1040 s.
6. Patent RF № 2401827 Sposob polucheniya rozmarinovojs kisloty// Artjukov A.A., Kupera E.V., Ruckova T.A. i dr.. Publikacija patenta: 20.10.2010.
7. Patent RF № 2445780 Sposob polucheniya pishhevykh volokon iz vodoroslevogo syr'ja // Podkorytova A.V., Ignatova T.A., Rodina T.V. i dr. Publikacija patenta: 27.03.2012.

**Большеротов Л.А.**

Инженер, ООО «Барк-91», Москва

### **БИЗНЕС ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК. ЧАСТЬ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТДАЛЁННЫХ, ГОРНЫХ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Аннотация*

*Статья посвящена программе разработки перспективных экологически чистых источников энергии модульного типа заводского изготовления мощностью от 2 до 200 кВт.*

**Ключевые слова:** бизнес планирование, экологичная энергетика.

**Bolsherotov L.A.**

Engineer, JSC Bark-91, Moscow

### **BUSINESS PLANNING OF ECOLOGICAL POWER STATIONS. PART 3. ECOLOGICAL POWER STATIONS FOR THE REMOTE, MOUNTAIN AND REMOTE TERRITORIES**

*Abstract*

*Article is devoted to the program of development of perspective environmentally friendly power sources of modular type of factory production with power from 2 to 200 kW.*

**Keywords:** business planning, eco-friendly power.

**В** Российской Федерации существует проблема, связанная с постоянным ростом потребления электроэнергии. Нынешние мощности перестают покрывать потребность в электричестве во многих районах нашей родины. Несвоевременное обслуживание источников электричества постоянно приводят к авариям, сбоям в работе. Довольно частые стихийные бедствия обесточивают целые города, районы РФ.

Из-за огромной площади нашей страны возникает проблема строительства и обслуживания источников электроэнергии для отдаленных районов крайнего севера, горных местностей. Множество поселков, деревень, городов до сих пор не имеют собственных линий электропередач. Из-за трудности строительства и дороговизны самой системы электроснабжения государству, предприятиям, населению приходится применять альтернативные источники энергии, которые в большинстве случаев крайне невыгодны и требуют определенных хлопот по их обслуживанию, доставки топлива и комплектующих.

Многие деревни и поселки Крайнего севера, Кавказа, Алтая и других гор в настоящее время не имеют свободного доступа к электроэнергии. Для покрытия потребностей в электричестве чаще всего используется бензиновые, дизельные, газовые генераторы, зависящие от топлива, что создает дополнительную проблему доставки горючего.

Альтернативы источников электроэнергии такие как ветрогенераторы, гибридные системы электроснабжения, солнечные батареи и др. довольно дорогостоящее удовольствие и чтобы окупиться каждой установке потребуется длительное время.

Для решения данной проблемы предлагается произвести анализ нового, запатентованного проекта речной гидроэлектростанции.

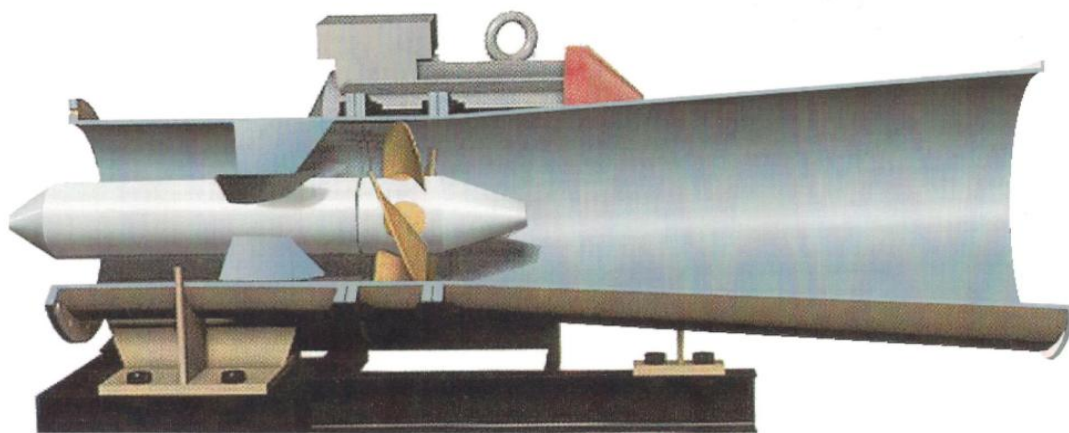


Рис. 1.8 – Речная гидроэлектростанция

Всем известно, что все горные местности имеют довольно большое количество рек с быстрым течением. Большинство поселков, деревень городов строятся в непосредственной близости от воды, а именно от рек.

На отдельном примере предлагаю рассмотреть экономически выгодную разработку речной гидроэлектростанции. На территории РФ огромное количество рек и водоемов с активным течением. В некоторых случаях для использования энергетического потенциала рек возводятся крупные ГЭС, которые выдают огромную мощность и покрывают большой объем потребности в электричестве. Но, в таком случае, сильно страдает экология региона и для получения всех разрешительных документов требуется очень много времени и главное препятствие состоит в процедуре оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). ГЭС перекрывает нерест рыб и естественные передвижения всех животных, бактерий и т.д. Регион искусственным образом делится на две части, где происходят природные и экологические нарушения, затопляются огромные площади с лесными массивами, полями и др.

Рассмотрим применение нашего проекта речной гидроэлектростанции на примере деревни Булунгу Кабардино-Балкарской Республики РФ. (Рис.1.9.)



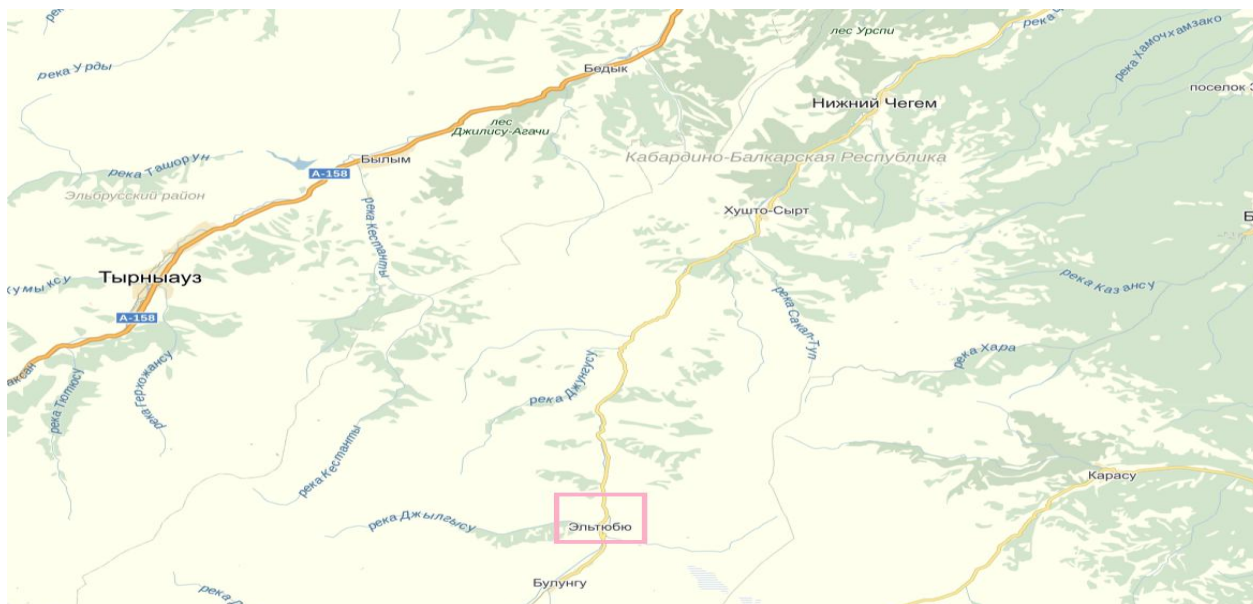


Рис. 1.9 – Горный район Кабардино-Балкарской Республики

Селение находится в юго-восточной части Чегемского района, в верховьях реки Чегем. Расстояние до районного центра Чегем (по дороге) – 60 км, до города Нальчик (по дороге) – 65 км.

Граничит с землями населённых пунктов: Эльтубю на севере и Безенги на востоке. На юге и юго-востоке граничит с территориями Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника.

Населённый пункт расположен в высокогорной зоне республики. Перепады высот на составляют около 2 000 метров. Средние высоты составляют 1 588 метров над уровнем моря. Высшей точкой является гора Кум-Тюбе, находящаяся к западу от села. К югу от села находятся несколько «песчаных столбов».

Гидрографическая сеть представлена рекой Чегем и его мелкими притоками. К югу от села имеются выходы нарзанов.

Климат умеренный, с ярко выраженной высотной поясностью. Лето теплое, в июле температуры достигают отметок +25...+28°C. Зима холодная и суровая, в январе температуры опускаются ниже -20°C. Среднее количество осадков в год составляет около 700 мм. Наибольшее количество осадков выпадает летом. Снежный покров на территории села лежит в период с октября по май.

Население села 857 человек.

В селе Булунгу отсутствуют линии электропередач, т.к. поселение расположено в узком Чегемском ущелье в устье реки Чегем. Возможности установить башни с проводами линии ЛЭП не представляется возможным из-за частого схода лавин, камнепадов и других природных катаклизмов, а также сильной отдаленности от ближайшего населенного пункта (20км), в котором имеется ЛЭП.

Отдельным абзацем хотелось отметить уникальность природы региона, его красоту и экологически чистые местности. Линии электропередач сильно испортят весь пейзаж региона, из-за высокого облучения будет пагубно воздействовать на всю флору и фауну.

Для сравнения стоимость прокладки ЛЭП на расстояние 20 км будет стоить порядка 50-60 миллионов рублей по нынешним рыночным ценам плюс подключения к сети каждого желающего, что в среднем стоит от 20 до 40 тысяч рублей в зависимости от потребности человека. С учетом среднего потребления в электричестве, которая составляет по стране в районе 100 квт/час на человека можно произвести примерный расчет стоимости 1 киловатта на каждого человека в отдельности и на государство в целом.

Население 857 человек, в среднем, учитывая менталитет кавказского народа семья состоит из 5-7 человек. Возьмем за основу общее количество подключений, равное 150.

$150 \cdot 30 \text{ тыс.} = 4,5$  миллиона рублей обойдутся населению подключения

Также необходимо провести проводку, хотя бы сделать начальный этап, где средняя стоимость прокладки 3 точек стоит 15-20 тыс. рублей, отсюда:

$150 \cdot 15 \text{ тыс.} = 2,25$  миллиона рублей обойдутся оборудование помещений под электричество

1 кВт в сельской местности для данного района будет стоить выше среднего из-за своей удаленности и труднодоступности. Примерная стоимость 1 кВт будет в районе 5 рублей. С учетом предыдущих расчетов подсчитаем среднюю стоимость 1 кВт для государства.

С учетом затрат на строительство, которые составят около 60 млн. рублей государству необходимо рассчитать срок окупаемости, точку безубыточности проекта, маржинальный доход.

С населения 857 человек в первый год получим доход равный:

$857 \cdot 100 \cdot 5 \text{ р.} = 428500$  рублей

Подключение стоит 4,5 млн. рублей.

Сложим две составляющие 4,928500 рублей получит государство в первый год после строительства Линий электропередач. Также учтем, что обслуживание ЛЭП будет обходиться государству в год примерно в 1 млн. рублей.

Потратив на прокладку ЛЭП 60 млн. рублей, обслуживая за 1 млн. и получая отдачу со второго года равную около 500 тыс. наглядно видно, что проект убыточен и посчитать точку безубыточности не считается возможным.

Государство необходимо будет субсидировать из бюджета дополнительные средства для покрытия расходов. Отсюда можно сделать вывод, что проект убыточен и не рентабелен.

С другой стороны, посчитаем расходы на электроэнергию со стороны простого человека.

В первый год он будет равен:

$100 \cdot 12 \cdot 5 + 5250$  (подключение)  $+ 2625$  (прокладка)  $= 13875$

$13875 / 1200 \text{ кВт} = 11,56$  рублей стоимость 1 кВт

В последующие годы 5 рублей/кВт

Так как мы произвели примерный расчет затрат государства на строительство ЛЭП для данного региона и сделали вывод, что он невыгоден с экономической точки зрения, то для решения проблемы прибегнем к альтернативным источникам энергии.

Для начала рассмотрим распространенные везде дизельные, газовые, бензиновые генераторы и произведем расчет стоимости 1 кВт. Данный вид источника энергии очень сильно распространен в Булунгу и является единственной альтернативой для ее получения. С обслуживанием данного оборудования возникает много проблем, и самая основная это доставка топлива для постоянной работы установок. К сожалению, в горных местностях редко встретишь хорошую дорогу и какое-либо транспортное сообщение. В большинстве случаев топливо и комплектующие доставляются на домашнем скоте т.к. дороги не позволяют проехать никакому автомобилю.

Рассмотрим бензогенератор. Оптимальная мощность для повседневного использования генератора составляет 5 кВт. За основу возьмем генератор с двигателем HONDA с ориентировочным сроком службы 10 лет. Стоимость данного генератора 150 тыс. рублей. Бензогенератор 5кВт с двигателем HONDA потребляет 2,2 литра в час. Стоимость бензина марки АИ-92 в данной местности 34 рубля/литр. Отсюда несложно посчитать, что стоимость 1 кВт будет равняться:  $(34 \cdot 2,2) / 5 = 15$  рублей

1кВт - 15 РУБЛЕЙ

Из полученных результатов мы видим, что стоимость электроэнергии очень высокая, даже без учета расходов на обслуживание и доставки топлива для его работы. Далее мы рассчитаем стоимость 1кВт энергии дизельгенератора HONDA мощностью 5 кВт. Стоимость данной установки - 150 тысяч рублей. Дизельгенератор потребляет 1,7 литра в час солярки. Стоимость 1 литра дизельного топлива составляет около 25 рублей. Такая низкая цена обусловлена расположенным в Кабардино-Балкарской республике Нефтяного завода.

Производим расчет:  $(25 \cdot 1,7) / 5 = 3$  рубля

1кВт – 8,5 рубля

По результатам расчета мы видим, что цена получилась очень выгодной и сопоставима с ценой за киловатт энергии по всей стране. Несмотря на низкую стоимость энергии, дизельгенератор и бензогенератор очень пагубно воздействует на окружающую среду и если у каждой семьи в данном регионе будет по такой установке, то учитывая расположение в узком ущелье, будет наноситься повсеместный урон природе, человеку и местности в целом. Также генераторы будут создавать довольно внушительный шум из-за расположения в ущелье, где очень сильное эхо.

Кроме вышеописанных генераторов существует также **газовый генератор**, работающий на сжиженном газе. Перечислим его преимущества:

1. Моторесурс газового ДВС выше чем у бензиновых и дизельных агрегатов, что приводит к уменьшению срока окупаемости.
2. Электростанции экологически чистые. Электростанции имеют одобрение “Агентства по охране окружающей среды” Соединённых Штатов Америки (EPA).
3. Приемлемый уровень шума (не выше чем у бензиновых и дизельных аналогов).
4. Стоимость электростанций на уровне бензиновых и дизельных аналогов.
5. Низкая стоимость 1кВт энергии

Произведем расчет стоимости 1кВт энергии:

а. **Топливо-LPG-сжиженный газ (пропан-бутановая смесь)** Стоимость заправки 50л. баллона 700руб. (по ГОСТу такой баллон должен заправляться на 85%), в данном баллоне 20кг сжиженного газа. Расход станции 1,6 кг/час, следовательно:  $700 / 20 \cdot 1,6$

1 час работы 5кВт электростанции стоит потребителю 56 рублей и кВт/час стоит  $56 / 5 = 11$  рублей (расчёты произведены при максимальной нагрузке).

б. **Топливо-NG-природный газ.** Стоимость 1м<sup>3</sup> природного газа = 6 руб. Расход станции 1,75 м<sup>3</sup>/час, следовательно 1 час работы 5 кВт станции стоит 10,5 руб. и 1кВт/час обходится потребителю 2,1 рубль (расчёты произведены при максимальной нагрузке).

$6 \cdot 1,75 / 5 = 2,1$  рубль кВт/час

Как мы видим из расчетов первый вариант использования генератора, работающего на основе сжиженного газа также невыгоден, как бензогенератор. 11 рублей за кВт/час крайне высокая цена. Если использовать второй вариант на основе природного газа, то данная установка получается самая выгодная из 4 рассмотренных нами генераторов электроэнергии. 2,1 рубль за киловатт очень выгодная альтернатива, а также довольно экологически чистая по сравнению с другими аналогами. Но, как и с другими генераторами, будет высокий уровень шума, который будет доставлять определенный дискомфорт населению, домашнему скоту.

Из альтернатив бензо- дизель- газо- генераторам возможно применение экологически чистых источников энергии, которые распространены на некоторых местностях РФ. Для рассмотрения возьмем солнечные батареи и ветрогенераторы.

Данные установки отличаются отсутствием экологического воздействия на окружающую среду и вырабатывают электроэнергию сопоставимую с топливными генераторами. Но что бросается первым в глаза так это стоимость установок и их обслуживание. Если топливные генераторы стоят 100-200 рублей и не зависят от солнца и от ветра, то система солнечных батарей или ветровиков, вырабатывающие 5 кВт энергии будет начинаться от миллиона рублей и

выше. Также, смотря на расположение сел в горных местностях будет проблематично найти местность где будет много часов светить солнце или дуть ветер.

Один из не мало важных минусов установок заключается в их большом размере и для потребности всего села в электричестве потребуется найти много свободных площадей под их установки, которых по факту нет. Если смотреть, что электричество будет по факту для вас бесплатным, то ждать окупаемости проекта и считать точку безубыточности, будет довольно трудно, даже если взять минимальную цену, которая получилась у нас в расчетах выше-2,1 рубль за киловатт.

В год ветровик сможет выдавать  $2.1 \cdot 24 \cdot 365 = 18396$  рублей экономии в год. С учетом стоимости в 1 млн. руб. окупаемость будет в районе 50-60 лет, что крайне долго и невыгодно для сельских жителей. Примерно такая же история возникает с солнечными батареями. В случае с селом Булунгу найти местность с частым свечением солнца довольно затруднительно и использование батарей частным образом уже не представляется возможным.

Если подчеркнуть плюсы ветровиков, солнечных батарей, топливных генераторов то это возможность иметь независимые источники энергии. Электричество, которые вы получаете не нужно оплачивать поставщикам как услугу. Для частного использования это довольно неплохой вариант, но цена всегда будет отпугивать потенциального покупателя.

Произведя анализ всех возможных источников энергии для села Булунгу вернемся к нашему проекту речной гидроэлектростанции.

Самое важное, что есть в селе эта горная, бурная река с быстрым течением. Энергетический потенциал любой горной реки всегда намного выше, чем у равнинной. Если сделать вдоль берега сеть гидроэлектростанций, то потребности в электроэнергии можно покрыть довольно быстро и дешево по сравнению с альтернативами, которые мы описали выше в нашем анализе.

По предварительным расчетам ориентировочная стоимость гидроэлектростанции мощностью 2,5-3 кВт находится в районе 150000 рублей, что сопоставимо с основными конкурентами (топливными генераторами). По сравнению с другими источниками энергии в проекте необходимо подчеркнуть его экологическую сторону. Во всем мире идет тенденция к чистым источникам энергии. Наш проект по всем параметрам подходит под это определение. Отсутствие шума, простота в обслуживании и долгий срок эксплуатации несопоставим с конкурентами и делает проект уникальным по всем характеристикам.

При установке данного проекта мы полностью убираем зависимость оплаты электроэнергии, доставки топлива и других комплектующих по сравнению с конкурентами. Гидроэлектростанция занимает мало места и в принципе не попадает на глаза т.к. устанавливается на дно реки.

Рассчитаем стоимость 1 кВт энергии для речной гидроэлектростанции:

Для примера возьмем газовый генератор на природном газе и сопоставим его с нашей установкой.

Из расчетов, произведенных ранее мы получили стоимость 1 кВт энергии равную 2,1 рубль, но мы не учли стоимость самого газового генератора. Отсюда производим среднюю стоимость 1 кВт за год использования установки.

$$2,1 \cdot 5 \cdot 24 \cdot 365 + 150000 = 241980 / 43800 = 5,5 \text{ рублей кВт}$$

В дальнейшем стоимость будет со второго года 2,5 рубля с учетом обслуживания

Для гидроэлектростанции необходимо будет только ее приобретение и установка, в дальнейшем электроэнергия будет бесплатной и ее средняя стоимость по затратам и обслуживанию будет с каждым годом снижаться. Произведем расчет средней стоимости энергии речной гидроэлектростанции:

$$150000 / 3 \cdot 24 \cdot 365 = 5,7 \text{ рублей кВт/час в первый год использования}$$

В дальнейшем стоимость будет равняться от 0 до 0,5 рублей с учетом обслуживания.

$$\text{Стоимость 1 кВт для дизельгенератора в первый год: } (150000 + 5 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 8,5 \text{ руб}) / 43800 = 12 \text{ рублей кВт/час}$$

Стоимость 1 кВт для бензогенератора в первый год

$$(150000 + 5 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 15 \text{ руб}) / 43800 = 18,5 \text{ рублей кВт/час}$$

Из анализа источников энергии сделаем вывод, что речная гидроэлектростанция уникальный проект, который может востребован не только в отдаленных горных местностях, а также в местностях где есть реки и водоемы с активным течением. Ее низкая стоимость, экологичность, бесшумность, простота в использовании делает проект уникальным и дает возможность в будущем поменять вектор электроэнергетики в более экологически чистую и экономически выгодную среду.

Для сравнения проанализированных источников энергии приведем таблицу для наглядной демонстрации экономичности малой гидроэлектростанции. (Табл.1.7.)

Таблица 1.7 – Экономические показатели электростанций

Тип энергии	Цена	Стоимость в руб. 1кВт/час/1год	Рублей			
			2 год	3 год	4 год	5 год
Гидроэлектростанция	150000	5,7руб	0-0,5	0-0,5	0-0,5	0-0,5
Бензогене-ратор	150000	18,5	15	15	15	15
Дизельге-нератор	150000	12	8,5	8,5	8,5	8,5
Газовый генератор	150000	5.5	11/ 2,1	11/ 2,1	11/ 2,1	11/ 2,1

Из таблицы и общего анализа источников энергии для села Булунгу видно, что срок окупаемости в источниках энергии для обычного населения рассчитать не дается возможным в связи с тем, что постоянно будут затраты на

топливо и общее обслуживание данных установок. Маржинальный доход и точку безубыточности посчитать в этих случаях невозможно.

Рассмотрев все экономические плюсы гидроэлектростанции можно сделать вывод о наличии уникальной характеристики в проекте, если брать его частное использование-это его способность окупиться в кратчайшие сроки. В отличие от конкурентов гидроэлектростанция имеет срок службы больше 20 лет и очень проста в обслуживании на горных реках. У покупателя может возникнуть вопрос о зимнем периоде, где возможно замерзание реки. Из-за очень бурного течения в горах Кавказа реки не замерзают. Каждый год формальный доход в виде бесплатной энергии будет составлять:  $3 \times 24 \times 365 \times 5 \text{ руб/кВт/час} = 131400$  рублей экономии энергии в год будет составлять, если за основу взять среднюю стоимость кВт/час по стране при учете максимальной нагрузки.

Для примера разберем вариант генератора на природном газе и сравним окупаемость гидроэлектростанции взяв за основу стоимость кВт в 2,1 рубль, полученный при использовании генератора.

Получим:  $3 \times 2.1 \times 24 \times 365 = 55188$  рублей экономии в год  
Гидроэлектростанция окупит себя за 3 года  $(150000/55188) = 2.71$

### Литература

1. Трошин А.Н. Финансы и кредит: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности "Экономика и упр. на предприятии (по отраслям)" / А. Н. Трошин, В. И. Фомкина ; Федеральное агентство по образованию, Московский авиационный ин-т (гос. технический ун-т). Москва, 2006.
2. Трошин А.Н., Чемерисова А.В., Чижик А.С. Применение стоимостного подхода для обоснования критерия развития промышленного предприятия // Труды МАИ. 2011. № 49. С. 76.
3. Формализация задачи оптимизации стоимости корпоративных структур с учетом фактора региональной надежности / Трошин А.Н., Бурдина А.А. Труды МАИ. 2011. № 49. С. 74.
4. Стратегические перспективы деятельности российских предприятий авиационно-промышленного комплекса / Трошин А.Н., Шнит А.В. Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. 2012. № 2 (23). С. 264-269.
5. Большеротов Л.А. Стратегии управления: учебное пособие. – Рязань.: ООО КАРГО-МАСТЕР, 2014 -116с.
6. Большеротов Л.А. Системный анализ в управлении проектами: учебное пособие - Рязань: ООО КАРГО-МАСТЕР, 2014 -101с.
7. Большеротов Л.А. Повышение публикационной активности -условие высокого рейтинга университета/Л.А. Большеротов//Международный студенческий научный журнал: -2014, №3; URL: <http://www.eduherald.ru/120-11869> (дата обращения: 06.10.2014).
8. Экологичные строительные материалы для ремонта, реконструкции и модернизации недвижимости Часть 4. Товароведение, экспертиза, стандартизация продукции отрасли (Учебное пособие) / Большеротова Л.В., Большеротов Л.А., Колчигин М.А. -М.: ФГБОУ ВПО МГУП, -М.: 2014. -240с.
9. Экологичные строительные материалы для ремонта, реконструкции и модернизации недвижимости Часть 2 «Технология и организация производства строительных материалов и изделий» (Учебное пособие) / Большеротова Л.В., Большеротов Л.А., Колчигин М.А. -М.: ФГБОУ ВПО МГУП, -М.: 2014. - 318 с.
10. Экологичные строительные материалы для ремонта, реконструкции и модернизации недвижимости Часть 3 Контроль качества отраслевой продукции (Учебное пособие) / Большеротова Л.В., Большеротов Л.А., Колчигин М.А., Харькова И.Е. -М.: ФГБОУ ВПО МГУП, -М.: 2014. -254с.
11. Большеротов, А.Л. Водопользование и экология. Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России: международная научно-практическая конференция, Ч 1./Большеротова Л.В., Большеротов А.Л. /-М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2009.. С.396-402
12. Экология. Теоретические аспекты учёта взаимодействия элемента окружающей среды и системы в целом: Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства: международная научно-практическая конференция. Ч. 1 «Комплексное обустройство ландшафта»/Л.В. Большеротова, А.Л. Большеротов -М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2010. С.68-71
13. Большеротов, А.Л. Комплексная экологическая безопасность строительства. Строительные материалы. Учебное пособие к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине «Технология и организация производства строительных материалов и изделий» для студентов специальности “Менеджмент организации” -080507 специализаций “Управление бизнесом в сфере строительных материалов” -080507.57/Л.В. Большеротова, А.Л. Большеротов - М. БАРК-91, 2013. 34с.
14. Большеротов, А.Л. Комплексная экологическая безопасность строительства. Строительные материалы. Учебное пособие к самостоятельной работе под контролем преподавателя по дисциплине «технология и организация производства строительных материалов и изделий» для студентов специальности “Менеджмент организации” -080507 специализаций “Управление бизнесом в сфере строительных материалов” -080507.57/Л.В. Большеротова, А.Л. Большеротов -М. БАРК-91, 2013. 99с.
15. Большеротова, Л.В. Экологичные строительные материалы для ремонта, реконструкции и модернизации недвижимости Часть1 «Основы материаловедения»: Учебное пособие./Л.В. Большеротова, А.Л. Большеротов М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2013. – 279 с.

### References

1. Troshin A.N. Finansy i kredit: ucheb. posobie dlja studentov, obuchajushhihsja po special'nosti "Jekonomika i upr. na predpriyatii (po otrasljam)" / A. N. Troshin, V. I. Fomkina ; Federal'noe agentstvo po obrazovaniju, Moskovskij aviacionnyj in-t (gos. tehničeskij un-t). Moskva, 2006.
2. Troshin A.N., Chemerisova A.V., Chizhik A.S. Primenenie stoimostnogo podhoda dlja obosnovanija kriterija razvitiya promyshlennogo predprijatija // Trudy MAI. 2011. № 49. S. 76.

3. Formalizacija zadachi optimizacii stoimosti korporativnyh struktur s uchetom faktora regional'noj nadezhnosti / Troshin A.N., Burdina A.A. Trudy MAI. 2011. № 49. S. 74.
4. Strategicheskie perspektivy dejatel'nosti rossijskih predpriyatij aviacionno-promyshlennogo kompleksa / Troshin A.N., Shnit A.V. Vestnik Rybinskoj gosudarstvennoj aviacionnoj tehnologicheskoy akademii im. P.A. Solov'eva. 2012. № 2 (23). S. 264-269.
5. Bol'sherotov L.A. Strategii upravlenija: uchebnoe posobie. – Rjazan': OOO KARGO-MASTER, 2014 -116s.
6. Bol'sherotov L.A. Sistemnyj analiz v upravlenii proektami: uchebnoe posobie - Rjazan': OOO KARGO-MASTER, 2014 - 101s.
7. Bol'sherotov L.A. Povyshenie publikacionnoj aktivnosti -uslovie vysokogo rejtinga universiteta/L.A. Bol'sherotov//Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj zhurnal: -2014, №3; URL: <http://www.eduherald.ru/120-11869> (data obrashhenija: 06.10.2014).
8. Jekologichnye stroitel'nye materialy dlja remonta, rekonstrukcii i modernizacii nedvizhimosti Chast' 4. Tovarovedenie, jekspertiza, standartizacija produkcii otrasli (Uchebnoe posobie) / Bol'sherotova L.V., Bol'sherotov L.A., Kolchigin M.A. -M.: FGBOU VPO MGUP, -M.: 2014. -240s.
9. Jekologichnye stroitel'nye materialy dlja remonta, rekonstrukcii i modernizacii nedvizhimosti Chast' 2 «Tehnologija i organizacija proizvodstva stroitel'nyh materialov i izdelij» (Uchebnoe posobie) / Bol'sherotova L.V., Bol'sherotov L.A., Kolchigin M.A. -M.: FGBOU VPO MGUP, -M.: 2014. - 318 s.
10. Jekologichnye stroitel'nye materialy dlja remonta, rekonstrukcii i modernizacii nedvizhimosti Chast' 3 Kontrol' kachestva otraslevoj produkcii (Uchebnoe posobie) / Bol'sherotova L.V., Bol'sherotov L.A., Kolchigin M.A., Har'kova I.E. -M.: FGBOU VPO MGUP, -M.: 2014. -254s.
11. Bol'sherotov, A.L. Vodopol'zovanie i jekologija. Rol' melioracii v obespechenii prodovol'stvennoj i jekologicheskoy bezopasnosti Rossii: mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija, Ch 1./Bol'sherotova L.V., Bol'sherotov A.L. -M.: FGOU VPO MGUP, 2009.. C.396-402
12. Jekologija. Teoreticheskie aspekty uchjota vzaimodejstvija jelementa okruzhajushhej sredy i sistemy v celom: Social'no-jekonomicheskie i jekologicheskie problemy sel'skogo i vodnogo hozjajstva: mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija. Ch. 1 «Kompleksnoe obustrojstvo landshafta»/L.V. Bol'sherotova, A.L. Bol'sherotov -M.: FGBOU VPO MGUP, 2010. S.68-71
13. Bol'sherotov, A.L. Kompleksnaja jekologicheskaja bezopasnost' stroitel'stva. Stroitel'nye materialy. Uchebnoe posobie k prakticheskim (seminarskim) zanjatijam po discipline «Tehnologija i organizacija proizvodstva stroitel'nyh materialov i izdelij» dlja studentov special'nosti “Menedzhment organizacii” -080507 specializacij “Upravlenie biznesom v sfere stroitel'nyh materialov” -080507.57/L.V. Bol'sherotova, A.L. Bol'sherotov -M. BARK-91, 2013. 34s.
14. Bol'sherotov, A.L. Kompleksnaja jekologicheskaja bezopasnost' stroitel'stva. Stroitel'nye materialy. Uchebnoe POSOBIE k samostojatel'noj rabote pod kontrolom prepodavatelja po discipline «tehnologija i organizacija proizvodstva stroitel'nyh materialov i izdelij» dlja studentov special'nosti “Menedzhment organizacii” -080507 specializacij “Upravlenie biznesom v sfere stroitel'nyh materialov” -080507.57/L.V. Bol'sherotova, A.L. Bol'sherotov -M. BARK-91, 2013. 99s.
15. Bol'sherotova, L.V. Jekologichnye stroitel'nye materialy dlja remonta, rekonstrukcii i modernizacii nedvizhimosti Chast'1 «Osnovy materialovedenija»: Uchebnoe posobie./L.V. Bol'sherotova, A.L. Bol'sherotov M.: FGBOU VPO MGUP, 2013. - 279s.

Бондаренко А.Ю.<sup>1</sup>, Адамов В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Студент, <sup>2</sup>кандидат технических наук, Донецкий национальный технический университет  
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ

*Аннотация*

*В работе проанализированы методы определения контуров изображений. Выбрана их оптимальная последовательность для улучшения качества выделения границ. Также проведен анализ этих методов и выбран наиболее подходящий из них.*

**Ключевые слова:** контур изображения, анализ методов, скользящая маска

Bondarenko A.J.<sup>1</sup>, Adamov V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Donetsk National Technical University  
ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE CONTOURS OF THE IMAGE

*Abstract*

*The article considers methods of determining the contours of the images and optimal sequence to improve border selection. Also, the analysis of these methods was done and the most appropriate one was chosen.*

**Keywords:** contour of image, analysis methods, the moving mask.

## Постановка задачи

В мире компьютерной обработки изображений появляется все больше методов и технологий для поиска границ объекта и отделение его от основного фона. Но самыми известными и часто используемыми по сей день являются методы Робертса, Прюитта и Собеля.

Выше перечисленные методы базируются на преобразовании изображения с помощью скользящей маски. Эта маска соответствует определенной группе пикселей данного изображения. Для анализа существующих методов поиска границ изображений в работе предоставлено подробное описание каждого из них и в конце отобран наиболее эффективный метод.

### Методы определения контуров изображения

Рассмотрим наиболее популярные алгоритмы и методы нахождения границ изображений. Каждый из методов базируется на процессе пространственной фильтрации. Пространственная фильтрация основана на передвижении маски фильтра от первого пикселя к последнему пикселю изображения по порядку. Каждый пиксель с координатами  $(x, y)$  рассчитывается как сумма произведений значения пикселей под маской фильтра на соответствующие им коэффициенты фильтра. Если на изображении наблюдаются резкие перепады яркости, то прибегают к производным первого и второго порядка. Для того, что бы определить первую производную одномерной функции  $f(x)$  необходимо рассчитать разность значений соседних элементов изображения:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

Частная производная применяется для того, чтобы сохранить те же ассигнации для переменных  $f(x, y)$ , если необходимо работать по двум осям координат с частными производными.

Вторая же производная вычисляется здесь как разность между соседними значениями первой производной:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

В работе [4] вычисление первой производной изображения основано на дискретных приближениях двумерного градиента. По определению, градиент изображения  $f(x, y)$  в пикселе  $(x, y)$  – это вектор:

$$\nabla f = \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix};$$

Общеизвестно, что траектория вектора градиента совпадает с траекторией максимальной скорости перемены функции  $f$  в пикселе  $(x, y)$ . Модуль этого вектора имеет главную роль при определении контуров на изображении. Он обозначается символом  $|\nabla f|$  и приравняется:

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Во всех методах определения границ объекта используется матрица пикселей размером  $3 \times 3$ :

$$\begin{pmatrix} z_1 & z_2 & z_3 \\ z_4 & z_5 & z_6 \\ z_7 & z_8 & z_9 \end{pmatrix}.$$

Самый легкий способ определения первых частных производных в точке  $Z_5$  заключается в использовании перекрестного градиентного оператора Робертса:

$$G_x = (z_9 - z_5); \quad G_y = (z_8 - z_6);$$

Значения  $G_x$  и  $G_y$  могут быть получены посредством преобразования целого изображения при помощи одной из скользящих масок оператора Робертса:  $\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ .

Анализируя работу [4], можно заметить, что оператор Прюитта, так же как и оператор Робертса, работает со скользящей маской размерностью  $3 \times 3$  пикселя. В отличии от оператора Робертса в операторе Прюитта матрицы задаются другими формулами:

$$G_x = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3); \quad G_y = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_7 + z_4 + z_1);$$

Что бы применить эти формулы для выделения краев на изображении, используется оператор Прюитта. Данный оператор задается следующими масками размерностью  $3 \times 3$ :

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Точно так же использует матрицу размерностью  $3 \times 3$  и оператор Собеля. Главным его отличием от оператора Прюитта заключается в применении весового коэффициента 2 для центральных пикселей:

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3); \quad G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_7 + 2z_4 + z_1);$$

Это искусственное увеличение используется для убавления эффекта смягчения на результирующем изображении. Маски, применяемые в методе Собеля размерностью  $3 \times 3$ :

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Как было описано выше, при помощи матриц можно рассчитать составляющие величины градиента  $G_x$  и  $G_y$ . Что бы определить само значение градиента этими составляющими нужно оперировать одновременно:

$$|\nabla f| \approx |G_x| + |G_y|$$

**Практическое применение алгоритмов.** Итак, мы рассмотрели все три метода. Для того что бы проверить как каждый из этих методов работает на практике, мною была написана простая программа с имплементацией алгоритмов рассмотренных выше. Главное окно программы содержит кнопки отвечающие за фильтрацию изображения методами Собеля, Робертса и Прюитта, а так же кнопку сброса текущих параметров и приведения изображения в исходный вид. Кроме того, в программе существует возможность регулировки яркости и контраста при помощи двух отдельных ползунков.



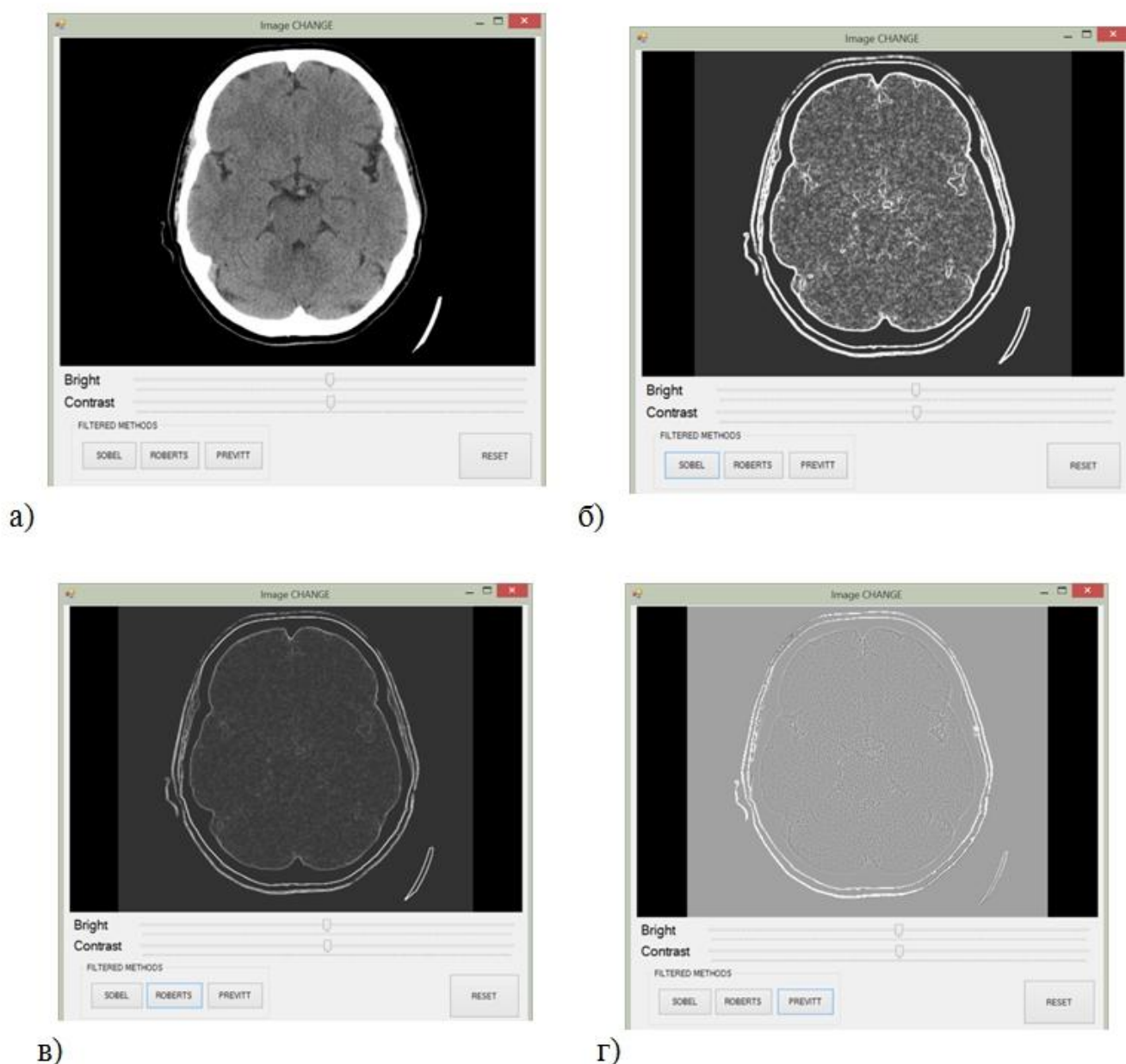


Рис. 2 – Результаты работы программы а) Внешний вид программы и исходное изображение, б) Выделение краев методом Собеля, в) выделение краев методом Робертса г) выделение краев методом Прюитта

### Заключение

Просмотрев результаты работы трех алгоритмов на практике, можно заключить, что при использовании медицинского изображения самым качественным методом оказался метод поиска границ Собеля. Поскольку именно этот метод позволил ярко выделить границы, понизить интенсивность фона изображения и качественно обозначить все элементы изображения. Метод Робертса тоже показал не плохие результаты, однако при его использовании можно заметить безвозвратную потерю данных с исходного изображения. Метод Превитта в этом случае оказался слабым и не качественным.

Учитывая все вышесказанное, в дальнейшей работе с медицинским изображением мозга человека, самым эффективным решением будет использование метода Собеля для поиска границ объектов.

### Литература

1. Lasty P., Sebastiani F. Determining the Semantic Orientation of Terms through Gloss Classification // Conference of Information and Knowledge Management (Bremen). ACM, New York, 2005, pp. 617–624.
2. Карамзина М.Н., Давыдов С., Методы обработки изображений. РОМИП 2011.
3. Пуховой Р.И. Программа анализа поиска границ объектов // Дипломная работа, М. 2013, 9 – 17.

### References

1. Lasty P., Sebastiani F. Determining the Semantic Orientation of Terms through Gloss Classification // Conference of Information and Knowledge Management (Bremen). ACM, New York, 2005, pp. 617–624.
2. Karamazina M.N., Davidov S. Metody obrabotki izobrazhenij. ROMIP 2011, 5-7
3. Puhovoj I.P. Programma analiza poiska granic objektov // Diplomnaja rabota, M. 2013, 9 – 11.

Джанпаизова В.М.<sup>1</sup>, Юнусов С.З.<sup>2</sup>, Джуроев А.З., Торебаев Б.П.<sup>4</sup>, Отарбекова С.Ж.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Доцент, кандидат химических наук, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,  
<sup>2</sup>доцент, кандидат технических наук, <sup>3</sup>профессор, доктор технических наук, Ташкентский институт текстильной  
и легкой промышленности, <sup>4</sup>старший преподаватель, <sup>5</sup>магистр, преподаватель,  
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПИЛЬНОГО ЦИЛИНДРА ДЖИНА

## Аннотация

В статье рассмотрены результаты исследования по изучению характера движения пильного цилиндра, с целью определения динамики движения пильного цилиндра. Последовательность проведенных расчетов показало, что на изменение угловой скорости и нагруженности пильного цилиндра джина в основном влияют значение момента инерции системы. По результатам исследования рекомендованы рациональные значения приведенного момента инерции пильного цилиндра.

**Ключевые слова:** пильный джин, кинематическая и расчетная схема, машинный агрегат, двигатель, пильный цилиндр, угловая скорость, математическая модель.

Janpaizova V.M.<sup>1</sup>, Yunusov S.Z.<sup>2</sup>, Dzhuraev A.<sup>3</sup>, Torebaev B.P.<sup>4</sup>, Otarbekova S. Zh.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Associate professor, PhD in Chemistry, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, <sup>2</sup>associate professor, PhD in Engineering, <sup>3</sup>professor, PhD in Engineering, Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan, <sup>4</sup>senior lecturer, <sup>5</sup>master, lecturer, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

## ANALYSIS OF DYNAMICS SAW CYLINDER JEAN

## Abstract

The article describes the results of a study on the nature of the motion of the saw cylinder, in order to determine the dynamics of movement of the saw cylinder. The sequence of the calculations showed that a change in the angular velocity of the cylinder and the loading of the saw gin is mainly influenced by the value of the moment of inertia of the system. The study recommended the rational values of the reduced moment of inertia of the saw cylinder.

**Keywords:** saw gin, kinematic and design scheme, engine assembly, engine cylinder saw, angular velocity, mathematical model.

В пильных джинах главным рабочим органом является пильный цилиндр. Значительная мощность в машине, до 75 кВт потребляет пильный цилиндр. Важными являются исследования по изучению характера движения пильного цилиндра. При этом пильный цилиндр является массивным и влияние на его скоростной режим сопротивления от хлопка-сырца фактически будет не значительным. При этом на характер движения в основном будет влиять изменения момента инерции цилиндра.

На рис. 1 представлена кинематическая и расчетная схема машинного агрегата с механизмом пильного цилиндра джина. Из них, видно, что ротор двигателя 1 и пильный цилиндр 2 связаны муфтой 3 и лежат на одной оси. Поэтому динамику данной системы желательно рассмотреть как одномассовую (см. рис. 1).

Для данной системы составим математическую модель с помощью известной методике [1]:

$$\frac{\dot{M}_g}{2\omega_c M_k} + \frac{M_g S_k}{2M_k} - 1 + \frac{1}{\omega_0} \dot{\phi} = 0$$

$$J_{np} \ddot{\phi} - M_g + M_c = 0$$
(1)

где,  $M_g$ ,  $M_k$ -движущий момент двигателя и его критическое значение;  $\phi$ -угловое перемещение вала пильного цилиндра;  $\omega_0$ ,  $S_k$ -угловая частота идеального холостого хода и критическое скольжение,  $J_{np}$ - приведенный момент инерции ротора двигателя к валу пильного цилиндра;  $M_c$ - технологическое сопротивление от джинуемого хлопка-сырца;  $\omega_c$ - угловая частота сети.

На основе результатов экспериментальных исследований [2], приблизительно технологическое сопротивление аппроксимируем функцией

$$M_c = M_1 + M_0 \sin kt$$
(2)

где,  $M_1$ ,  $M_0$ - постоянное и амплитудное составляющие момента сопротивления от хлопка;  $k$ -частота изменения сопротивления.

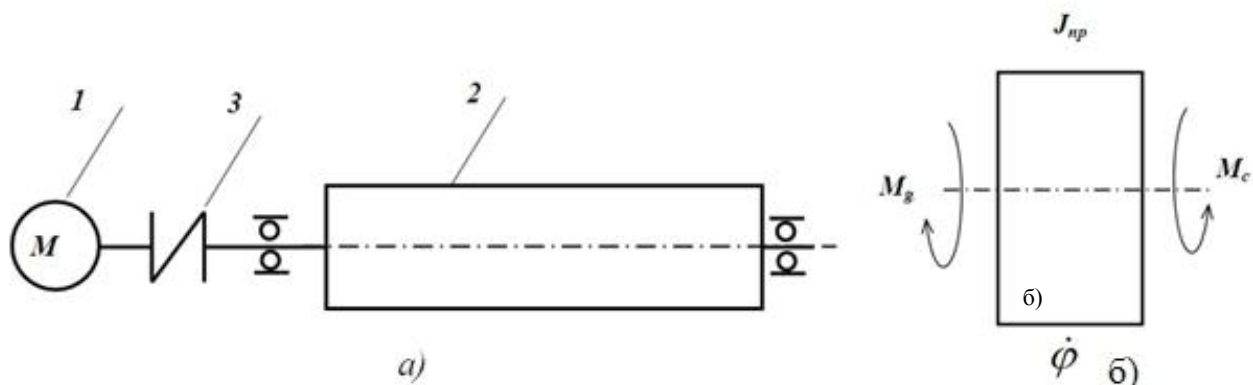


Рис. 1 – Кинематическая (а) и расчетная схема (б) машинного агрегата пильного цилиндра:



Тогда второе уравнение запишем в виде:

$$J_{np}\ddot{\phi} = M_g - M_1 - M_0 \sin kt \quad (3)$$

Из (3) берем производное по времени:

$$J_{np}\ddot{\dot{\phi}} = \dot{M}_g - k M_0 \cos kt \quad (4)$$

Учитывая  $\ddot{\phi} = \ddot{\omega}$  и подставив в первое уравнение системы (1) полученные значения  $M_g$  и  $\dot{M}_g$  из второго уравнения системы (1) и (4) получим следующее уравнение:

$$\begin{aligned} & \frac{\ddot{\omega} J_{np} \omega_0}{2 \omega_c M_k} + \frac{J_{np} S_k \omega_0 \dot{\omega}}{2 M_k} + \omega - \omega_0 + \frac{k M_0 \omega_0}{2 \omega_c M_k} \cos kt + \\ & + (S_k \omega_0 M_1 + S_k \omega_0 M_0 \sin kt) \frac{1}{2 M_k} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

В полученном дифференциальном уравнении (5) второго порядка относительно переменной угловой скорости пильного цилиндра производим следующие преобразования:

$$\sin kt - \frac{k}{\omega_c S_k} \cos kt = \sqrt{1 + \frac{k^2}{\omega_c^2 S_k^2}} \sin \left( kt + \arctg \frac{k}{\omega_c S_k} \right) \quad (6)$$

Тогда имеем:

$$\ddot{\omega} + S_k \omega_c \dot{\omega} + \frac{2 M_k \omega_c \omega}{J_{np} \omega_0} = c - \frac{2 M_k \omega_c}{J_{np} \omega_0} \sqrt{1 + \frac{k^2}{\omega_c^2 S_k^2}} \cdot \sin \left( kt + \arctg \frac{k}{\omega_c S_k} \right) \quad (7)$$

где,  $c = \left( \omega_0 - \frac{S_k \omega_0 M_1}{2 M_k} \right) \cdot \frac{2 M_k \omega_c}{J_{np} \omega_0}$

Учитывая начальные условия  $\dot{\phi} = \omega$  и используя стандартную методику решения [3], получим общее решение дифференциального уравнения (7)

$$\begin{aligned} \dot{\phi} = \omega = & \left[ \omega_n \cos \left( \frac{S_k M_0 \omega_c}{J_{np}} - \frac{S_k^2 \omega_c^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} t + \frac{S_k \omega_c \omega_n + \dot{\omega}_n}{\left( \frac{S_k M_0 \omega_c}{J_{np}} - \frac{S_k^2 \omega_c^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}}} \sin \left( \frac{S_k M_0 \omega_c}{J_{np}} - \frac{S_k^2 \omega_c^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} t \right] \cdot \\ & \cdot e^{\frac{S_k \omega_c t}{2}} - A_1 e^{\frac{S_k \omega_c t}{2}} \left[ \sin \left( \arctg \frac{k}{\omega_c S_k} - \alpha \right) \cos \left( \frac{S_k M_0 \omega_c}{J_{np}} - \frac{S_k^2 \omega_c^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} t + \right. \\ & + \frac{k \cos \left( \arctg \frac{k}{\omega_c S_k} - \alpha \right) + \frac{1}{2} S_k \omega_c \sin \left( \arctg \frac{k}{\omega_c S_k} - \alpha \right)}{\left( \frac{S_k M_0 \omega_c}{J_{np}} - \frac{S_k^2 \omega_c^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \sin \left( \frac{S_k M_0 \omega_c}{J_{np}} - \frac{S_k^2 \omega_c^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} t + \\ & \left. + c - A_1 \sin \left( kt + \arctg \frac{k}{\omega_c S_k} - \alpha \right) \right] \end{aligned} \quad (8)$$

где,

$$\alpha = \arctg \frac{k J_n S_k \omega_0}{2 M_k \left( 1 - \frac{k^2 J_{np}}{S_k M_0 \omega_c} \right)} \quad A_1 = \frac{\left( 1 - \frac{k^2}{\omega_c^2 S_k^2} \right)^{\frac{1}{2}}}{\frac{J_{np} \omega_0}{S_k M_0 \omega_c} \left[ \left( \frac{S_k M_0 \omega_c}{J_{np}} - k^2 \right)^2 + k^2 S_k^2 \omega_c^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$\dot{\phi} = \left( \omega_0 - \frac{S_k \omega_0 M_k}{2 M_k} \right) \frac{2 M_k \omega_c}{J_{np} \omega_0} - A_1 \sin \left( kt + \arctg \frac{k}{\omega_c S_k} - \alpha \right) \quad (9)$$

Численное решение задачи производили при следующих значениях параметров машинного агрегата:

Номинальная мощность асинхронного электродвигателя,  $N=75$  кВт; номинальное число оборотов ротора электродвигателя,  $n=735$  мин<sup>-1</sup>; критический момент на валу двигателя,  $M_{кр}=1948,8$  Нм; номинальный момент,  $M_n=M_{кр}/2=974,4$  Нм; частота сети  $f=50$  Гц; к.п.д. двигателя  $\eta=0,925$ ; номинальный коэффициент мощности двигателя,  $\cos\varphi=0,85$ ; угловая скорость идеального холостого хода,  $\omega_0=78,54$  с<sup>-1</sup>; номинальная угловая скорость,  $\omega_n=76,97$  с<sup>-1</sup>; номинальные значение скольжения двигателя,  $S_n=(\omega_0-\omega_n)/\omega_0=0,02$ ; критическое скольжение,  $S_k=0,075$ ; число пар полюсов,  $p=4$ ; суммарный момент инерции масс, приведенные к валу двигателя,

$J_{np}=4,25$  кгм<sup>2</sup>; среднее значение постоянной составляющей момента сопротивления от хлопка-сырца,  $M_l=722,5$  Нм; коэффициент жесткости,  $c=23065,2$  Нм/рад; коэффициент диссипации муфты,  $b=128,5$  Нмс/рад. [4].

Исследованиями выявлено, что на изменение угловой скорости и нагруженности пыльного цилиндра джина в основном влияют технологические сопротивления от джигируемого хлопка, значение приведенного момента инерции системы. Учитывая большое значение жесткости муфты между двигателем и пыльным цилиндром систему рассматривали как единую, одномассовую. При этом суммарный (приведенный) момент инерции системы по расчетам равен  $4,25$  кгм<sup>2</sup>, а при машинном эксперименте его значение варьировали в пределах  $1,5 \div 8,2$  кгм<sup>2</sup>. Известно, что при больших значениях приведенного момента инерции системы значительно увеличивается переходной процесс пуска системы. Из рис. 1 видно, что при моменте инерции пыльного цилиндра  $1,5$  кгм<sup>2</sup> пуск машинного агрегата затягивается до  $0,02$  сек., а при моменте инерции  $8,2$  кгм<sup>2</sup> пуск системы продолжается  $0,21$  сек. С увеличением времени запуска системы возрастает потребная мощность привода. Следует отметить, что увеличение приведенного момента инерции системы приводит более равномерному вращению пыльного цилиндра джина в установившемся режиме. Из рис. 1а видно, что при  $J_n=15$  кгм<sup>2</sup> размах колебаний угловой скорости пыльного цилиндра  $1,45$  с<sup>-1</sup>, а при  $J_n=8,2$  кгм<sup>2</sup> размах  $\Delta\dot{\phi}$  уменьшается до  $0,22$  с<sup>-1</sup>. Поэтому есть необходимость уменьшения значений приведенного момента инерции системы. При этом рекомендуемыми значениями момента инерции пыльного цилиндра является  $(2,6 \div 3,5)$  кгм<sup>2</sup>. На рис. 1б представлены графические зависимости изменения угловой скорости пыльного цилиндра и потребной мощности электропривода при вариации момента технологического сопротивления (производительности джина) от хлопка-сырца. С увеличением момента сопротивления от хлопка-сырца от  $3,0 \cdot 10^2$  Нм до  $12 \cdot 10^2$  Нм угловая скорость пыльного цилиндра, уменьшается от  $76,9$  с<sup>-1</sup> до  $52,7$  с<sup>-1</sup> при  $J_n=6,2$  кгм<sup>2</sup>, а при моменте инерции  $3,4$  кгм<sup>2</sup> угловая скорость уменьшается от  $77$  с<sup>-1</sup> до  $66,1$  с<sup>-1</sup>. Отсюда вытекает, что при больших значениях момента инерции пыльного цилиндра с увеличением производительности машины уменьшение угловой скорости пыльного цилиндра небольшое ( $10,9$  с<sup>-1</sup>). Но, при этом расходные значение мощности возрастает от  $12,2$  кВт до  $46,3$  кВт. Если учесть, что на каждый пыльный диск приходится  $5,56$  Нм момента сопротивления от хлопка-сырца, которое соответствует  $12,3$  кг в п/ч.

Выводы:

1. Аналитическим методом решена задача динамики машинного агрегата с механизмом пыльного цилиндра джина. Получена формула для расчета угловой скорости пыльного цилиндра для установившегося режима движения.
2. Получены графические зависимости изменения времени пуска системы и размаха колебаний угловой скорости пыльного цилиндра в функции приведенного момента инерции системы. Рекомендованы рациональные значения приведенного момента инерции пыльного цилиндра  $J_n=(2,6 \div 3,5)$  кгм<sup>2</sup>, при которых обеспечивается уменьшение времени пуска машинного агрегата менее чем за  $0,11$  с.

#### Литература

1. Левкович Б.А. «Элементы теории джигирования» Ташкент, Госиздат 1938, 163 стр.
2. Раджибаев П. «Повышение эффективности работы пыльного джина с применением секционнно-составной колосниковой решетки со сменной рабочей частью». дисс. к.т.н. Ташкент, 1984, 165 стр.
3. Тютин П.Н. «Анализ и совершенствование процесса пыльного джигирования применительно к поточной технологии обработки хлопка-сырца машинного сбора» дисс. д.т.н. Кострома, 1985, 406 стр.
4. Котов Д.А. Болдинский Г.И. «О выделении семян из сырцового валика пыльного джина». сб. ТТИ, №18, Ташкент, 1964, стр. 67-76

### References

1. Lewkowicz B.A. "Elements of the theory of ginning" Tashkent, the State Publishing . House in 1938, 163 p.
2. Radzhibaev P. "Improving the efficiency of the saw gin using sectional integral grate with replaceable working part." diss. Ph.D. Tashkent, 1984, 165 p.
3. Tyutin PN "Analysis and improvement of saw ginning in relation to the production technology of processing raw cotton collection machine" diss. dts Kostroma, 1985, 406 p.
4. Kotov D.A., Boldino GI "On the selection of the raw seed bead saw gin." Sat. TIT, №18, Tashkent, 1964, pp. 67-76

Емельянова И.А.<sup>1</sup>, Шаповал Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный технический университет строительства и архитектуры; <sup>2</sup>соискатель, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

### ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОПОРШНЕВОГО РАСТВОРОНАСОСА С КОМБИНИРОВАННЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

*Аннотация*

*Рассмотрено конструктивные особенности растворонасоса с компенсатором повышенной эффективности.*

**Ключевые слова:** растворонасос, компенсатор, давление, пульсация.

Yemelyanova I.A.<sup>1</sup>, Shapoval N.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Engineering, professor, Kharkov National Technical University of Construction and Architecture;

<sup>2</sup>applicant, Poltava National Technical University named after Yuriy Kondratyuk

### JUSTIFICATION THE FEASIBILITY OF USING SINGLE-PISTON MORTAR PUMP WITH A COMBINED COMPENSATOR OF INCREASED EFFICIENCY

*Abstract*

*Design features of mortar pump with a compensator of improved efficiency.*

**Keywords:** mortar pump, compensator, pressure, pulsation.

При строительстве домов и сооружений для равномерного нанесения на стены штукатурных растворов можно использовать однопоршневой растворонасос одинарного действия [1] (рис. 1), который имеет механический привод при наличии кривошипно-шатунного механизма и комбинированный компенсатор давления, обеспечивающий сниженную пульсацию подачи раствора в нагнетательный трубопровод.

Полтавским национальным техническим университетом имени Юрия Кондратюка в сотрудничестве с Харьковским национальным техническим университетом строительства и архитектуры разработана новая конструкция растворонасоса на базе однопоршневого растворонасоса РН-3,8 (ПолтНТУ), который имеет увеличенный объём компенсатора, положительно влияющий на степень пульсации при перекачивании растворов различной подвижности.

Растворонасос (рис.1) содержит: электродвигатель 1, который через ременную передачу 2, одноступенчатый цилиндрический редуктор 3 передаёт крутящий момент на кривошипный вал 4, кривошипно-шатунного механизма 5, всасывающую камеру 6, в середине которой размещена специальная цилиндрическая вставка 7, со срезом сегментной формы и имеющей касательную хорду под углом 45°; нагнетательную рабочую камеру 8 с патрубками всасывающим 9 и нагнетательным 10; всасывающий свободно действующий 11 и нагнетательный подпружиненный 12 шаровые клапаны, рабочий цилиндр 13 с поршнем 14 и ползуном 15, штоковую полость 16, которая заполнена промывной жидкостью (мыльно-масляно-водной эмульсией).

Растворонасос имеет комбинированный воздушный компенсатор давления, который состоит из цилиндрической камеры 17, соединенной с нагнетательной камерой, замкнутой камеры 18, состоящей из эластичного резинотканевого шланга, который закреплен к штуцеру узла подкачки воздуха 19 и расположенный по диаметру свободной камеры на специальных ограничителях. В замкнутой камере установлен ниппель 20 для закачки воздуха под давлением 0,5...0,7 МПа с помощью компрессора. По центру цилиндрической камеры на направляющем стержне 21 предусмотрен поплавко-ограничитель 22, который обеспечивает минимальное удаление воздуха из этой камеры.

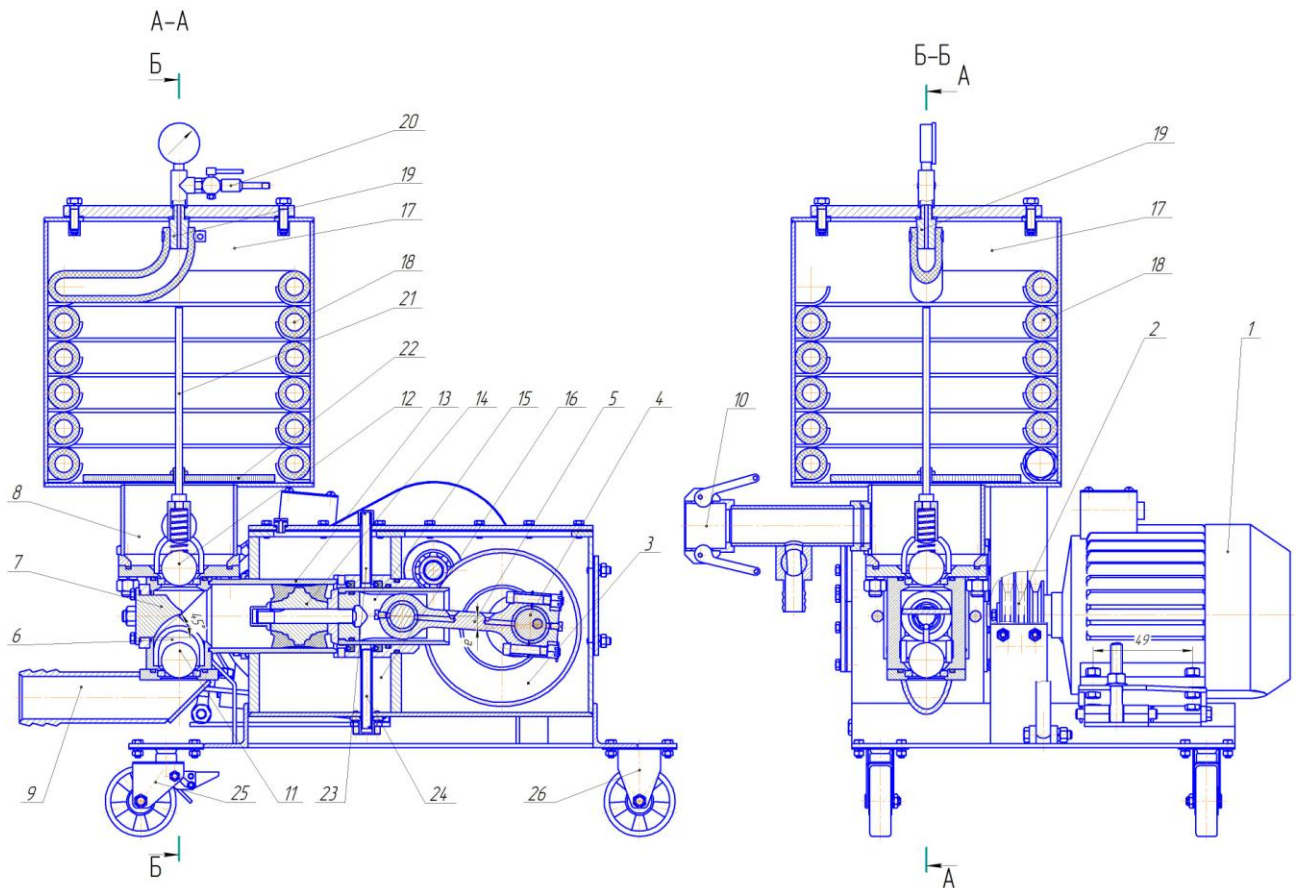


Рис. 1 – Однопоршневой растворонасос с комбинированным компенсатором увеличенного объёма

В штоковой полости установлены каналные патрубки 23, 24, которые обеспечивают интенсивное промывание, охлаждение поверхности плунжера и стекание дисперсного абразива в специальные карманы ее нижней части.

За счёт наличия двух пар колёс 25, 26 растворонасос может свободно передвигаться по строительной площадке.

Сравнительные аналитические исследования работы растворонасосов с одинаковыми законами движения рабочего органа [1] выполнены при условии, что в насосах поршень приводится в движение от кривошипно-шатунного механизма, в котором ось вала кривошипа смещена вниз относительно оси поршня на величину  $e$  (рис. 2).

Движение поршня (точка В, рис. 2) рассматривается в системе координат  $X, Y$  в зависимости от угла поворота вала кривошипа  $\varphi$  (см. движение точка А, рис. 2).

В связи с тем, что шатун  $l$  при повороте кривошипа будет изменять угол своего наклона к горизонтали  $\alpha$ , его горизонтальная проекция меньше длины шатуна  $l$  на величину

$$l - \sqrt{l^2 - (R \cdot \sin \varphi - e)^2}.$$

Поэтому координата  $X$  положения поршня (точка В), измеряемая от левого крайнего положения точки В ( $\varphi = 0$ ), может быть представлена как

$$x_B = R \cdot (1 - \cos \varphi) - \left[ l - \sqrt{l^2 - (R \cdot \sin \varphi - e)^2} \right] \quad (1)$$

где  $R$  – радиус кривошипа;  $l$  – длина шатуна;  $e$  – величина смещения оси кривошипа по высоте относительно оси поршня.

$$\begin{cases} x_A = R \cdot (1 - \cos \varphi), \\ y_A = R \cdot \sin \varphi. \end{cases} \quad (1)$$

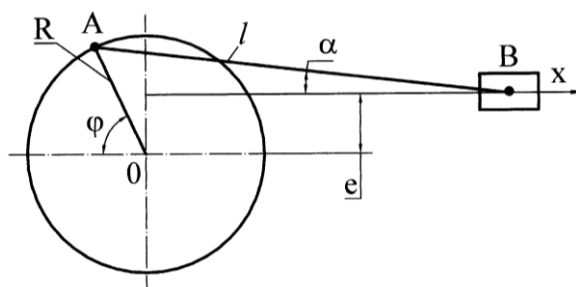


Рис. 2 – Расчётная схема кривошипно-шатунного механизма

Тогда ход поршня (точка В) на нагнетание раствора в течение полного цикла работы растворонасоса будет (при  $\varphi = 0 \dots 2\pi$ ):

$$\text{при } 0 \leq \varphi \leq \pi, \quad x_1 = R \cdot (1 - \cos \varphi) - \left[ l - \sqrt{l^2 - (R \cdot \sin \varphi - e)^2} \right] \quad (2)$$

$$\text{при } \pi \leq \varphi \leq 2\pi, \quad x_2 = 0$$

то есть в такте нагнетания ( $\pi \leq \varphi \leq 2\pi$ ) одна часть перекачиваемого раствора будет поступать в нагнетательный трубопровод, а вторая его часть будет заполнять камеру воздушного компенсатора, уменьшая объем этой камеры на величину  $\Delta V_1$ .

Исходя из выше сказанного, для определения углов "мертвых" точек, а также для определения точек, в которых скорость рабочего органа равна нулю, необходимо определить положение точек начала и конца такта нагнетания. С этой целью уравнение (3) движения поршня (точка В) про дифференцировано по углу  $\varphi$ , что позволило получить зависимость скорости перемещения поршня от угла поворота кривошипа (рис. 3)

$$x'_B = R \cdot \sin \varphi - \frac{(R \cdot \sin \varphi - e) \cdot R \cdot \cos \varphi}{\sqrt{l^2 - (R \cdot \sin \varphi - e)^2}}. \quad (3)$$

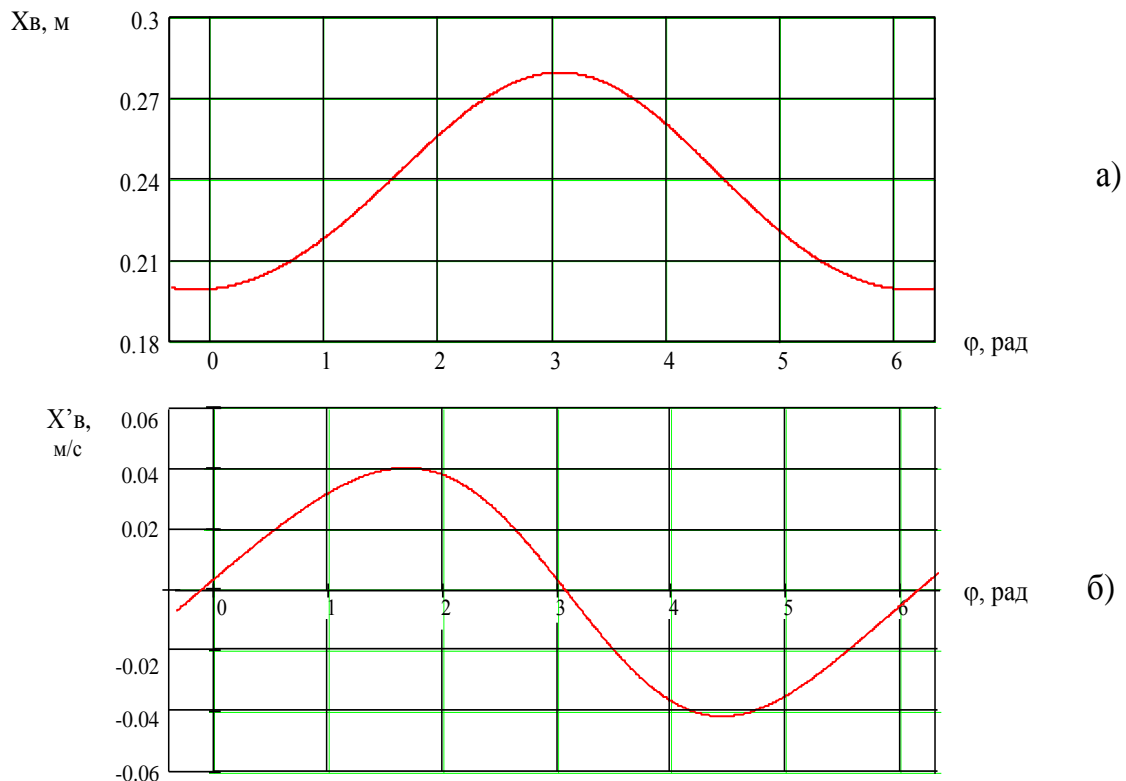


Рис. 3 – График зависимости перемещения поршня (точка В) а) и его скорости б) от угла поворота кривошипа

При подстановке уравнение (4) геометрических параметров сконструированного привода  $R = 40$  мм,  $l = 200$  мм,  $e = 20$  мм и равенстве  $x'_B = 0$ , уравнение (4), или позволило впоследствии определить углы  $\varphi_1 = -7,18^\circ$  и  $\varphi_2 = 175,22^\circ$ .

В такте нагнетания осуществляются два процесса – увеличение объема раствора в компенсаторе и уменьшение этого объема за счет подачи части раствора в нагнетательный трубопровод.

Допускается, что подача раствора в течение цикла не изменяется. При этом, условия изменения объема сжатого воздуха в компенсаторе с учетом угла  $\varphi$  можно представить как

$$\text{при } 0 \leq \varphi \leq \pi, \quad \Delta V_1 = F_n \cdot \left( x_1 - \frac{h_n}{2\pi} \cdot \varphi \right), \quad (4)$$

$$\text{при } \pi \leq \varphi \leq 2\pi, \quad \Delta V_2 = F_n \cdot \left[ \left( x_n - \frac{h_n}{2} \right) - \frac{h_n}{2\pi} \cdot (\varphi - \pi) \right],$$

где  $\Delta V_1, \Delta V_2$  – изменения объема раствора (или сжатого воздуха), что компенсируется в течении полуцикла всасывания и нагнетания;  $h_n$  – полная величина хода поршня.

В соответствии с законом Бойля-Мариотта

$$V_{\varphi} = p_{атм} \cdot \frac{V_{комп}}{p_{\varphi}}, \text{ откуда } p_{\varphi} = p_{атм} \cdot \frac{V_{комп}}{V_{\varphi}}, \quad (5)$$

где  $V_{\varphi}$  – текущий объем сжатого воздуха в компенсаторе при угле  $\varphi$ ;  $V_{комп}$  – приведенный к нормальным условиям ( $p = 0,1$  МПа) объем воздуха в компенсаторе;  $p_{\varphi}$  – давление сжатого воздуха (и раствора) при угле  $\varphi$ , МПа.

Изменение объема раствора сжатого воздуха в камерах комбинированного компенсатора в течение полного цикла работы растворонасоса представлено на рис. 4.

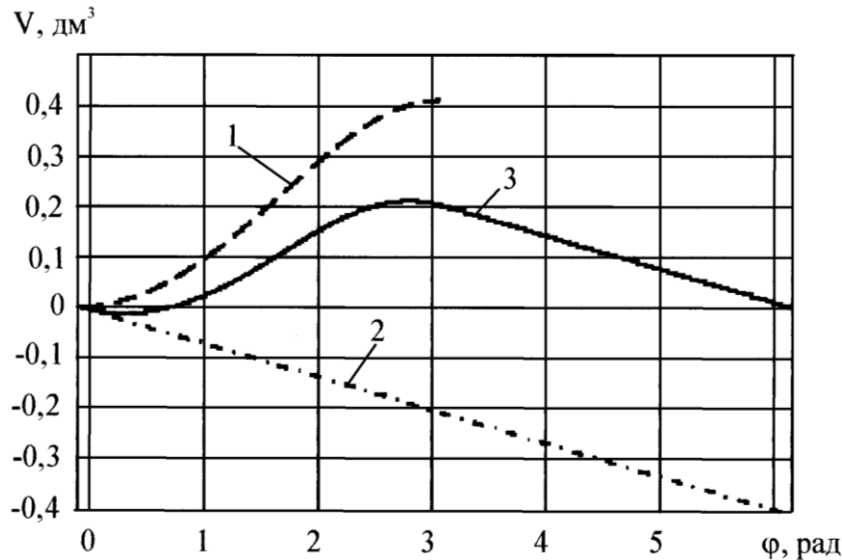


Рис. 4 – Изменение объема раствора в компенсаторе: 1 – зависимость от перемещения поршня, 2 – зависимость от подачи в трубопровод, 3 – суммарное изменение объема

При этом, кривая 1 этого рисунка изображает подачу раствора в первую камеру компенсатора от поршня в такте нагнетания. Эта подача определяется выражением  $F_n \cdot x_1$ .

Из графиков на рис. 4 видно, что практически часть объема раствора, выдаваемая поршнем в такте нагнетания на подачу раствора поступает в трубопровод, а другая его часть – в цилиндрическую камеру комбинированного компенсатора, тем самым уменьшая в ней объем сжатого воздуха и увеличивая величину давления (в соответствии с законом Бойля-Мариотта).

В таком случае степень пульсации давления  $\varepsilon$  может быть определена согласно формуле [2]

$$\varepsilon = \frac{p_{max} - p_{min}}{p_{ср}} \cdot 100, \% \quad (6)$$

где  $p_{max}$ ,  $p_{min}$ ,  $p_{ср}$  – максимальное, минимальное и среднее давление, при котором осуществляется подача раствора в трубопровод.

Приведенный к атмосферным условиям объем воздуха в комбинированных компенсаторах может быть определен как

$$V_{комп} = V_{цк} \cdot \frac{p_{атм}}{p_{атм}} + V_{зк} \cdot \frac{p}{p_{атм}} \quad (7)$$

где  $V_{цк}$  – объем свободного воздуха в цилиндрической камере компенсатора, дм³;  $V_{зк}$  – объем сжатого воздуха в замкнутой камере компенсатора, дм³;  $p$  – давление сжатого воздуха в замкнутой камере компенсатора, кг/см².

Суммарный объем сжатого воздуха в обеих камерах в начале цикла работы растворонасоса определяется как

$$V_1 = p_{атм} \cdot \frac{V_{комп}}{p_{min}} \quad (8)$$

Максимальное давление раствора (сжатого воздуха) за цикл определяется по формуле

$$p_{max} = p_{атм} \cdot \frac{V_{комп}}{V_1 - \Delta V} \quad (9)$$

Согласно полученным зависимостям (7), (8), (9), (10) определяются численные значения степени пульсации, которые приведены в табл.1.

Таблица 1 – Численные значения степени пульсации при заданных параметрах работы компенсаторов

$p$ , МПа	$V_{\text{комп}}$ , дм <sup>3</sup>	$P_{\text{min}}$ , МПа	$V_1$ , дм <sup>3</sup>	$V_1 - \Delta V$ , дм <sup>3</sup>	$P_{\text{max}}$ , МПа	$P_{\text{ср}}$ , МПа	$\varepsilon$ , %
Растворонасос с комбинированным диафрагмовым компенсатором							
0,5	20	1,0	2,00	1,797	1,11	1,055	10,4
		2,0	1,00	0,797	2,51	2,255	22,6
		3,0	0,67	0,467	4,27	3,635	34,9
0,7	26	1,0	2,60	2,397	1,088	1,044	8,4
		2,0	1,30	1,097	2,370	2,185	16,9
		3,0	0,87	0,667	3,890	3,445	25,8
1,0	35	1,0	3,50	3,297	1,06	1,030	5,8
		2,0	1,75	1,547	2,26	2,130	12,2
		3,0	1,17	0,967	3,62	3,310	17,7
Растворонасос с комбинированным компенсатором увеличенного объёма							
0,5	41	1,0	4,10	3,90	1,05	1,03	5,09
		2,0	2,05	1,85	2,22	2,11	10,45
		3,0	1,37	1,16	3,53	3,26	16,09
0,7	47	1,0	4,70	4,50	1,05	1,02	4,43
		2,0	2,35	2,15	2,19	2,10	9,06
		3,0	1,57	1,36	3,448	3,224	13,90
1,0	56	1,0	5,60	5,40	1,038	1,019	3,70
		2,0	2,80	2,60	2,157	2,078	7,55
		3,0	1,87	1,66	3,367	3,184	11,54

Данные табл. 1 свидетельствуют о максимальных отклонениях давления подачи раствора в трубопровод от его среднего уровня.

На рис. 5 представлены зависимости степени пульсации от давления подачи в трубопровод.

Графические зависимости, представленные на рис. 5, свидетельствует о явных преимуществах работы компенсатора растворонасоса с увеличенным объёмом по сравнению с компенсатором диафрагмовым.

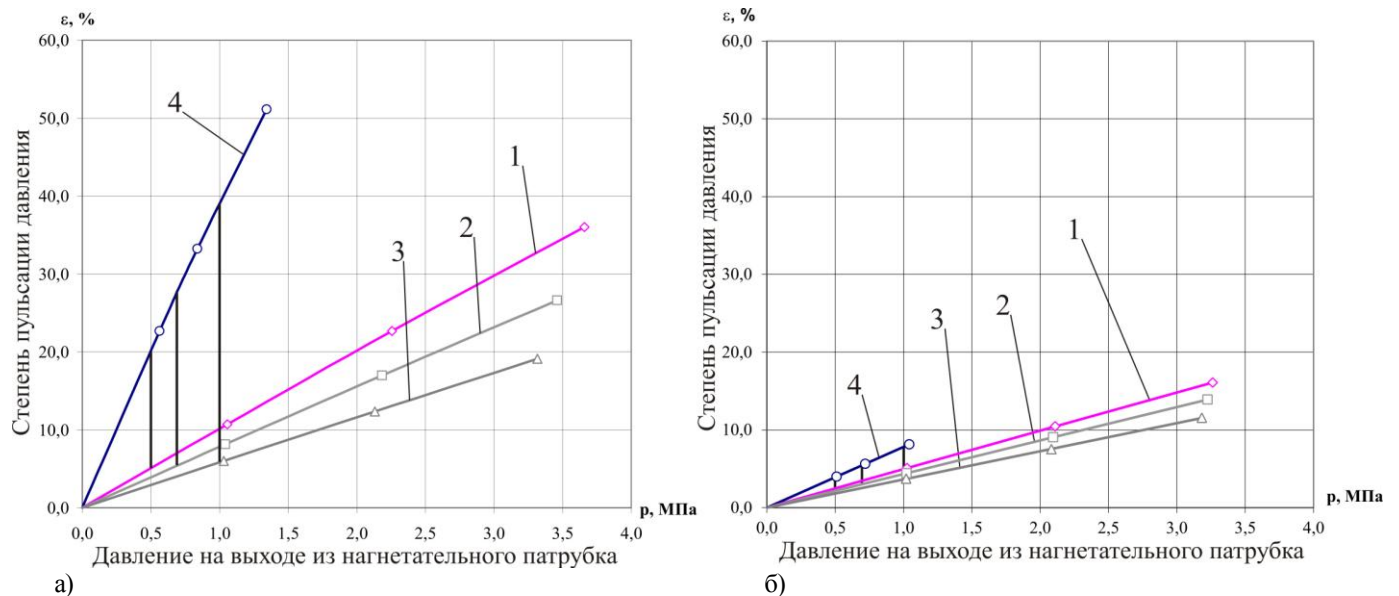


Рис. 5 – Зависимость степени пульсации давления в процентах от конструктивных особенностей компенсаторов в растворонасосах: а) с диафрагмовым комбинированным компенсатором; б) с комбинированным компенсатором увеличенного объёма 1 –  $p_1 = 0,5$  МПа; 2 –  $p_2 = 0,7$  МПа; 3 –  $p_3 = 1,0$  МПа,

4 – пульсация только под действием незамкнутой цилиндрической камеры (рост давления от атмосферного к давлению приведения в действие замкнутой камеры)

Степень пульсации (рис. 5, б) компенсатора с увеличенным объёмом приблизительно в 2 раза меньше по отношению к степени пульсации компенсатора диафрагмового (рис. 5, а). Также тенденции роста степени пульсации при повышении давления подачи меньше.

Выводы:

1. Найдена зависимость для определения степени пульсации раствора в трубопроводе.
2. Экспериментальным путём при использовании результатов теоретических исследований, установлено, что наличие компенсатора увеличенного объёма позволяет в 2 раза снизить уровень пульсации по сравнению с работой растворонасоса с комбинированным диафрагменным компенсатором.

### Литература

1. Шаповал М. В. Вплив параметрів роботи комбінованого компенсатора на рівень пульсації тиску // "СТРОИТЕЛЬСТВО. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. МАШИНОСТРОЕНИЕ. ИТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН. СЕРИЯ: ПОДЪЕМНО-ТРАСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ" Сб. научн. тр. № 66. Ответственный редактор д.т.н., профессор Л.А. ХМАРА – Днепропетровск: ГВУЗ "ПГАСА", 2012. – С 204-211.
2. Чиняев И.А. Поршневые кривошипные насосы. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние. – 1983. – 156 с.
3. Емельянова И.А. Двухпоршневые растворобетононасосы для условий строительной площадки: Монография / И.А.Емельянова, А.А.Задорожный, С.А.Гузенко, Н.А. Меленцов / под ред. Емельяновой И.А. – Тимченко, 2011. – 196.: ил., табл.

### References

1. Shapoval M. V. Vpliv parametriv roboti kombinovanogo kompensatora na riven' pul'sacii tisku // "STROITEL"STVO. MATERIALOVEDENIE. MASHINOSTROENIE. ITENSIFIKACIJA RABOCHIH PROCESSOV STROITEL'NYH I DOROZHNYH MASHIN. SERIJA: PODJOMNO-TRASPORTNYE, STROITEL'NYE I DOROZHNYE MASHINY I OBOURODOVANIE" Sb. nauchn. tr. № 66. Otvetsvennyj redaktor d.t.n., professor L.A. HMARA – Dnepropetrovsk: GVUZ "PGASA", 2012. – S 204-211.
2. Chinjaev I.A. Porshnevye krivoshipnye nasosy. – L.: Mashinostroenie, Leningr. otd-nie. – 1983. – 156 s.
3. Emel'janova I.A. Dvuhporshnevye rastvorobetononasosy dlja uslovij stroitel'noj ploshhadki: Monografija / I.A.Emel'janova, A.A.Zadorozhnyj, S.A.Guzenko, N.A. Melencov / pod red. Emel'janovoj I.A. – Timchenko, 2011. – 196.: il., tabl.

Захарченко Н.В.<sup>1</sup>, Бектурсунов Д.Н.<sup>2</sup>, Севастеев Е.А.<sup>3</sup>, Гавель С.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>аспирант, <sup>3</sup>аспирант, <sup>4</sup>аспирант,  
Одесская национальная академия связи

### РАВНОМЕРНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ СИГНАЛОВ

*Аннотация*

Рассматриваются различные вопросы интерполяции сигналов при приближенных представлениях их: интерполяция аналитических сигналов и сигналов с ограниченным спектром.

**Ключевые слова:** интерполяция, аналитические сигналы, сигналы с ограниченным спектром.

Zakharchenko N.V.<sup>1</sup>, Bektursunov D.N.<sup>2</sup>, Sevasteev E.A.<sup>3</sup>, Gavel S.N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PhD, <sup>2</sup>postgraduate, <sup>3</sup>postgraduate, <sup>4</sup>postgraduate  
Odessa National Academy of Telecommunications

### UNIFORM INTERPOLATION AT RESTORATION OF SIGNALS

*Abstract*

Various questions of interpolation of signals at their approximate representations are considered: interpolation of analytical signals and signals with a limited range.

**Keywords:** interpolation, analytical signals, signals with a limited range.

**Постановка задач и решение.** Пусть  $s(t)$  и  $b(t)$  – произвольные (вещественные либо комплексные) сигналы со спектрами  $S(j\omega)$  и  $B(j\omega)$  соответственно. Приближим  $s(t)$  суммой

$$s(t) \sim f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k b(t - k\Delta t) \quad (1)$$

так, чтобы строго выполнялось равенство

$$s(t_0 + \nu\Delta t) = f(t_0 + \nu\Delta t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k b(t_0 + \nu\Delta t - k\Delta t) \quad (2)$$

$$\nu = 0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

где  $\Delta t$  – произвольный заданный шаг интерполяции,  $t_0$  – произвольный начальный момент отсчета.

Согласно (2), необходимо интерполировать сигнал  $s(t)$  суммой  $f(t)$  на бесконечной равномерной сетке узлов  $t_0 + \nu\Delta t$  ( $\nu = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ).

Допустим, что равенство (2) выполняется и, исходя из этого, определим погрешность приближения  $s(t)$  суммой  $f(t)$  на бесконечной непрерывной оси времени.

Перепишем равенство (2) в форме

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k b_{\nu-k} = s_{\nu}, \quad \nu = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad (3)$$

где  $s_{\nu} = s(t_0 + \nu\Delta t)$ ,  $b_{\nu-k} = b(t_0 + \nu\Delta t - k\Delta t)$ . С использованием двустороннего  $z$ -преобразования это равенство запишем в виде

$$\alpha(z^{-1})B(z^{-1}) = S(z^{-1}), \quad (4)$$



где  $z^{-1} = e^{-p\Delta t}$  – оператор задержки,  $p = \sigma + j\omega$  – комплексная частота;

$$\alpha(z-1) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k z^{-k}, \quad B(z-1) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k z^{-k}, \quad s(z-1) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s_k z^{-k}$$

Здесь  $B(z^{-1})$  и  $S(z^{-1})$  –  $z$ -преобразования сигналов  $b(t)$  и  $s(t)$ .

Прямое преобразование Фурье равенства (1) дает

$$F(j\omega) = B(j\omega) \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k e^{-j\omega k \Delta t}, \quad (5)$$

где  $F(j\omega)$  – спектр  $f(t)$ .

В плоскости  $z$  на окружности единичного радиуса ( $z = e^{-j\omega \Delta t}$ ), согласно (3) или (4),

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k e^{-j\omega k \Delta t} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s_k e^{-j\omega k \Delta t} \bigg/ \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k e^{-j\omega k \Delta t}. \quad (6)$$

С учетом этого равенства выражение для  $F(j\omega)$  (5) принимает вид

$$F(j\omega) = B(j\omega) \sum_{k=-\infty}^{\infty} s_k e^{-j\omega k \Delta t} \bigg/ \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k e^{-j\omega k \Delta t}.$$

Согласно формуле суммирования Пуассона [1], справедливы равенства

$$\begin{aligned} \sum_{k=-\infty}^{\infty} s_k e^{-j\omega k \Delta t} &= \frac{1}{\Delta t} \sum_{m=-\infty}^{\infty} S(j\omega - mj\omega_d) e^{j(\omega - m\omega_d)t}; \\ \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k e^{-j\omega k \Delta t} &= \frac{1}{\Delta t} \sum_{m=-\infty}^{\infty} B(j\omega - mj\omega_d) e^{j(\omega - m\omega_d)t}; \\ \Delta t &= 2\pi/\omega_d, \end{aligned}$$

поэтому окончательно

$$F(j\omega) = B(j\omega) \sum_{m=-\infty}^{\infty} S(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0} \bigg/ \sum_{m=-\infty}^{\infty} B(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0}. \quad (7)$$

Если  $b(t)$  – конечная или бесконечная (по длительности) функция с небольшим количеством ненулевых значений  $b_k = b(t_0 + k\Delta t)$  (например,  $b(t)$  – сигнал конечной длительности, сплайн-функция невысокого порядка, частично-кодированный сигнал и т. д.), то  $F(j\omega)$  удобно представлять в виде

$$F(j\omega) = B(j\omega) \sum_{m=-\infty}^{\infty} S(j\omega - mj\omega_d) e^{j(\omega - m\omega_d)t_0} \bigg/ \Delta t \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k e^{-j\omega k \Delta t}. \quad (8)$$

Полученные выражения (7) и (8) дают спектр интерполирующей суммы  $f(t)$ . Погрешность интерполяции определяется

$$E(j\omega) = S(j\omega) - F(j\omega).$$

*Аналитические сигналы.* Как подчеркивалось выше, на сигналы  $s(t)$  и  $b(t)$  никакие ограничения не накладываются. Считаем, что  $s(t)$  и  $b(t)$  – вещественные сигналы и образуем на их основе аналитические (комплексные) сигналы

$$s_a(t) = s(t) - j\hat{s}(t), \quad b_a(t) = b(t) - j\hat{b}(t)$$

с односторонними спектрами  $S_a(j\omega) = 2S_+(j\omega)$  и  $B_a(j\omega) = 2B_+(j\omega)$  соответственно. Здесь  $\hat{s}(t)$  и  $\hat{b}(t)$  – преобразования Гильберта [2] сигналов  $s(t)$  и  $b(t)$ ,

$$\hat{s}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{\tau - t} d\tau;$$

$\hat{g}(t)$  определяется аналогично. Нижние индексы + указывают, что используются части спектров, расположенные в области положительных частот.

Все вышеприведенные рассуждения остаются в силе, если в выражениях (1) ... (8) проделать замены

$$s(t) \rightarrow s_a(t), \quad S(j\omega) \rightarrow S_a(j\omega);$$

$$b(t) \rightarrow b_a(t), \quad B(j\omega) \rightarrow B_a(j\omega).$$

*Сигналы с ограниченным спектром.* Допустим, что  $s(t)$  и  $b(t)$  – низкочастотные сигналы с ограниченным частотой  $\omega_c$  спектрами [3],

$$|B(j\omega)| \equiv |S(j\omega)| \equiv 0, \quad |\omega| > \omega_c.$$

Выберем  $\omega_d \geq 2\omega_c$  ( $\omega_d = 2\pi/\Delta t$ ). Из выражения (7) вытекает, что если  $|B(j\omega)|$  не обращается в нуль на тех частотах, на которых  $|S(j\omega)|$  не равен нулю, то  $E(j\omega) \equiv 0$  для всех частот. Если же  $|B(j\omega)|$  и  $|S(j\omega)|$  обращаются в нуль на некоторых частотах, то их необходимо считать малыми величинами одного порядка малости. С учетом этих оговорок справедлив вывод о том, что один заданный сигнал с ограниченным спектром можно интерполировать с нулевой погрешностью взвешенной суммой запаздывающих сигналов, полученных из другого заданного сигнала с той же, что и у исходного сигнала, шириной спектра.

*Определение весовых коэффициентов интерполирующего ряда.* Укажем различные приемы нахождения коэффициентов  $\alpha_k$  с учетом выполнения равенства (2).

1. На основе решения бесконечной системы линейных уравнений (3).
2. Как следует из (6), коэффициенты  $\alpha_k$  – это коэффициенты Фурье функции

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} s_k e^{-j\omega_k \Delta t} \Bigg/ \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k e^{-j\omega_k \Delta t} \quad (9)$$

либо равной ей функции

$$\sum_{m=-\infty}^{\infty} S(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0} \Bigg/ \sum_{m=-\infty}^{\infty} B(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0}, \quad (10)$$

раскладываемой в ряд Фурье на отрезке  $[-1/2(\omega_d); 1/2(\omega_d)]$ ,  $\omega_d = 2\pi/\Delta t$ .

Возможные случаи упрощения определения  $\alpha_k$ :

1. Сигнал  $b(t)$  – конечный по длительности,

$$|b(t)| = 0, \quad |t| \geq \Delta t,$$

тогда, согласно (6),  $\alpha_k = s_k/b_0$ . В этом случае выражения (7) и (8) упрощаются:

$$F(j\omega) = \frac{1}{\Delta t} B(j\omega) \sum_{m=-\infty}^{\infty} S(j\omega - mj\omega_d) e^{j(\omega - m\omega_d)t_0}. \quad (11)$$

2. Сигнал  $b(t)$  является сигналом Найквиста,

$$b(t) = \begin{cases} 1, & t = t_0; \\ 0, & t = t_0 + \kappa \Delta t, \quad \kappa = \pm 1, \pm 2, \dots, \end{cases} \quad (12)$$

$$\sum_{m=-\infty}^{\infty} B(j\omega - mj\omega_d) e^{j(\omega - m\omega_d)t_0} = \Delta t.$$

В этом случае

$$\alpha_k = s_k \quad (13)$$

а  $F(j\omega)$  определяется согласно (11).

Представляет интерес случай, когда значения  $\alpha_k$  выбираются по формуле (13) при произвольном заданном сигнале  $b(t)$ , не удовлетворяющем перечисленным случаям 1 и 2. В этом случае сумма  $f(t)$  (1) не является интерполирующей, однако ее спектр  $F(j\omega)$  находится по выражению (11).

*Условия совпадения линейных преобразований сигналов на бесконечной дискретной равномерной сетке времени.* Пусть  $s(t)$  и  $x(t)$  – произвольные сигналы со спектрами  $S(j\omega)$  и  $X(j\omega)$ . Эти сигналы совпадают на бесконечной равномерной сетке времени

$$s(\kappa \Delta t + t_0) = x(\kappa \Delta t + t_0), \quad \kappa = 0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

только в том случае, если их спектры удовлетворяют равенству [3]

$$\sum_{m=-\infty}^{\infty} S(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} X(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0}. \quad (14)$$

Это равенство может быть использовано для вывода выражения (7). Действительно, если выполняется (2), то выполняется, согласно (14), и равенство

$$\sum_{m=-\infty}^{\infty} S(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} F(j\omega - mj\omega_d) e^{-jm\omega_d t_0}.$$

С учетом (5),

$$\sum_{m=-\infty}^{\infty} F(j\omega - mj\omega_D) e^{-jm\omega_D t_0} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} B(j\omega - mj\omega_D) e^{-jm\omega_D t_0} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k e^{-j\omega_k \Delta t}.$$

Определив из последних равенств сумму  $\sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k e^{-j\omega_k \Delta t}$  и подставив ее в (5), приходим окончательно к (7), что и требовалось показать.

#### Литература

1. Кисель В.А. Восстановление сигналов по преобразованным отсчетам // Труды УНИИРТ – Одесса: изд. УНИИРТ. 1995. Вып.1. С. 24-25.
2. Сукачев Э.А. Новая форма представления селективных сигналов для телекоммуникационных систем // Праці УНДІРТ. – Одеса: вид. УНДІРТ. – 1998. № 2 (14). – С. 98-102.
3. Галлагер Р. Теория информации и надежная связь: Пер. с англ. / Под ред. М.С. Пинскера и Б.С. Цыбакова. – М.: Сов. Радио, 1974. – 304 с.

#### References

1. Kisel V.A. Restoration of signals on the transformed counting // Works UNIIRT – Odessa: prod. UNIIRT. 1995. Publ.1. Page 24-25.
2. Sukachev E.A. A new form of representation of selective signals for telecommunication systems // Pratsi of UNDIRT. – Odessa: look. UNDIRT. – 1998. No. 2 (14). – Page 98-102.
3. Gallager R. Theory of information and reliable communication: The lane with English / Under the editorship of M.S. Pinsker and B.S. Tsybakov. – M.: Owls. Radio, 1974. – 304 pages.

**Зеликов В.А.<sup>1</sup>, Шаталов Е.В.<sup>2</sup>, Еркнапешян Е.Н.<sup>3</sup>, Джагинян А.Л.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>кандидат технических наук, <sup>3</sup>магистр, <sup>4</sup>студент,  
Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова

#### УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ В СФЕРЕ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

#### Аннотация

*В статье рассмотрены безопасность движения на пассажирском автомобильном транспорте общего пользования. Проведен анализ факторов системы водитель-автомобиль-дорога-среда, выявлены внутренние и внешние основные проблемы безопасности движения.*

**Ключевые слова:** безопасность движения, пассажирский автомобильный транспорт

**Zelikow V.A.<sup>1</sup>, Shatalov E.V.<sup>2</sup>, Erknepeshyan E.N.<sup>3</sup>, Jaghinyan A.L.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>PhD in Engineering, <sup>3</sup>master, <sup>4</sup>student,  
Voronezh State Forestry Engineering University G.F. Morozova

#### SAFETY MANAGEMENT IN SPHERE OF AUTOMOBILE PUBLIC SERVICE

#### Abstract

*The article deals with safety on road passenger transport for general use. The analysis of the factors of the driver-vehicle-road environment, identified key internal and external problems of traffic safety.*

**Keywords:** safety, road passenger transport.

**Б**езопасность движения на пассажирском автомобильном транспорте общего пользования зависит от множества факторов системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС) [1].

С технической точки зрения влияние каждой компоненты системы ВАДС на безопасность движения можно охарактеризовать следующими ситуациями:

- безопасность подсистемы «водитель» зависит от темперамента и характера водителя, состояния его здоровья, степени его утомленности, психофизиологических особенностей, уровня подготовки, умения принимать решения в условиях дефицита времени и др.;

- в подсистеме «автомобиль» на безопасность движения влияют габаритные размеры транспортного средства, его тяговые и тормозные качества, головное освещение, удобство рабочего места водителя, состояние элементов пассивной безопасности, надежность элементов активной безопасности, технического состояния транспортного средства и др.;

- подсистема «дорога» может обеспечивать требуемые условия безопасности в зависимости от ширины проезжей части, коэффициента сцепления и ровности дорожного покрытия, геометрических параметров улично-дорожной сети, состояния обочин, наличия и качества ограждений, наличия и параметров остановочных пунктов, состояния дорожного оборудования;

- подсистема «водитель-автомобиль» характеризуется соответствием навыков водителя управления автотранспортным средством реальным условиям движения, влиянием на безопасность движения эргономики рабочего места водителя, удобства управления автотранспортным средством, наличием информации о характеристиках движения и состояния основных агрегатов транспортного средства, эффективного светопропускания стекол автомобиля и др.;

- безопасность подсистемы «автомобиль-дорога» зависит от характеристик и состояния дорожного покрытия, физико-технических характеристик элементов ходовой части автотранспортного средства, динамических и весогабаритных характеристик транспортного средства;

- подсистема «водитель-дорога» с точки зрения безопасности движения характеризуется полнотой и качеством обзорности дороги из кабины автотранспортного средства;
- безопасность подсистемы «водитель-автомобиль-дорога» зависит от совокупности каждой из вышеперечисленных компонент;
- подсистема «среда» включает в себя влияние погодных-климатических условий, транспортных потоков, наличия и взаимодействия с пешеходными потоками и других особенностей движения и условий, в которых это движение осуществляется.

Но безопасность движения в сфере автотранспортного обслуживания населения зависит не только от надежности каждого элемента комплексной системы ВАДС, но и от полноты решения внешних и внутренних проблем в на различных уровнях ее управления. Система управления безопасностью движения на пассажирском автомобильном транспорте общего пользования должна обеспечивать полный цикл необходимых управляющих воздействий.

Внешние проблемы характеризуются значительным ростом загрузки сетей автомобильных дорог и улично-дорожных сетей городов движением, происходящим в условиях роста автомобилизации и существенного отставания за последние годы темпов развития этих сетей. Следствием этого является высокий уровень аварийности на автомобильном пассажирском транспорте общего пользования и увеличение риска дорожно-транспортных происшествий.

Внутренние проблемы обеспечения безопасности движения связаны с вопросами недостаточного развития транспортной инфраструктуры: низким уровнем развития сети автомобильных дорог и улично-дорожных сетей городов, неэффективностью существующих маршрутных сетей, отсутствием организационных, технологических и технических решений по защите пешеходов от средств транспорта возле объектов инфраструктуры пассажирского автомобильного транспорта общего пользования.

С точки зрения организации перевозок пассажиров, внутренние проблемы обеспечения безопасности движения проявляются в низких технических характеристиках автобусов по условиям активной, пассивной и послеаварийной безопасности, недостаточной квалификации водительского состава, недостатках в организации и обеспечении перевозочного процесса.

К числу важнейших внутренних проблем, связанных с низким уровнем обеспечением безопасности перевозок пассажиров, следует отнести непродуманную политику государства как в сфере автомобильного транспорта, так и в области поддержки малого бизнеса и созданию для него беспрецедентных конкурентных преимуществ. При всех положительных финансовых сторонах предложенной государством модели упрощения тарифной и налоговой политики, приведших к разукрупнению большинства автотранспортных предприятий страны, эта модель не учитывает еще более значительные потери государства от снижения устойчивости работы пассажирского автомобильного транспорта общего пользования и снижения эффективности мер, а зачастую и самих мер по предупреждению дорожно-транспортных происшествий со стороны хозяйствующих субъектов малого бизнеса.

Факты свидетельствуют: в настоящее время из хозяйствующих субъектов, имеющих лицензии на право предоставления услуг по перевозке пассажиров, большинство это индивидуальные предприниматели, имеющие в собственности не более 10 автобусов, из них 85 % составляют предприниматели, имеющие одно-два транспортных средства. С точки зрения теории управления можно с уверенностью сказать, что существующая схема управления такой громоздкой системой отдельных хозяйствующих субъектов рынка транспортных услуг не может быть эффективной. Не может она быть эффективной и потому, что эта категория хозяйствующих субъектов не имеет своей производственно-технической базы, зачастую обладает изношенным парком автобусов, не имеет возможностей для проведения профессионального подбора и повышения квалификации водителей. Т.е. обладает большинством вышеуказанных внутренних проблем на автомобильном транспорте, что негативно отражается на безопасности перевозок пассажиров: по вине водителей микроавтобусов происходит 60...75 % ДТП на автобусах общего пользования.

В дополнение к представленной статистике выделяется важнейшая проблема низкой эффективности контроля за безопасностью движения на пассажирском автомобильном транспорте общего пользования. Данная проблема возникает вследствие существования двух серьезных причин: в связи с недостаточностью или неэффективностью существующей нормативной базы (в т.ч. по вопросам наказания за нарушения установленных нормативными документами требований); в связи с отсутствием эффективной системы информационного обеспечения безопасности движения в сфере автотранспортного обслуживания населения.

Вопросы совершенствования нормативной базы в области обеспечения безопасности движения при осуществлении автотранспортной деятельности являются основополагающими. Вместе с тем, вопросы информационного обеспечения, являющиеся основополагающими в системе контроля, а, следовательно, и в системе управления безопасностью движения на пассажирском автомобильном транспорте общего пользования.

Результаты проведенных исследований показали, что официальные статистические данные в области безопасности движения на пассажирском транспорте общего пользования не отражают реальной ситуации по нескольким причинам.

Во-первых, существует проблема недоучета: ДТП с материальным ущербом не регистрируются в 50 % случаев, а число зарегистрированных раненых составляет около 80 % от реального их числа (в большинстве случаев недоучет относится к пострадавшим с легкой степенью ранения). Существуют также и особенности учета погибших. Так, до 2008 г. в системе статистических наблюдений погибшим считался человек, скончавшийся в течение первых 7 суток после ДТП. Такая система учета аварийности и тяжести последствий ДТП не отражала реальной ситуации с безопасностью движения. С 1 января 2009 г. в России введена новая (европейская) система учета, согласно которой отчетный срок увеличен с 7 до 30 суток [2, 3].

Во-вторых, учет аварийности на пассажирском автомобильном транспорте общего пользования осуществляется Государственной инспекцией безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской

Федерации. Существующая форма учета ДТП [4] не позволяет учесть происшествия и их последствия по видам пассажирских перевозок, классам и маркам подвижного состава. Более того, для оценки аварийности используются преимущественно абсолютные показатели, которые не позволяют выполнить качественную оценку безопасности движения на пассажирском автотранспорте.

В-третьих, как показали результаты документальных исследований по г. Воронежу, сведения о количестве ДТП, предоставленные Государственной инспекцией безопасности дорожного движения по Воронежской области, Администрацией г. Воронежа, региональным Управлением государственного автодорожного надзора и перевозчиками оказались различными, порой на порядок цифр.

Проведенный анализ показал, что основной причиной большинства существующих проблем является отсутствие достоверной и эффективной системы информационного обеспечения безопасности движения в сфере автотранспортного обслуживания населения на различных уровнях управления.

#### Литература

1. Клиновштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст] / Г.И. Клиновштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247с.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.11.2008г. № 859 «О внесении изменений в правила учета дорожно-транспортных происшествий» // Российская газета Вып. № 4802 от 28.11.2008 г.; Собрание законодательства Российской Федерации, 2008 г., № 48, ст. 5609.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.06.1995г. № 647 «Об утверждении правил учета дорожно-транспортных происшествий» // Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, № 28, ст. 2681; 1998, № 32, ст. 3910; 2005, № 7, ст. 560.
4. Приказ Министерства внутренних дел Российской Федерации от 18.06.1996г. № 328 «О мерах по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 29 июня 1995г. № 647».

#### References

1. Klinkovshteyn GI Traffic [Text] / GI Klinkovshteyn, MB Afanasyev. - M.: Transport, 2001. - 247s.
2. Resolution of the Government of the Russian Federation of 19.11.2008. № 859 "On amendments to the accounting rules of road accidents" // Russian Newspaper Issue. Number 4802 dated 28.11.2008 r.; Collection of Laws of the Russian Federation, 2008, № 48, Art. 5609.
3. Resolution of the Government of the Russian Federation 19.06.1995g. № 647 "On approval of the accounting rules of road accidents" // Meeting of the legislation of the Russian Federation, 1995, № 28, Art. 2681; 1998, № 32, Art. 3910; 2005, № 7, p. 560.
4. Order of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation 18.06.1996g. № 328 "On measures to implement the decision of the Government of the Russian Federation dated 29 June 1995. Number 647".

**Зеликов В.А.<sup>1</sup>, Шаталов Е.В.<sup>2</sup>, Зеликова О.А.<sup>3</sup>, Еркнапешян Е.Н.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>кандидат технических наук, <sup>3</sup>магистр, <sup>4</sup>магистр,  
Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ В Г. ВОРОНЕЖЕ

#### Аннотация

*В статье рассмотрены показатели, характеризующие транспортные потребности маломобильных групп населения, которые определяются на основе анкетных обследований совместно с аналитическим обзором результатов анкетирования с целью определения их транспортных потребностей.*

**Ключевые слова:** транспортные потребности; обследование; выборка; анкета; маломобильные группы населения.

**Zelikov V.A.<sup>1</sup>, Shatalov E.V.<sup>2</sup>, Zelikova O.A.<sup>3</sup>, Erknepeshyan E.N.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>PhD in Engineering, <sup>3</sup>Master, <sup>4</sup>Master,  
Voronezh State Forestry Engineering University. GF Morozova

#### DEFINITION OF INDICATORS TRANSPORTATION NEEDS WITH LIMITED MOBILITY POPULATION IN VORONEZH

#### Abstract

*The article describes the parameters characterizing the transport needs of people with limited mobility, which are determined based on questionnaire surveys, together with an analytical review of the results of the survey to determine their transportation needs.*

**Keywords:** transport requirements; inspection; sampling; questionnaires; people with limited mobility.

**П**оказатели, характеризующие транспортные потребности маломобильных групп населения (МГН) в г. Воронеже рассчитываются на основании данных, полученных по результатам анкетных обследований. В настоящем разделе расчет искомых показателей целесообразно провести совместно с аналитическим обзором результатов анкетирования [1].

Из полученного числа анкет 6% составили дети-инвалиды (в возрасте до 18 лет), 32% – люди работоспособного возраста (от 18 до 60 лет), остальные 62% – мужчины и женщины, старше 60 лет. В составе опрошенных оказалось: 43,1% людей, имеющих заболевания опорно-двигательного аппарата, передвигающихся при помощи различных опор без колес; 1,8% - инвалиды в кресле-коляске; 11,2% люди с ограничениями зрительных функций глаз; 7,6% – люди с ограничениями функций слухового аппарата, в т.ч. 3,4% - имеющие сочетающиеся патологии зрения и слуха; 2,9% - люди с нарушением ориентации в пространстве (нарушение памяти, психические расстройства и т.п.); 21,8% -

немошные люди. Среди опрошенных 4,1% людей периодически передвигаются с детской коляской, а 53% – с тяжелыми вещами.

При ответе на третий вопрос анкеты: «Можете ли Вы самостоятельно передвигаться пешком от места жительства до ближайшего остановочного пункта?» ответы распределились следующим образом (таблица 1): 40,4% респондентов свободно пользуются существующей инфраструктурой, для 37,6% обустройство пешеходной инфраструктуры вызывает затруднение, у 16% респондентов передвижение по пешеходным путям вызывает значительные сложности, а для 6% опрошенных пешеходная инфраструктура является полностью недоступной [1].

Анализ таблицы показывает, что для 22% МГН пешеходная инфраструктура города является значительным барьером при осуществлении транспортных потребностей. При этом полностью недоступна пешеходная инфраструктура для людей в кресле-коляске (96% опрошенных), практически недоступна для слепоглухонемых людей (68% опрошенных), и в значительной мере недоступна для людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, слуха и нарушениями ориентации (41...56%).

Таблица 1 – Оценка доступности пешеходной инфраструктуры для маломобильных групп населения

Показатели		Не могу	Могу без затруднений	Могу с небольшими физическими затруднениями	Могу со значительными физическими затруднениями	Доля МГН, для которых инфраструктура труднодоступна или недоступна
Все группы	Все МГН	180	1207	1125	478	21,9%
	Доля	6,0%	40,4%	37,6%	16,0%	-
МГН по возрасту	до 18 лет	33	63	52	32	36,1%
	Доля	18,3%	35,0%	28,9%	17,8%	-
	18-60 лет	17	586	306	51	7,1%
	Доля	1,8%	61,0%	31,9%	5,3%	-
	более 60 лет	130	558	767	395	28,4%
	Доля	7,0%	30,2%	41,5%	21,4%	-
МГН по заболеваниям	опорники	108	174	588	425	41,2%
	Доля	8,3%	13,4%	45,4%	32,8%	-
	колясочники	32	0	2	20	96,3%
	Доля	59,3%	0,0%	3,7%	37,0%	-
	зрение	38	36	125	136	51,9%
	Доля	11,3%	10,7%	37,3%	40,6%	-
	слух	28	48	74	79	46,7%
	Доля	12,2%	21,0%	32,3%	34,5%	-
	слепоглухие	17	4	28	52	68,3%
	Доля	16,8%	4,0%	27,7%	51,5%	-
	ориентация	15	4	35	34	55,7%
	Доля	17,0%	4,5%	39,8%	38,6%	-
	немоть	64	86	322	183	37,7%
	Доля	9,8%	13,1%	49,2%	27,9%	-
Наличие вещей	детская коляска	5	67	49	3	6,5%
	Доля	4,0%	54,0%	39,5%	2,4%	-
	тяжелые вещи	19	788	626	160	11,2%
	Доля	1,2%	49,5%	39,3%	10,0%	-

Анализ возрастных категорий МГН показал, что существующая пешеходная инфраструктура недоступна или труднодоступна, прежде всего для детей (36,1%) и людей пожилого возраста (28,4%).

Как показали результаты анкетирования, наличие детской коляски и тяжелых вещей основная часть респондентов не связывает с трудной доступностью инфраструктуры. Причинами в первом случае являются: отсутствие примеров универсальной пешеходной инфраструктуры в жилых районах города и трудоспособный возраст людей, передвигающихся с детскими колясками (даже среди инвалидов аналогичного возраста пешеходная инфраструктура оказалась труднодоступной лишь для 7%). Для людей, передвигающихся с тяжелыми вещами рассматриваемая инфраструктура оказалась более недоступной, чем для людей с детской коляской (11,2%), однако и в данном случае процент ответов оказался на низком уровне. В последнем случае причиной является способ транспортировки тяжелых

вещей: их переносят в руках 78,5% респондентов. Около одной трети случаев связаны с отсутствием доступной инфраструктуры и транспорта, что не позволяет использовать сумки на колесиках на всем протяжении маршрута движения. Для остальных респондентов такой способ транспортировки тяжелых предметов удобен [2].

Поскольку адаптация окружающей среды и транспорта для инвалидов предполагает ее доступность и использование значительно большим кругом лиц, расчет и оценку основных показателей транспортной доступности следует осуществлять с учетом потребностей различных маломобильных групп населения [3].

Из общего объема респондентов, опрошено: 42,4% людей, не имеющих заболеваний, каким-либо образом ограничивающих их подвижность; 42,9% людей, имеющих заболевания опорно-двигательного аппарата; 11,2%, имеющих ограничения по зрению; 7,7% с заболеваниями слухового аппарата; 3,4% имеют сочетающуюся патологию органов слуха и зрения (слепоглухие); 3% людей, имеющих сложности ориентации в пространстве; 22% из всех опрошенных – немощные люди. Из общего числа респондентов почти 20% – это люди, имеющие сочетающиеся патологии, влияющие на ограничения их подвижности и почти 40% – на которых оказывает совокупность жизненных факторов, ограничивающих их подвижность (заболевания, необходимость переносить тяжелые вещи, наличие ребенка в детской коляске и пр.). На вопрос о прочих особенностях (заболеваниях) респонденты, преимущественно, указывали группу инвалидности, наличие заболеваний сердца или сосудов, в т.ч. перенесенные инфарктные и инсультные состояния.

Анализ расчетных значений состава МГН и используемых ими технических средств реабилитации для самостоятельного передвижения показывает, что для 41% из них (более 160 тыс. жителей города) необходима безбарьерная транспортная инфраструктура и беспрепятственный вход в транспортные средства (отсутствие высоких ступеней, отсутствие крутых пандусов, наличие поручней, наличие мест для сидения, подъезд маршрутного транспорта к посадочной площадке с минимальным зазором и пр.) [4].

Еще около 5% населения нуждаются в «плавной» инфраструктуре, не имеющей барьеров (наличие пандусов, лифтов, подъемников и пр.). При подробном рассмотрении ответов на вопрос № 7, фактическая численность населения города, нуждающихся в адаптации для них «плавной» инфраструктуры составляет более 28% (более 100 тыс. чел.) – это люди, передвигающиеся в кресле-коляске, люди, ведущие детскую коляску, люди с тележкой или сумкой на колесах. Из них почти 40% – это дети. В связи с недоступностью среды для инвалидов в кресле-коляске из-за неудовлетворительного состояния пешеходной инфраструктуры и наличия на ней множества барьеров, существует отложенный спрос среди всех групп населения (кроме людей с детской коляской) в передвижении с использованием технических средств реабилитации на колесах. Для группы с детской коляской адаптация транспортной инфраструктуры повысит качество их жизни [5].

Из почти трех тысяч респондентов, на городском автобусе и троллейбусе ими совершается 40427 поездок к объекту назначения и обратно (или в единичном исчислении – почти 81 тыс. поездок в месяц). Это количество соответствует 77,5% от общего числа передвижений маломобильных групп населения. На легковом такси передвигаются 4,2% МГН (2165 двухсторонних поездок). Поездки на специализированном (социальном) такси практически отсутствуют: 0,5% или 272 двухсторонние поездки. Значительное число поездок (9296 или 17,8% от общего объема) осуществляется на личном легковом автомобиле в качестве водителя или пассажира.

Доля поездок на автобусах и троллейбусах сопоставима среди всех маломобильных групп населения (от 72,7% до 79,6%). Легковым такси в меньшей степени (вдвое меньше от общих потребностей) пользуются люди, передвигающиеся в кресле-коляске, слепо-глухие и имеющие нарушения ориентации.

Поездки на специально оборудованном микроавтобусе (социальном такси) преимущественно осуществляют люди в возрасте старше 60 лет.

Личным легковым автотранспортом пользуются в большей степени люди до 60 лет. Распределение между маломобильными группами населения оказалось близким к среднему значению (около 20%) с небольшим перевесом до 25% у инвалидов, передвигающихся в кресле-коляске.

Общий отложенный спрос всеми видами транспорта составил 31% относительно существующего – это число поездок, которое люди, относящиеся к МГН, хотели бы совершать при отсутствии физических барьеров в транспортной системе города. У детей-инвалидов и людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата (кроме колясочников) эта потребность выше на 2%, у людей трудоспособного возраста – на 4%, у людей, передвигающихся в кресле-коляске – на 7%, а у людей с детской коляской – на 9%.

Наиболее востребованным и проблемным звеном городской транспортной системы следует считать специализированное (социальное) такси, реальный спрос на поездки которым более чем в 26 раз превышает существующие и это с учетом, что часть существующих поездок осуществляется обычными автобусами по заказу. Анализ данных показал, что люди, страдающие различными заболеваниями и относящиеся к МГН, вынуждены вызывать обычное такси в условиях отсутствия возможности вызвать специализированный транспорт [3].

Наибольшие потребности в увеличении числа поездок на маршрутном пассажирском транспорте испытывают инвалиды, передвигающиеся в кресле-коляске (на 29%) и люди с детскими колясками (на 22%).

Подводя итоги проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

- в адаптации транспортной системы нуждаются более 40% МГН города, передвигающихся без технических средств на колесах и около 30% МГН, передвигающегося с техническими средствами на колесах (т.е. около 30% населения городского округа);

- учитывая вышеприведенные пропорции и положительное влияние мероприятий по созданию безбарьерной среды для инвалидов на остальные группы населения (что подтверждается мировым опытом), формирование транспортной системы г. Воронежа целесообразно осуществить в рамках создания универсальной безбарьерной среды;

- первоочередные мероприятия по обеспечению доступности транспорта должны осуществляться для наименее обеспеченных транспортом групп населения (люди в креслах-колясках и дети-инвалиды), а также в отношении наиболее востребованных видов транспорта, путей передвижения и объектов транспортной инфраструктуры;

- в числе наиболее востребованных видов транспорта, подлежащих адаптации для инвалидов следует выделить маршрутный транспорт общего пользования (где отложенный спрос составляет 18%), а также социальное такси, потребности в котором на порядки превышают фактическое предложение (таксомоторные перевозки в настоящее время вынужденно замещают около 15% таких потребностей);

- перераспределение работы маршрутного пассажирского транспорта по дням недели или с учетом отдельных видов перевозок нецелесообразно вследствие относительной равномерности различных потребностей населения: транспорт должен быть доступен для всех групп населения и обеспечивать потребности людей в поездках с багажом, тяжелыми предметами (на колесах, без них) и детской коляской.

#### Литература

1. Шаталов, Е.В. Исследование транспортных потребностей маломобильных групп населения методом анкетирования [Текст] / Е.В.Шаталов, В.А. Зеликов // Вестник Воронежского института МВД России. - 2015. - №2 - С. 239 - 244.

2. Повышение безопасности передвижения для маломобильных групп населения на примере организации дорожного движения у сити-парка «Град» / Р.А. Сподарев, Е.Н. Еркнапешян, В.А. Зеликов, С.В. Дорохин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2014): сборник статей Международной научно-технической конференции. - 2014. - С. 209 - 212.

3. Мун Э.Е. Исследования характеристик инвалидов по транспортному признаку [Текст] / Э.Е. Мун // Автотранспортное предприятие. - 2009. - № 7. - С. 22 - 24.

4. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения [Текст] : доп. М-вом образования и науки Рос. Федерации в качестве учеб. для студентов вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. - М. : Академкнига, 2005. - 279 с.

5. Рябчинский, А.И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса [Текст] : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.И. Рябчинский, В.А. Гудков, Е.А. Кравченко. - М.: Академия, 2013. - 256 с.

#### References

1. Shatalov, E.V. The study of transport needs with limited mobility using questionnaires [Text] / E.V. Shatalov, V.A. Zelikov // Herald of the Voronezh Institute of the Russian Interior Ministry. - 2015. - №2 - S. 239 - 244.

2. Povyshenie bezopasnosti peredvizheniya dlya malomobilnykh grupp naseleniya na primere organizatsii dorozhnogo dvizheniya u siti-parka «Gрад» / R.A. Spodarev, E.N. Erknepeshyan, V.A. Zelikov, S.V. Dorohin // Sovremennyye avtomobilnyye materialy i tehnologii (SAMIT-2014): sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. - 2014. - S. 209 - 212.

3. Mun, E.E. Issledovaniya harakteristik invalidov po transportnomu priznaku [Text] / E.E. Mun // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2009. - № 7. - S. 22 - 24.

4. Kremenets, Y.A. Technical means of traffic management [Text]: optional. M-tion of Education and Science Ros. Federation as a textbook. for students / Y.A Kremenets, M.P Pechersk, M.B Afanasiev. - M.: Akademkniga, 2005. - 279 p.

5. Ryabchinsky, A.I The organization of transport services and the safety of the transport process [Text]: the textbook for students. institutions of higher. prof. Education / A.I Ryabchinsky, V.A Gudkov, E.A Kravchenko. - M.: Academy, 2013. - 256 p.

#### Каймин В.Г.<sup>1</sup>, Сабиров Ф.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>доктор технических наук, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

#### ОБРАЗОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОЧЕНИИ КОНУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

#### Аннотация

Ранее в работах [1, 2] освещен вопрос влияния вибраций металлорежущего станка на качество образования конических поверхностей (шероховатость). В данной статье рассмотрим образование микрорельефа конической поверхности при точении на станке.

**Ключевые слова:** вибродиагностика, станки, вибрации.

#### Kaymin V.G.<sup>1</sup>, Sabirov F.C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Stankin Moscow State Technological University (Stankin MSTU)

#### THE FORMATION OF SURFACE MICRORELIEF WHEN GRINDING CONICAL PARTS

#### Abstract

Earlier works [1, 2] cover the issue of the influence of vibration of the metal-cutting machine on the quality of formed conical surfaces (roughness). This article covers the formation of microrelief of conical surface when grinding on the metal-cutting machine.

**Keywords:** vibrodiagnostics, machine tools, vibrations.

А line in space can be considered as a trajectory of the point's movement, in this case it is set by vector equation  $\vec{r} = \vec{r}(t)$  or parametric equations of the projections of the vector:  $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$ . Because the M point moves along a generatrix of the circular cone, and the cone itself rotates uniformly around the axis, the point moves along a helical line, let's proceed to the parametric equation of the helix:



$$\begin{cases} x = R \cos t, \\ y = R \sin t, \\ z = \frac{h}{2\pi} t. \end{cases}$$

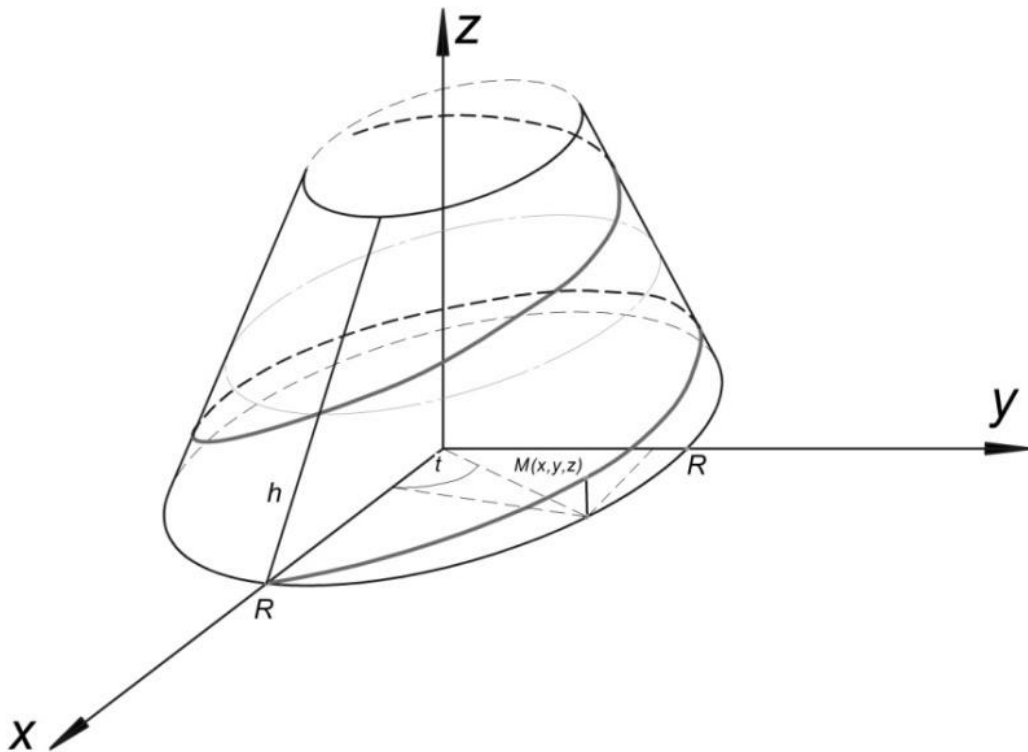


Fig. 1

If the cutter is set to evenly forward motion, and the cone is set to evenly rotational motion, it will result in the end of the cutter, i.e. point A, leaving a line called conical helix on the surface of the cone, Fig.2. In the example given, A0 point after one turn will move from position A0 to the position A1, forming a first wreath, and after the second turn will move from position A1 to position A2, forming a second wreath. The distance parallel to the axis of the cone from point A0 to point A1, is the tour of a conical helix. Projection around the axis of the cone will be a spiral of Archimedes, and the front one – will be sine wave with a decreasing altitude of wreaths (“decaying curve”). Parametric equations of the line will be:  $x = a \cos t, y = a \sin t, z = bt$  provided that the point moves at a constant speed, and the cone rotates evenly around its axis at a constant angular velocity. From a technical point of view, a helix is a trace of movement of the cutting tool along the workpiece, however, these dependencies are only suitable for the case when the instrument has an ideal profile, and the movement is of the linear dependence.

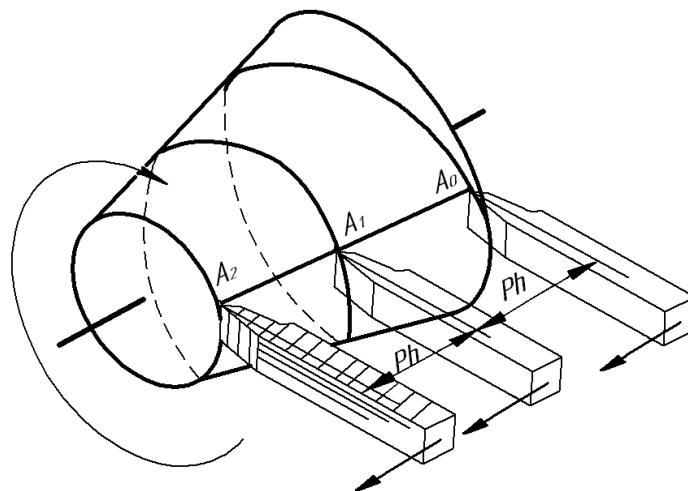


Fig.2

Let's review the model of the formation of the microrelief surface when grinding. We shall introduce the relative coordinate system  $\tilde{X}, \tilde{Y}, \tilde{Z}$  associated with the cutting tool. Let the cutting edge be a flat curve. In the cutting plane C (front

subspace of the cutting tool) we shall place axes  $\tilde{X}$  and  $\tilde{Y}$  so that  $\tilde{X}$  axis is parallel to the nominal surface (i.e. to the XOY plane of absolute coordinate system), and  $\tilde{Z}$  axis is perpendicular to  $\tilde{X}$  axis.  $\tilde{Y}$  axis shall be positioned normal to the plane of the cutting edge (Fig. 3). [3]

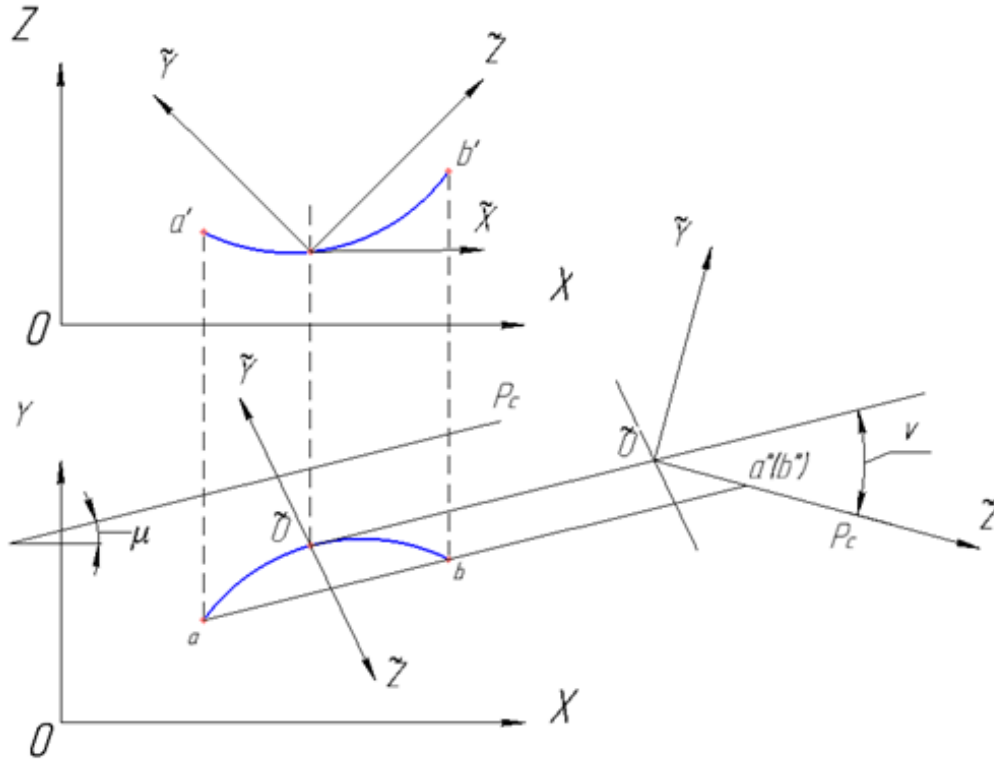


Fig. 3 – Relative coordinate system

The origin of the relative coordinate system is compatible with the apex of the cutting edge. The position of the relative coordinate system is defined by three coordinates  $x_0, y_0, z_0$  of the origin of coordinates and rotation angles  $\mu$  and  $\nu$  of the plane of the cutting edge in relation to the absolute coordinate system.  $\mu$  angle is equal to the angle between the trace of  $P_c$  plane of the cutting edge on XOY plane and  $\tilde{X}$  axis.  $\nu$  angle is equal to the angle between C plane of the cutting edge and XOY plane. Let's define the equation of the cutting edge in the relative coordinate system in the form:  $\tilde{Z} = F(\tilde{x})$ ,  $\tilde{y} = 0$ .

The equation of the cutting edge in the absolute coordinate system has the form:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} + A \begin{bmatrix} \tilde{x} \\ 0 \\ F(\tilde{x}) \end{bmatrix}, \text{ where the first vector represents the coordinates of the vertex of the cutting edge, and } A$$

transformation matrix has the form  $A = \{a_{ij}\}_{i=1,2,3}^{j=1,2,3} = \begin{bmatrix} \cos \mu & 0 & -\cos \nu \sin \mu \\ \sin \mu & 0 & \cos \nu \cos \mu \\ 0 & 0 & \sin \nu \end{bmatrix}$ .

As the cutting tool is fixed, and the part performs rotational and rectilinear movements touching the cutting tool (i.e.,  $\mu = \text{const}$  and  $\nu = \text{const}$ ), the angular position of the plane of the cutting edge in the absolute coordinate system remains unchanged. Angles  $\mu$  and  $\nu$  that characterize the position of the plane of the cutting edge in the absolute coordinate system of the part, are connected with the cutting tool angles  $\gamma$  (front angle) and  $\lambda$  (the angle of inclination of the cutting edge) under the following relations:

$$\mu = \arctg \left[ \tg \gamma^* \frac{\sin \mu_1}{\cos(\varphi - \mu_1)} \right] \quad \text{if } \gamma^* \neq 0$$

$$\mu = \arctg \left[ \tg \lambda^* \frac{\sin \mu_1}{\sin(\varphi - \mu_1)} \right] \quad \text{if } \lambda \neq 0$$

$$\nu = \arctg \left[ \frac{\tg \mu_1}{\mu} \right] \quad \text{if } \mu \neq 0, \mu_1 \neq 0$$

$$\nu = \arctg \left[ \frac{\sin \varphi}{\tg \lambda} \right] \quad \text{if } \mu = \mu_1 = 0$$

$$\text{где } \mu_1 = \varphi - \arctg \left[ \frac{\tg \lambda}{\tg \gamma^*} \right], \quad \gamma^* = -\gamma, \quad \varphi - \text{Cutter plan angles}$$

The equation of the guide line is obtained from the equation of the instantaneous normal deviations:

$$\Delta = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \Delta \varepsilon_y)^2 + (K_2 \Delta_y)^2 + (K_3 \Delta_H)^2 + (K_4 \Delta_u)^2 + (K_5 \Sigma \Delta_{cm})^2 + (K_6 \Sigma \Delta_m)^2} \quad [4]$$

(where  $K$  is the coefficient of relative scattering of the output parameter,

$K_i$  is the coefficient of relative scattering of elementary errors, which characterizes the ratio of the error scattering field in the normal law of distribution to the actual scattering field) and equations of the scanning movement [3]:

$$\psi = \Omega \tau - \beta K, \quad \psi_0 \geq \psi \geq \psi_I, \quad K = INT \left[ \frac{\Omega \tau}{\beta} \right],$$

where  $\psi_I$  is the entry angle of the cutting edge in the treated workpiece surface,

$\psi_0$  is the exit angle of the edge from the treated workpiece surface,

INT is a sign of extracting the integer part of the expression,

$\Omega$  is the angular velocity of the main movement.

The guide line equation takes the form:

$$\psi_z = \psi_I + \Omega \tau + \delta \psi(\tau), \quad K = INT \left[ \frac{\psi_z}{2\pi} \right], \quad \psi = \psi_z - 2\pi K,$$

$$\bar{x} = s_0 \Omega \tau + \delta x(\tau), \quad \bar{y} = \psi r_\theta + \delta y(\tau), \quad \bar{z} = r_\theta + \delta z(\tau).$$

where  $\psi_I$  is the angle of rotation of the workpiece at the moment of  $\tau = 0$

$s_0$  is the reverse flow

$r_\theta$  is the difference between the radii of the bases of the truncated cone part.

$$x = S_0 (\alpha + 2\pi K) + a_{11} \tilde{x} + a_{13} (r - \sqrt{r^2 + \tilde{x}^2}),$$

$$y = \alpha R + a_{21} \tilde{x} + a_{23} (r - \sqrt{r^2 - \tilde{x}^2}),$$

$$z = R + a_{23} (r - \sqrt{r^2 - \tilde{x}^2}).$$

The equation of the real surface can be written as:

Having the real surface equation, we shall define roughness parameters:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_n \quad R_z \text{ is the height of the roughness at ten points;}$$

$$R_z = \left( \sum_{i=1}^5 H_{i\max} - \sum_{i=1}^5 H_{i\min} \right) / 5$$

where  $H_{i\max}$  is the height of the  $i$ -th largest profile peak

$H_{i\min}$  is the depth of the  $i$ -th largest profile valley

$L$  is the basic length

$n$  is the number of selected points of the profile on the basic length

Conclusions:

1. The idea of the formation of microrelief surface when grinding has been formulated.
2. The mathematical model of the formation of real surface when processing by the cutting tool on the cone surface has been developed.
3. The formula for calculating the surface roughness for the real surface has been derived.

#### References

1. V.G. Kaimin, F. S. Sabirov. The influence of dynamic characteristics of the machine on the quality of the treated surface // International Research Journal, issue: 2-1 (21) 2014 (pages 91-92)
2. F.S. Sabirov, V.G. Kaimin, A.N. Petrov. The influence of vibrations of the machine on the quality of the treated surface // Modern trends in metalworking technologies and structures of metalworking machines and components. Interuniversity Scientific Collection. Ufa State Aviation Technical University, 2014, pages 117-120
3. F. S. Sabirov. Productivity and accuracy of the workspace of machine tools. / Moscow. FGBOU VPO MGTU "STANKIN", 2012, page 175.
4. Guide of mechanical engineering technologist. Edited by A.G. Kosilova and R. K. Meshcheryakov. Volumes 1 and 2. Moscow. Mechanical Engineering, 1985.

Логвинов И.Н.<sup>1</sup>, Скородумов В.А.<sup>2</sup>, Скородумов В.А.<sup>2</sup>, Козлова Т.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Эксперт по подъемным сооружениям экспертной организации

ООО «НПП «ПромТЭК», г. Ростов-на-Дону,

<sup>2</sup>эксперт по подъемным сооружениям экспертной организации ООО «ЮгПроектКонсалтинг», г. Новочеркасск,

<sup>3</sup>аспирант Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И.Платова

## УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ПАССАЖИРСКИХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГАХ

### Аннотация

*Настоящая работа посвящена повышению уровня безопасности при эксплуатации пассажирских канатных дорог, путем совершенствования устройств безопасности. Представлен обзор современных устройств безопасности, применяемых на пассажирских канатных дорогах. Целью данной работы является ознакомление с устройством современных средств контроля различных параметров при работе канатной дороги.*

**Ключевые слова:** канат, зажим, диафрагма, канатная дорога, устройство контроля.

Logvinov I.N.<sup>1</sup>, Skorodumov V.A.<sup>2</sup>, Skorodumov V.A.<sup>2</sup>, Kozlova T.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Expert on lifting constructions of expert organization ООО «PromTEK», Rostov-on-Don,

<sup>2</sup>Expert on lifting constructions of expert organization ООО «JugProektKonsalting», Novocherkassk,

<sup>3</sup>Postgraduate student of South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

## SAFETY DEVICES USED FOR PASSENGER ROPEWAYS

### Abstract

*This article is devoted to increase of the level of safety at operation of passenger ropeways by improvement of safety controls. The review of the modern safety controls used on passenger ropeways. The purpose is an acquaintance with modern control devices structure of various parameters during the work of a ropeway.*

**Keywords:** rope, clip, diaphragm, ropeway, control device

Последние годы характеризуются интенсивным развитием подвешного канатного транспорта в России. С 2010 г. было введено в эксплуатацию только в Красной Поляне, Домбае, Архызе, Приэльбрусье более 120 пассажирских канатных дорог (ПКД). На смену обычным кресельным дорогам пришли современные высокоскоростные дороги с отцепляемым подвижным составом протяженностью до 10 км, пропускной способностью до 3 тысяч пассажиров в час и скоростью перемещения до 12 м/с, что требует привлечения дополнительных мер безопасности [1].

При проектировании канатных дорог и горнолыжных комплексов вопросы безопасности для пассажиров и для обслуживающего персонала являются первостепенными и решаются в процессе взаимодействия проектировщиков, конструкторов, изготовителей и заказчика канатных дорог. По сравнению с другими транспортными средствами канатные дороги имеют относительно низкую степень риска. При этом требования к эксплуатационному персоналу (квалификация, знания, дисциплина, соблюдение всех правил эксплуатации и техники безопасности) очень высокие [2] и аналогичны требованиям, применяемым для городского общественного транспорта, такого как метро, автотранспорт, трамваи и т.п. Техника в области проектирования и строительства канатных дорог достигла очень высокого уровня развития, и продолжается процесс ее совершенствования. Первостепенное внимание уделяется вопросам повышения безопасности этого вида подъемных сооружений, что уменьшает вероятность возникновения аварийных ситуаций, связанных с отказами техники [3]. Для этого на канатных дорогах постоянно совершенствуются и добавляются новые устройства и приборы безопасности, которые контролируют различные параметры работы ППКД.

Защитные устройства включены последовательно в различные места подвесной дороги. Они включают в себя:

- детекторы схода каната;
- кнопки остановки;
- ворота на концах трассы;
- прочие устройства.

Размыкание цепи одного или более защитных устройств, утечка на землю, короткое замыкание или повреждение линии вызовет изменение состояния линии или ее отключение. Это вызовет срабатывание защитного модуля, который мгновенно остановит дорогу.

Контроль положения шкива тягового каната предназначен для определения положения профиля венца шкива. Это устройство находится на приводной и обводной станции. Срабатывание этого устройства контроля означает прекращение работы установки. Возможными причинами могут быть воздействия окружающей среды (обледенение) или увеличение зазора опорного узла (повреждение подшипников).

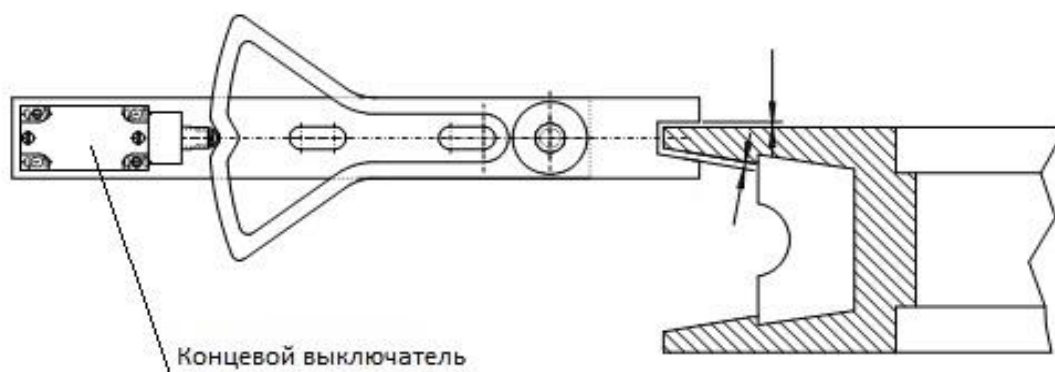


Рис. 1 – Устройство контроля положения шкива тягового каната

Устройство контроля проворачивания шкива предназначено для выявления проворачивания трубы кронштейна (ось) в случае повреждения подшипников. Это устройство находится на приводной и поворотной станции.

Во всех опорных узлах шкивов на креплении трубы кронштейна имеется канавка. Как только труба кронштейна начинает вращаться, срабатывает концевой выключатель с прекращением работы установки. Возможными причинами могут быть воздействия окружающей среды (обледенение) или увеличение зазора опорного узла (повреждение подшипников), или срабатывание опорного узла аварийного хода.



Рис. 2 – Устройство контроля проворачивания шкива тягового каната

Устройство с ломающимся проводником для роликовых балансиров служит для обнаружения схода каната, блокировки или потери ролика. Как только отключающий элемент ломает U-образный ломающийся проводник, цепьтокабезопасности размыкается, происходит немедленная остановка дороги.

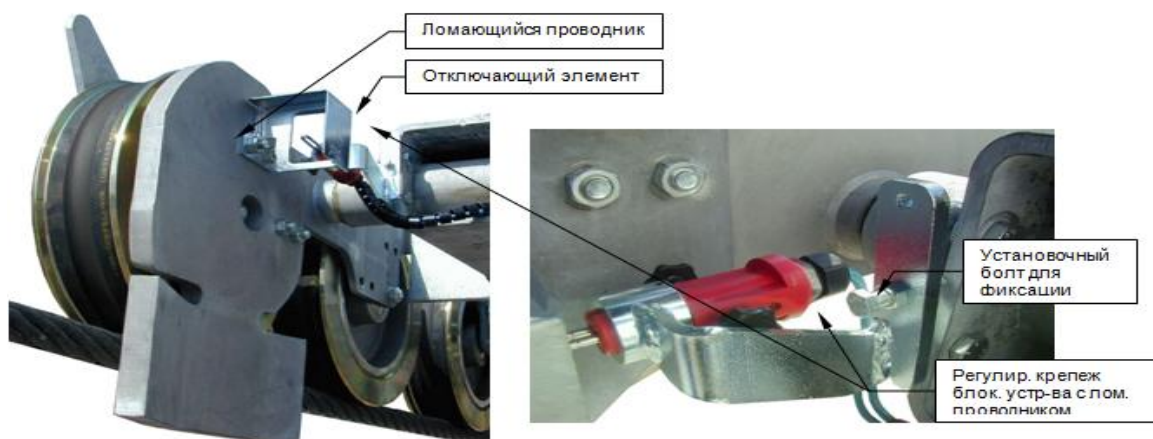


Рис. 3 – Устройство с ломающимся проводником для роликовых балансиров

Устройство контроля отцепления зажима (зажим не открыт). Это контрольное устройство проверяет, открыт ли зажим после отцепления. При неоткрытом и зафиксированном зажиме неправильное положение расцепляющего рычага распознается контрольной диафрагмой переключающей кулисы, и дорога останавливается.

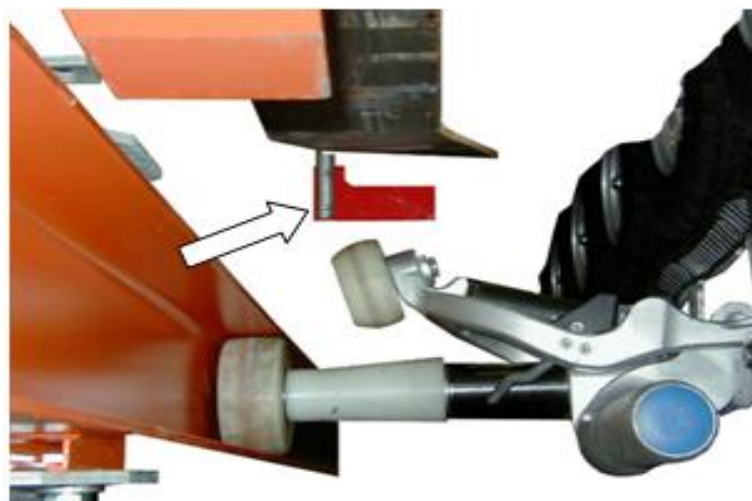


Рис. 4 – Устройство контроля отцепления зажима

Контроль положения зажима перед выездом осуществляется контрольным устройством, которое проверяет правильное положение зева для каната зажима перед выездом. Если положение зажима неправильное (напр., зажим закрыт перед выездом, смещение по горизонтали и по высоте и т.д.), то дорога останавливается.

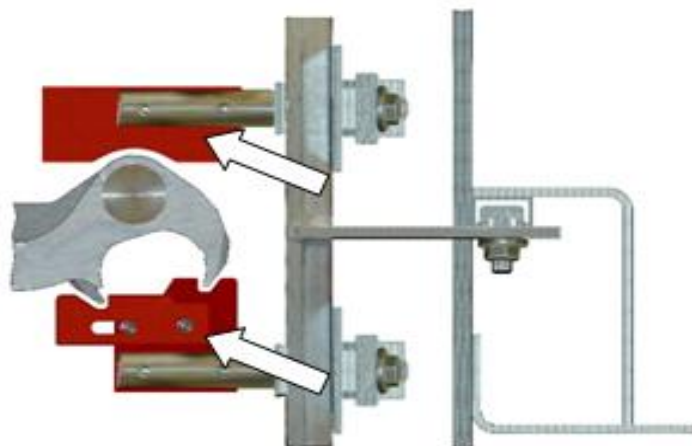
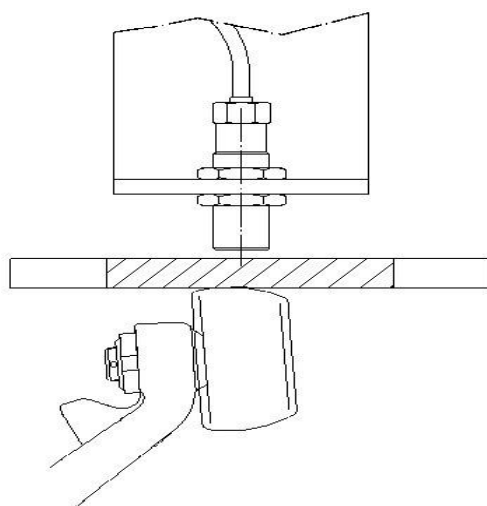
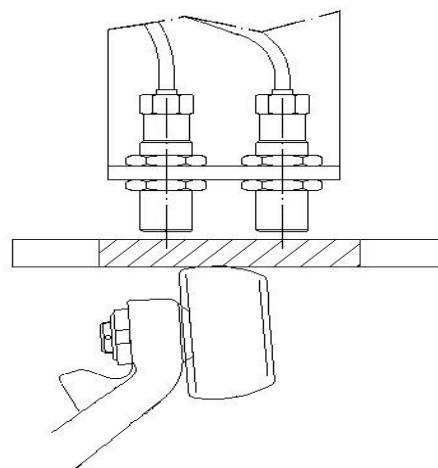


Рис. 5 – Неправильное положение зажима перед выездом

Электрическое устройство контроля усилия зажима. В месте сцепки-расцепки согласно исполнению 1 или 2 установлены измерительные сенсорные элементы. Во время процесса отцепления они измеряют деформацию эластичной измерительной пластины отцепляющей направляющей. По степени деформации определяется усилие зажима.



Исполнение с 1 сенсорным элементом



Исполнение с 2 сенсорными элементами

Рис. 6 – Электрическое устройство контроля усилия зажима



Устройство контроля зацепления зажима и контроль изменения диаметра каната  $\pm 10\%$  контролируют правильное положение расцепляющего рычага зажима после зацепления на несуще-тяговом канате. Одновременно контролируется рабочий диапазон зажима. Если расцепляющий рычаг находится в неправильной позиции (не закрыт, а также если зажим находится за пределами рабочего диапазона), то срабатывает одна из двух контрольных диафрагм, и дорога останавливается отключающей кулисой с выключателем.



Рис. 7 – Устройство контроля зацепления зажима и диаметра каната 10%

Контрольная диафрагма состоит из двух откидывающихся шаблонов. Она имеет форму контура закрытого зажима на канате. Контрольные диафрагмы устанавливаются за местом расцепки зажима при выезде и перед местом сцепки при въезде (придвижении в обратном направлении) и имеют своей задачей контролировать правильное положение зажима на тягово-несущем канате.

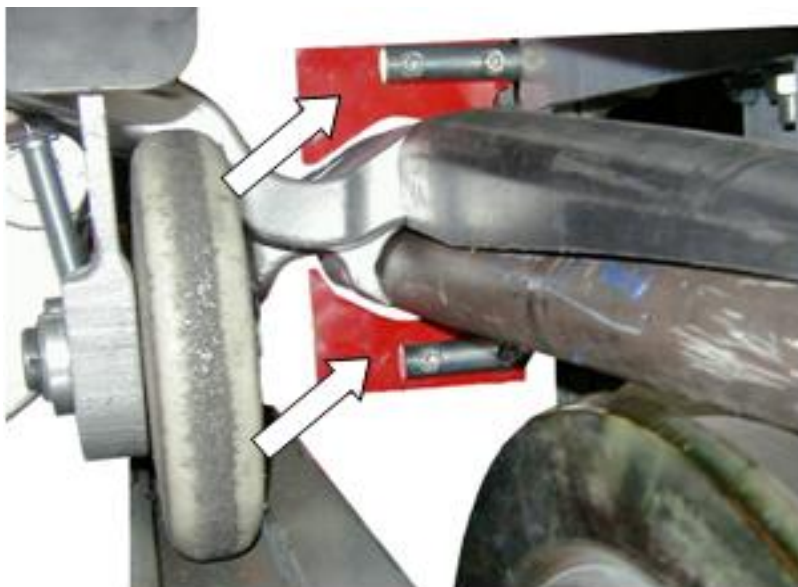


Рис. 8 – Контрольная диафрагма

Регистрация пути, проходимого канатом, производится с помощью импульсного ролика с отключающим венцом и аппроксимационных датчиков (называемых также "датчиками Bero").

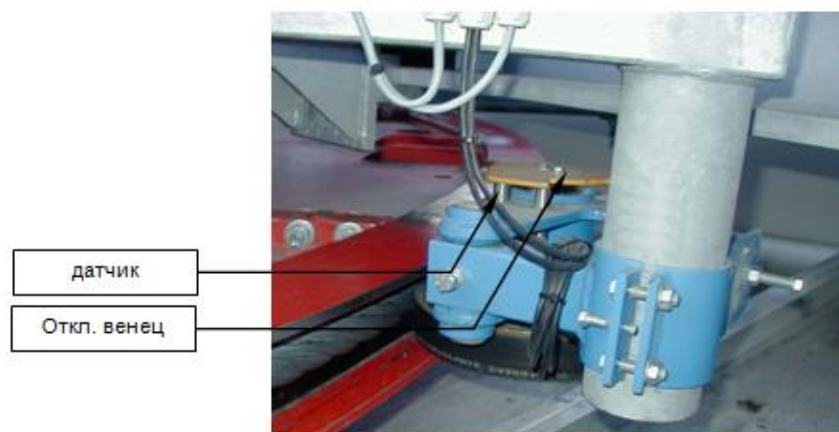


Рис. 9 – Устройство контроля пройденного пути каната

Устройства контроля положения каната по вертикали и горизонтали проверяют перед началом отцепления правильность положения каната, как по вертикали, так и по горизонтали. Вертикальное или горизонтальное прохождение каната распознается контрольным выключателем, и дорога останавливается. Этот выключатель установлен непосредственно на участке сцепки-расцепки.



Рис. 10 – Устройства контроля оложение каната по вертикали (а) и горизонтали (б)

Система контроля прохождения подвесок служит для предотвращения столкновения позади идущего средства подвижного состава на впереди идущее в зоне станции. Это происходит в результате разделения зоны въезда и выезда на участки, которые средство подвижного состава должно проходить за определенный отрезок времени, измеряемый импульсными датчиками на канате. Путь, пройденный канатом, учитывается датчиком импульсного ролика. Прохождение зоны учитывается так называемым сигнальным датчиком контроля положения зажима в этой зоне. В зоне путь, который должно пройти средство подвижного состава, соответствует совершенно определенному количеству импульсов пути каната. Если кабина остается в этой зоне, то дорога останавливается после определенного количества импульсов перехода. Так предотвращается сцепление подвесок.

Таким образом, современные системы управления пассажирскими канатными дорогами интегрированы к подключению новых приборов и устройств безопасности без изменения схемы. На сегодняшний день канатные дороги считаются одним из самых безопасных видов транспорта.

#### Литература

1. Фрагменты истории развития канатных дорог в нашей стране. [электронный ресурс] URL: [http://www.gorimpex.ru/novosti/fragmenty-istorii-ra\\_431](http://www.gorimpex.ru/novosti/fragmenty-istorii-ra_431) (дата обращения 12.07.2015).
2. ПБ 10-39-93 «Правила устройства и безопасной эксплуатации пассажирских подвесных канатных дорог (ППКД)» (Утв. Госгортехнадзора России Пост. от 26.10.1993 № 41)
3. ПБ 10-559-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации пассажирских подвесных и буксировочных канатных дорог» (Утв. Госгортехнадзора России Пост. от 16.05.2003 № 32)

#### References

1. Fragmenty istorii razvitiya kanatnyh dorog v nashej strane. [jelektronnyj resurs] URL: [http://www.gorimpex.ru/novosti/fragmenty-istorii-ra\\_431](http://www.gorimpex.ru/novosti/fragmenty-istorii-ra_431) (data obrashhenija 12.07.2015).
2. PB 10-39-93 «Pravila ustrojstva i bezopasnoj jekspluatcii passazhirskih podvesnyh kanatnyh dorog (PPKD)» (Utv. Gosgortehnadzora Rossii Post. ot 26.10.1993 № 41)
3. PB 10-559-03 «Pravila ustrojstva i bezopasnoj jekspluatcii passazhirskih podvesnyh i buksirovochnykh kanatnyh dorog» (Utv. Gosgortehnadzora Rossii Post. ot 16.05.2003 № 32)



**Митрофанов Д.Г.**

Доктор технических наук,

Общество с ограниченной ответственностью

"Смоленский научно-инновационный центр радиоэлектронных систем "ЗАВАНТ"

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОПЛЕРОВСКИХ  
ПОРТРЕТОВ КАК ПРИЗНАКОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ**

*Аннотация*

*В статье изложены результаты обработки данных натурных экспериментов по регистрации отраженных воздушными объектами сигналов в интересах изучения возможностей их идентификации по совокупности признаков, извлекаемых из структуры доплеровских портретов. Проверен подход использования сверхразрешения при извлечении признаков.*

**Ключевые слова:** доплеровский портрет, признак идентификации, распределение признаков.

**Mitrofanov D.G.**

PhD in Engineering,

Limited liability company of «Smolensk science-innovation radio electronic systems center «Zavant»

**DEVELOPMENT USAGE OF DOPPLER PORTRAIT AS THE FEATURES OF OBJECT IDENTIFICATION**

*Abstract*

*The results of processing of data of the nature experiments on the registration of the Air Objects reflected signals in the interests of studying their virtual identification by the cumulative evidence taking out of the Doppler Portrait structure are developed. The access of superresolution usage by the feature extraction is tested.*

**Keywords:** Doppler Portrait, feature of identification, feature distribution

Устройства идентификации объектов все чаще используются в сложных технических системах гражданского и военного назначения. В области криминалистики с помощью таких устройств отождествляются лица и почерки, в картографии – ландшафты и дрейфы, а в радиолокации – объекты, отличающиеся типажом, важностью и назначением.

Для работы устройств идентификации используют группы специфических признаков разной информативности. Скалярные признаки, как правило, просты в обращении, но слабоинформативны. Векторные же признаки требуют особо сложных алгоритмов выделения, но вносят более ощутимый вклад в достоверность идентификации.

В локационных системах для классификации (идентификации) воздушных объектов (ВО) стремятся использовать такие векторные признаки как радиолокационные портреты [1,2]. В этом смысле для типовых когерентно-импульсных систем, основанных на сигналах с ограниченным спектром, речь может идти только о поперечных, то есть доплеровских портретах (ДП), формирование которых базируется на принципе инверсного синтеза апертуры [3].

Скептическое отношение к ДП как признаку идентификации уже неоднократно развеивалось результатами экспериментов, в том числе и натурных. Была показана возможность различения самолетов разных размеров по протяженности ДП, то есть пригодность ДП для классификации [4]. Однако векторные признаки, будучи высокоинформативными, должны решать более фундаментальные задачи, к которым относится идентификация (различение объектов равных размеров, но различной архитектуры).

Для исследования информационных возможностей ДП проведены натурные эксперименты по проверке устойчивости их структуры к изменению частоты зондирования и по построению гистограмм вторичных различительных признаков ДП, используемых при идентификации.

Первая серия натурных экспериментов показала, что при абсолютном расхождении отражательных характеристик (ОХ) ВО, сформированных в идентичных условиях сопровождения на разных частотах зондирования, структура формируемых из ОХ портретов во многом схожа и изменяется по единому закону. В качестве подтверждения на рис. 1 продемонстрирована динамика (процесс эволюций) структуры ДП аэробуса А-319, сопровождаемого двумя локаторами с разнесом частот порядка 110 МГц.

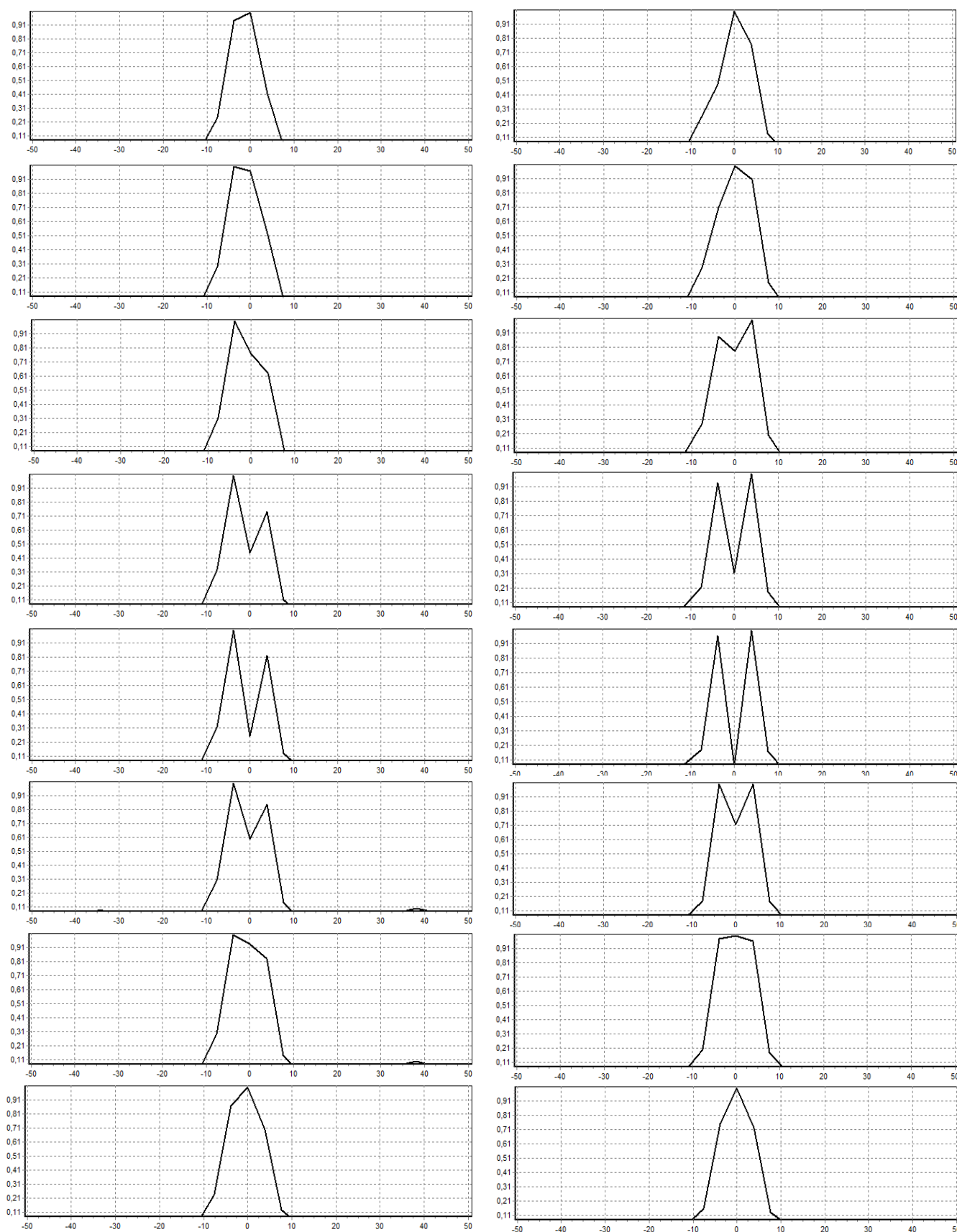


Рис. 1 – Синхронная динамика ДП в локахорах с разными частотами

Время синтезирования составляло 0,256 с. Ракурс полета А-319 был близок к  $\pi/2$ . Исследуемое время трансформации ДП составляло 2 с. Лево́й и право́й колонкам ДП соответствует периодичное изменение времени с шагом 0,25 с для двух, не совпадающих по частоте радаров. Легко заметить, что одnogорбая структура ДП в обоих локахорах сначала разделяется на 2 отклика, а затем синхронно сливается в один отклик. При этом абсолютного совпадения ДП не зарегистрировано. Моменты разделения и слияния откликов в ДП также имеют расхождения, однако столь малое, что оно не может повлиять на результаты идентификации.

Изучение эволюций структуры ДП различных ВО показало, что при времени синтезирования  $T_c=0,5$  с и более структура портрета изменяется со временем очень активно, и маловероятна ситуация постоянства скорости поворота ВО в течение такого интервала. Затруднен в этом случае и выбор корреляционным способом информативного интервала синтезирования, на котором угловая скорость за счет рысканий планера близка к нулевой [5]. А снижение  $T_c$  до 0,3 с, рекомендуемых автором [6], приводит к тому, что структура ДП на большинстве интервалов становится бедной откликами, число которых не превышает 2–3.

В этом и заключается основное противоречие метода: для повышения информационных свойств ДП время  $T_c$  необходимо увеличивать, чего нельзя делать в интересах снижения влияния неравномерных угловых поворотов планера ВО при рысканиях в турбулентной атмосфере. Так возникла задача повышения частотной разрешающей способности в ДП при ограниченности времени когерентного накопления (времени синтезирования), которая может быть решена методами сверхрешеевского разрешения [7]. Пригодность и продуктивность методов сверхразрешения в задачах извлечения из структуры ДП идентификационных признаков проверялась построением гистограмм распределения этих признаков. Была выдвинута гипотеза о том, что повышение информационных свойств признаков, выделяемых из ДП методами сверхразрешения, позволит определять типы ВО одинаковых размеров в пределах классов. До сих пор ДП обеспечивал различие ВО только разных габаритов [4]. Иначе говоря, эффективное использование ДП ограничивалось задачами классификации ВО.

Предварительная проверка гипотезы была проведена путем построения ДП методом линейного предсказания (одним из методов сверхразрешения) из экспериментальных выборок, приводящих при традиционном синтезировании к формированию односторонних, не различающихся по структуре ДП объектов различного поперечного размера. В качестве ВО использовались аэробус А-319, военный самолет МиГ-25 и легкомоторный спортивный аппарат Як-52. Портреты этих трех ВО при  $T_c=0,256$  с, использовании стандартного преобразования Фурье, применении алгоритмов компенсации влияния радиальной скорости, ускорения и турбовинтового эффекта имели в своем составе один спектральный отклик, что наглядно отражено на рис. 2 ломаными огибающими 3. При использовании метода линейного предсказания ДП ВО модифицировались в портреты с несколькими откликами (кривые 1 на рис. 2). А истинные положения экстремумов в ДП, соответствующих взаимному расположению рассеивателей на поверхности ВО, и амплитуды откликов, полученные методом сверхразрешения, показаны на рис. 2 вертикальными отрезками 2. Не различающиеся ранее по числу откликов ДП объектов разных габаритов в модифицированных ДП имеют существенные различия, причем более крупным объектам соответствует большее число откликов в портрете, что согласуется с теоретическими представлениями [2,8].

Однако отдельные частные ДП не позволяют судить об их устойчивых закономерных свойствах. Поэтому портреты различных ВО были рассмотрены в динамике с извлечением из их структуры разных вторичных признаков идентификации в интересах выбора наиболее информативных. При этом изменялся и сам порядок статистической обработки отражений, а именно рассматривалось группирование признаков в пределах всей ОХ, а также только на ее информативном интервале со средними значениями коэффициентов автокорреляции.

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



Мы настоятельно рекомендуем всем нашим авторам зарегистрироваться в системе **Science Index РИНЦ**.

Таким образом, авторы могут более детально контролировать список своих публикаций, не только в нашем журнале, но и во всех научных изданиях, входящих в РИНЦ. Регистрация в системе также позволит узнать индекс научного цитирования автора и его публикаций.

Подробную инструкцию по регистрации в системе Science Index РИНЦ Вы можете найти на нашем сайте <http://research-journal.org/> в разделе «Полезно знать».

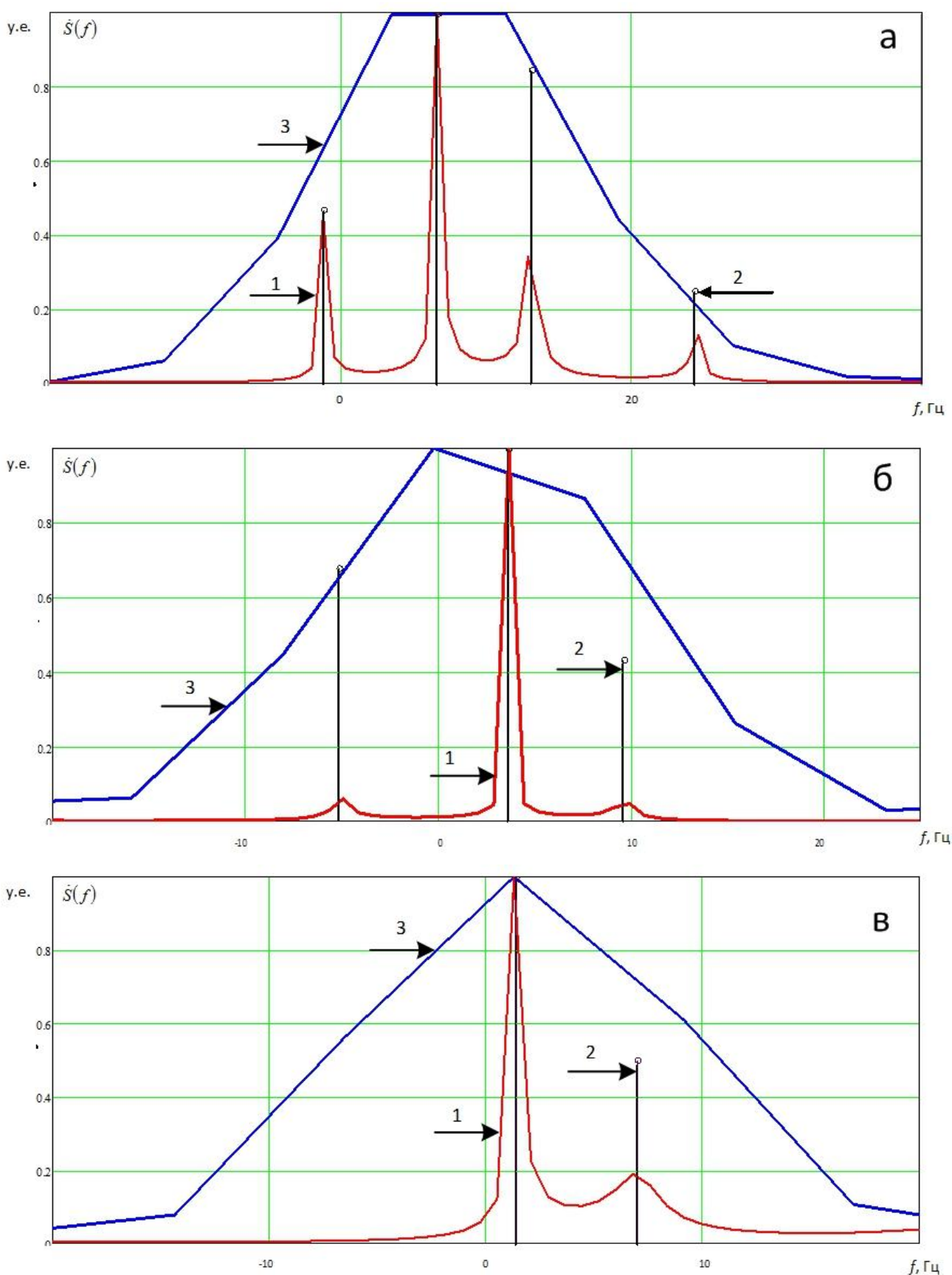


Рис. 2 – Виды ДП ВО разных размеров: а – А-319; б – МиГ-25; в – Як-52

Для рассмотрения задач идентификации все ВО были разделены по размерам на 3 класса. Классификация была построена с учетом границ габаритов 15 и 30 метров. В класс крупных входили Боинг-747, Ил-76 и аэробус А-319. В классе среднеразмерных значились Су-24, Ан-26 и МиГ-25. К малым ВО были отнесены самолеты Л-39, Ан-2 и Як-52. Тщательно исследовались только отдельные вторичные признаки, а именно ширина А1 ДП (протяженность между крайними составляющими в портрете) и сумма А2 произведений частотных удалений между смежными составляющими (откликами) в ДП на среднее арифметическое их амплитуд. Количество А3 составляющих в ДП как вторичный признак для идентификации ВО оказалось непригодным, так как разные величины этого признака

присущи только объектам разных классов. В пределах же класса число откликов практически всегда одинаково (у крупных – 4, у средних – 3, у малоразмерных – 2).

Построение гистограмм вторичных признаков показало, что без применения методов сверхразрешения признаки не дают удовлетворительных оценок. Области пересечения гистограмм значительны, что определяет большие ошибки перепутывания объектов. Ширина ДП, измеренная между пиками откликов, выделенных методом сверхразрешения, позволяет различать объекты в классах только на информативных интервалах обработки. Причем области пересечения гистограмм становятся допустимо малыми даже для ВО малых размеров. Аналогичный результат получен и относительно второго признака А2. Впрочем для некоторых ВО ошибки (области пересечения) остаются значительными. Например, гистограммы признака А2 для самолетов Су-24 и Ан-26 перекрываются почти на половину. Очень важным результатом является то, что области перекрытия гистограмм разных признаков отличаются и ошибки перепутывания по одному признаку могут компенсироваться хорошими расхождениями гистограмм по другому. Наилучшие оценки идентификации, судя по гистограммам распределения, могут быть получены для более габаритных объектов. Направлениями дальнейших исследований являются формирование гистограмм иных признаков ДП, а также получение количественных показателей идентификации по расширенной совокупности признаков.

Таким образом, натурными экспериментами подтверждены устойчивость структуры ДП к изменению частоты зондирования и возможность проведения идентификации ВО одинаковых габаритов в пределах классов, что отрицалось ранее некоторыми исследователями. Полезность сверхразрешения при выделении из ДП признаков идентификации подтверждена уменьшением областей перекрытия гистограмм признаков отдельных ВО.

#### Литература

1. Радиолокационные системы. Справочник. Основы построения и теория/ Под ред. Я.Д. Ширмана. М., Радиотехника, 2007. 510 с.
2. Митрофанов Д.Г. Комплексный адаптивный метод построения радиолокационных изображений в системах управления двойного назначения // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2006. – № 1. – С. 101–118.
3. Митрофанов Д.Г. Построение двумерного изображения объекта с использованием многочастотного зондирующего сигнала // Измерительная техника. – 2001. – № 2. – С. 57–62.
4. Митрофанов Д.Г., Прохоркин А.Г., Нефедов С.И. Измерение габаритов летательных аппаратов в условиях турбулентности на основе инверсного синтезирования апертуры // Измерительная техника. – 2008. – № 8. – С. 24–28.
5. Митрофанов Д.Г. Метод построения радиолокационных изображений аэродинамических летательных аппаратов // Полет. – 2006. – № 11. – С. 52–60.
6. Стайнберг Б. Д. Формирование радиолокационного изображения самолета в диапазоне СВЧ // ТИИЭР, 1988. – Т. 76. – № 12. – С. 26–46.
7. Григорян Д.С., Климов С.А., Митрофанов Д.Г., Прохоркин А.Г. Результаты обработки сигналов радиолокатора сопровождения методами цифрового спектрального анализа со сверхразрешением групповой цели по дальности и скорости // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 5–11.
8. Митрофанов Д.Г. Формирование двумерного радиолокационного изображения цели с траекторными нестабильностями полета // Радиотехника и электроника. РАН. – 2002. – № 7. – С. 852–859.

#### References

1. Radiolokacionnye sistemy. Spravochnik. Osnovy postroenija i teorija/ Pod red. Ja.D. Shirmana. M., Radiotekhnika, 2007. 510 s.
2. Mitrofanov D.G. Kompleksnyj adaptivnyj metod postroenija radiolokacionnyh izobrazhenij v sistemah upravlenija dvojnogo naznachenija // Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravlenija. – 2006. – № 1. – S. 101–118.
3. Mitrofanov D.G. Postroenie dvumernogo izobrazhenija ob#ekta s is-pol'zovaniem mnogochastotnogo zondirujushhego signala // Izmeritel'naja tehnika. – 2001. – № 2. – S. 57–62.
4. Mitrofanov D.G., Prohorkin A.G., Nefedov S.I. Izmerenie gabaritov letatel'nyh apparatov v uslovijah turbulentnosti na osnove inversnogo sintezirovanija apertury // Izmeritel'naja tehnika. – 2008. – № 8. – S. 24–28.
5. Mitrofanov D.G. Metod postroenija radiolokacionnyh izobrazhenij ajerodinamicheskikh letatel'nyh apparatov // Polet. – 2006. – № 11. – S. 52–60.
6. Stajnberg B. D. Formirovanie radiolokacionnogo izobrazhenija samoleta v diapazone SVCh // TIIEr, 1988. – T. 76. – № 12. – S. 26–46.
7. Grigorjan D.S., Klimov S.A., Mitrofanov D.G., Prohorkin A.G. Rezul'taty obrabotki signalov radiolokatora soprovozhdenija metodami cifrovogo spektral'nogo analiza so sverhrazresheniem gruppovoj celi po dal'nosti i skorosti // Radiotekhnika. – 2013. – № 9. – S. 5–11.
8. Mitrofanov D.G. Formirovanie dvumernogo radiolokacionnogo izobrazhenija celi s traektornymi nestabil'nostjami poleta // Radiotekhnika i jelektronika. RAN. – 2002. – № 7. – S. 852–859.

Нартова Л.Г.<sup>1</sup>, Гузненков В.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор педагогических наук, профессор,

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет МАИ);

<sup>2</sup>доктор педагогических наук, доцент,

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

## ИДЕИ И МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИКЕ

*Аннотация*

*Рассматриваются начертательная геометрия и прикладная геометрия, как учебные и научные дисциплины. Приведен пример практического использования методов начертательной геометрии и прикладной геометрии при решении задач конструирования технических поверхностей летательных аппаратов.*

**Ключевые слова:** начертательная геометрия, прикладная геометрия, геометрическое моделирование.

Nartova L.G.<sup>1</sup>, Guzenkov V.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Pedagogy, Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University)

<sup>2</sup>PhD in Pedagogy, Bauman Moscow State Technical University

## IDEAS AND METHODS OF APPLIED GEOMETRY AND THEIR APPLICATIONS IN ENGINEERING

*Abstract*

*Considered descriptive geometry and applied geometry, as educational and scientific disciplines. An example of the practical use of methods of descriptive geometry and applied geometry in solving the technical design of aircraft surfaces.*

**Keywords:** descriptive geometry, applied geometry, geometric modeling.

Начертательная геометрия, как учебный предмет и теоретическое обоснование нового геометрического знания, возникла еще в 19 веке [1]. Ее основателем, как моногамной геометрической области знания, считается по праву выдающийся французский геометр, член Национального института в Париже (который соответствовал по своему научному статусу Академии Наук) Гаспар Монж.

В то далекое время все крупные ученые, как правило, обладали большой эрудицией в различных областях научного знания. Это с полным правом можно отнести к весьма разносторонней научной деятельности Г. Монжа. Ему принадлежат серьезные теоретические изыскания в области математического анализа, в установлении тесных связей с высшей геометрией, в том числе и дифференциальной, и серьезные геометрические интерпретации уже известных научных дисциплин.

В классическом понимании, начертательная геометрия представляет собой ветвь высшей геометрии, основанной на широком применении метода проекционных изображений [2]. Именно так и классифицировал ее и сам Гаспар Монж. Однако, с течением времени, она все больше и больше обрела глубокой общностью рассуждений, свойственной каждой математической науке. Одновременно возрастала и возможность ее поистине универсального применения в исследовании и конструировании объектов различной природы. Начертательная геометрия все больше и больше начинает играть определенную роль и в математике, физике, химии, кристаллографии и даже в педагогике (параметрический метод построения проекций), и в психологии (в проблемах восприятия пространства различного числа измерений), и т.д. [3].

Все это дало возможность еще в прошлом веке отметить характерный двойственный характер начертательной геометрии, причислив ее окончательно к числу прикладных наук, и присвоить ей название – прикладная геометрия. Это немаловажное обстоятельство и позволяет ей выживать и эффективно развиваться в столь долгом временном периоде.

В частности об этом всерьез и основательно упоминается в книге Джона Хоргана «Конец науки»: «Прикладная наука будет жить долгое время, т.к. ученые продолжают разработку новых универсальных материалов:

- более быстрых и сложных компьютеров;
- новых и более перспективных генно-инженерных технологий, делающих нас здоровее, сильнее, увеличивающих продолжительность жизни, и опирающихся на современные достижения математики, в том числе и высшей геометрии...».

В этой связи уместно отметить тот факт, что важнейшей особенностью всякого геометрического знания является поистине универсальная возможность его применения. Так еще академик А.Н. Колмогоров писал: «... однако везде, где это возможно, математики стремятся сделать изучаемые ими проблемы геометрически наглядными, поэтому геометрическая интуиция, геометрическое воображение, пространственные представления, геометрические интерпретации играют существенную роль в процессе изучения различных разделов математики, физики и т.д.». Научно-педагогический комментарий самого Г. Монжа: «Если бы мне снова пришлось начать эту работу (речь идет о написании курса начертательной геометрии), я напечатал бы ее в два столбца: в первом поместил бы решения геометрических задач путем вычисления, а во втором – решения тех же задач, но исполненные путем графических построений. Читатели пожалуй были бы очень удивлены, увидев, что второй столбец почти всегда заслуживал бы предпочтения, как по ясности, так и по простоте доказательств».

Принимая во внимание типологию процесса возникновения новых областей знания, прикладную геометрию можно было бы поместить на границу существования двух основных типов развития наук, типа А и типа С. Поясним это более подробно.

Тип А. Процесс возникновения складывается из возможностей и потребностей исследования новых неизвестных прежде или исследовавшихся спорадически предметных областей.

В нашем случае компонентами является область решения технических задач, основанная на геометрических методах и их интерпретациях, применяющихся в начертательной геометрии плюс САПР (имеется ввиду смысловой эквивалент английского CAD, означающий проектирование с помощью ЭВМ).

Иначе в содержательном смысле – это конструирование, возможности автоматизации которого обеспечиваются использованием цифровых вычислительных средств. В настоящее время все это трактуется как компьютерное геометрическое моделирование [4].

Тип С. Непосредственные связи двух или трех традиционных дисциплин приводят к консолидации предметов отдельных наук и к возникновению пограничных дисциплин. В этом случае ведущую роль приобретают те проблемы, которые разрешаются на стыке отдельных областей знания, а следовательно, возникновение новых областей знания происходит не в результате произвола и субъективных склонностей ученых, а представляет объективный процесс. Образование подобного рода пограничных научных дисциплин не меняло в дальнейшем существовании «материнских дисциплин». Но если говорить о состоянии высшей начертательной геометрии в XX столетии и сейчас, то следует в первую очередь учитывать влияние прикладных задач в области механики, физики, теории механизмов и машин, САПР и фундаментальных результатов вычислительной геометрии [5]. Все это свидетельствует о новом научно прикладном направлении развития наук, воедино связавшем научные основания начертательной геометрии с современными вычислительными методами в процессе конструирования, что и привело к эволюции классической начертательной геометрии в геометрию прикладную. В этом направлении уместно отметить необычайно плодотворную деятельность кафедры прикладной геометрии МАИ, созданной в 1948 году. Под руководством первого заведующего кафедрой действительного члена АПН СССР, доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки и техники профессора Н.Ф. Четверухина были получены замечательные результаты как в научной деятельности так и учебной работе. Теоретические изыскания, положенные в основу начертательной геометрии: теория условных изображений, параметрический метод, обобщение принципов параллельной аксонометрии, позволили Н.Ф. Четверухину создать великолепную научную школу, подготовить и выпустить большое количество аспирантов и докторантов – будущих специалистов широкого профиля в области теоретических основ начертательной геометрии, способных внедрить современные теоретические методы ее преподавания на всей территории Советского Союза и за его пределами.

Этот комментарий позволит лучше понять и оценить значение и силу научного творчества коллектива кафедры прикладной геометрии МАИ. Это дало возможность расширить и углубить круг прикладных задач, решаемых методами начертательной, прикладной геометрии. Ее методы нашли свое блестящее воплощение в CAD/CAM/CAE-системах [6]. Известный специалист в области математического обеспечения CAD/CAM-систем П. Безье отмечал, что создание систем автоматизированного проектирования невозможно без знания геометрии, особенно прикладной геометрии.

Итак, нами отмечено, что прикладная геометрия очень многогранная наука, включающая в себя решение самых сложных геометрических задач разной направленности [7]. В настоящее время решаются задачи геометрического конструирования разных геометрических объектов, в том числе авиационного профиля. Следует отметить, что эти задачи отличаются общностью методов [8], т.к. их решение основано на оптимизации большого количества параметров, входящих в функциональные зависимости, описывающие тот или иной объект, а далее вступают в силу и применяются общие законы автоматизации в их стандартной форме.

Сопоставляя методы начертательной геометрии и номографическое моделирование, можно получить весьма эффективное и изящное решение такой классической задачи как квадратичная интерполяция. С другой стороны, номографические интерпретации плоских кривых, поверхностей приводят к важнейшим понятиям в номографии – понятию криволинейных шкал и сетчатых номограмм, составляющих основу для введения в рассмотрение номограмм более общих классов. Так, например, сетчатые номограммы можно интерпретировать как плоские сечения поверхностей самого общего вида, заданных непрерывными функциями в неявной форме  $F(x,y,z)=0$ , а основным методом начертательной геометрии – метод Монжа можно с успехом применить для конструирования плоских эквивалентов сложных пространственных номограмм. Отметим, что в процессе математической обработки эмпирических данных, а это одна из серьезнейших задач конструирования технических поверхностей, в частности, в создании летательных аппаратов разных классов приходится решать задачу об интерполировании функций определенного типа.

Покажем, как это делается. Предположим, что исходная функциональная зависимость задана в виде таблицы, в которой допустима квадратичная интерполяция. В декартовой системе координат  $(0uv)$  трем парам значений переменных  $(u_1v_1)$ ,  $(u_2v_2)$ ,  $(u_3v_3)$ , взятых из этой таблицы, соответствует интерполяционная кривая  $v = au^2 + bu + c$  (1), коэффициенты которой (параметры) определяются из системы уравнений:

$$\begin{aligned} v_1 &= au_1^2 + bu_1 + c \\ v_2 &= au_2^2 + bu_2 + c \\ v_3 &= au_3^2 + bu_3 + c \end{aligned} \quad (2)$$

Из условия совместимости уравнения (1) и системы (2) можно получить уравнение интерполяционной кривой в виде:

$$\begin{vmatrix} u_1 & u_1^2 & v_1 & 1 \\ u_2 & u_2^2 & v_2 & 1 \\ u_3 & u_3^2 & v_3 & 1 \\ u & u^2 & v & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (3)$$

Предположим, что заданы определенные интервалы изменений переменных  $u$ ,  $v$ . Тогда уравнение (3) можно интерпретировать пространственной номограммой, взяв в качестве разрешающего индекса определенную плоскость.

Итак, в прямоугольной системе координат  $0xyz$  уравнение (3) определяет проецирующую поверхность, направляющей которой служит парабола, симметричная относительно оси координат.

Теперь пространственная номограмма уравнения (3) будет состоять из четырех бинарных полей  $(u_1, v_1)$ ,  $(u_2, v_2)$ ,  $(u_3, v_3)$ ,  $(u, v)$ , расположенных на этой поверхности. Одно из семейств линий представлено образующими цилиндра (это прямые  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$ ,  $u$ ), другое линиями пересечения полученной поверхности с плоскостями уровня  $z = \text{const}$ . Эти линии имеют соответственно пометки  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ ,  $v$ . Геометрически схема пользования номограммой состоит в следующем: в



пространстве находим положение разрешающей плоскости  $\Sigma$ , при котором она пройдет через три точки с заданными пометками  $(u_1, v_1)$ ,  $(u_2, v_2)$ ,  $(u_3, v_3)$ , далее выбираем образующую цилиндра с пометкой « $u$ » и отмечаем точку ее пересечения с плоскостью  $\Sigma$ . Тогда ордината этой точки равна значению ответной переменной  $v$ . Теперь спроецируем данную поверхность ортогонально на плоскости  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ , совпадающие с координатными плоскостями  $xOy$  и  $yOz$ . Тогда на горизонтальной плоскости получим совпавшую шкалу переменных  $u_1, u_2, u_3, u$ , расположенную на параболе, а на фронтальной плоскости – общее ортогональное бинарное поле для переменных  $(u_1, v_1)$ ,  $(u_2, v_2)$ ,  $(u_3, v_3)$ ,  $(u, v)$ , состоящее из помеченных прямых параллельных оси  $Oz$  (рис. 1).

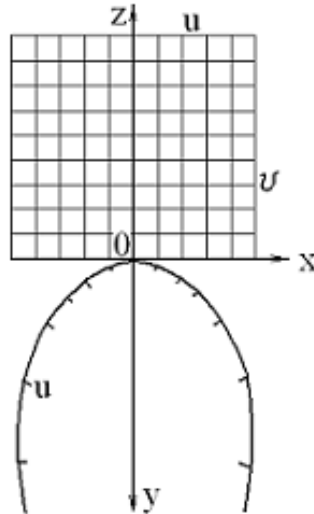


Рис. 1

Рассмотрим второй случай применения чертежа Монжа для получения канонической формы пространственной номограммы определенного типа. Предположим, что дана составная номограмма с прямоугольной немой шкалой и двойным выравниванием, что означает, что ответную переменную на ней можно найти с помощью двух разрешающих прямых.

Итак, пусть немая шкала расположена на оси абсцисс и уравнения четырех шкал записаны в виде:

$$\begin{aligned} u &= f_i(\alpha_i), \\ v &= \varphi_i(\alpha_i) \end{aligned}$$

где,  $i = 1, 2, 3, 4$ .

Примем плоскости составляющих номограмм за координатные совмещенные плоскости  $(z, x)$   $(x, y)$ . Тогда для первой номограммы  $u = x$ ,  $v = z$ , для второй номограммы  $u = x$ ,  $v = y$ . Точки M, N, P, Q, дающие решение уравнения и принадлежащие одной разрешающей плоскости, будут иметь в пространстве следующие координаты:

$$\begin{aligned} M &[x = f_1(\alpha_1), 0, z = \varphi_1(\alpha_1)] \\ N &[x = f_2(\alpha_2), 0, z = \varphi_2(\alpha_2)] \\ P &[x = f_3(\alpha_3), y = \varphi_3(\alpha_3), 0] \\ Q &[x = f_4(\alpha_4), y = \varphi_4(\alpha_4), 0] \end{aligned}$$

Итак, на эпюре Монжа плоскости элементарных составляющих номограмм совпали с горизонтальной и фронтальной плоскостями эпюра. Заметим, переходя снова в пространство  $0xuz$ , прямые MN и PQ можно считать следами разрешающей плоскости номограммы.

Так как четыре текущие точки M, N, P, Q принадлежат одной разрешающей плоскости, то это условие можно записать в следующей форме:

$$\begin{vmatrix} f_1(\alpha_1) & 0 & \varphi_1(\alpha_1) & 1 \\ f_2(\alpha_2) & 0 & \varphi_2(\alpha_2) & 1 \\ f_3(\alpha_3) & \varphi_3(\alpha_3) & 0 & 1 \\ f_4(\alpha_4) & \varphi_4(\alpha_4) & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Это уравнение, записанное в форме определителя Соро (французский номограф впервые получивший это выражение) и представляет собой в таком компактном виде каноническую форму уравнения с четырьмя переменными, представленную номограммой рассмотренного вида (рис. 2).



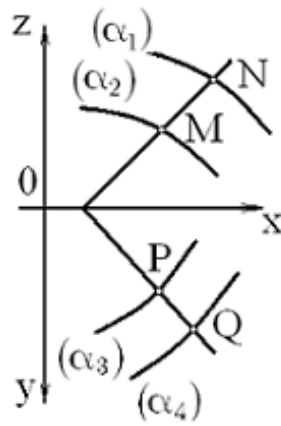


Рис. 2

### Литература

1. Гузненков В.Н. Геометро-графическая подготовка в техническом университете // Российский научный журнал. – 2013. – № 6. – С. 159–166.
2. Гузненков В.Н. Тенденция развития геометро-графического образования в техническом университете // Инновации в образовании. – 2014. – № 12. – С. 131–137.
3. Якунин В.И., Гузненков В.Н. Геометро-графические дисциплины в техническом университете // Теория и практика общественного развития. – 2014. – № 17. – С. 191–195.
4. Гузненков В.Н., Демидов С.Г. Autodesk Inventor в курсе инженерной графики. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2009. – 144 с.
5. Якунин В.И., Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Геометрическое моделирование как междисциплинарный язык // Дискуссия. – 2012. – № 12. – С. 161–166.
6. Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Autodesk Inventor 2012. Трехмерное моделирование деталей и создание чертежей: учеб. пособие. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 120 с.
7. Якунин В.И., Гузненков В.Н. Геометрическое моделирование как обобщение методов прикладной геометрии и ее разделов // Интеграл. – 2012. – № 5. – С. 120–121.
8. Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Модель как ключевое понятие геометро-графической подготовки // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2013. – № 4. – С. 82–87.

### References

1. Guzenkov V.N. Geometro-graficheskaya podgotovka v tekhnicheskom universitete // Rossiyskiy nauchnyy zhurnal. – 2013. – № 6. – S. 159–166.
2. Guzenkov V.N. Tendentsiya razvitiya geometro-graficheskogo obrazovaniya v tekhnicheskom universitete // Innovatsii v obrazovanii. – 2014. – № 12. – S. 131–137.
3. Yakunin V.I., Guzenkov V.N. Geometro-graficheskie distsipliny v tekhnicheskom universitete // Teoriya i praktika obschestvennogo razvitiya. – 2014. – № 17. – S. 191–195.
4. Guzenkov V.N., Demidov S.G. Autodesk Inventor v kurse inzhenernoy grafiki. – M.: Goryachaya liniya–Telecom, 2009. – 144 s.
5. Yakunin V.I., Guzenkov V.N., Zhurbenko P.A. Geometricheskoe modelirovanie kak mezhdistsiplinarnyy yazyk // Diskussiya. – 2012. – № 12. – S. 161–166.
6. Guzenkov V.N., Zhurbenko P.A. Autodesk Inventor 2012. – M.: DMK Press, 2012. – 120 s.
7. Yakunin V.I., Guzenkov V.N. Geometricheskoe modelirovanie kak obobschenie metodov prikladnoy geometrii i ee razdelov // Integral. – 2012. – № 5. – S. 120–121.
8. Guzenkov V.N., Zhurbenko P.A. Model kak klyuchevoye ponyatie geometro-graficheskoy podgotovki // Alma mater. – 2013. – № 4. – S. 82–87.

Николаев А.К.<sup>1</sup>, Лутов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>магистр,

Санкт - Петербургский Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ТРУБ  
МЕТОДОМ НАМОТКИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

*Аннотация*

*Рассмотрены возможные технологии производства композитных труб используемых при строительстве и эксплуатации промысловых трубопроводов. Предложена усовершенствованная технология изготовления композитных труб методом непрерывной намотки.*

**Ключевые слова:** промысловый трубопровод, коррозия, композитный материал, намотка, изготовление, композитная труба.

Nikolaev A.K.<sup>1</sup>, Lutov V.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>Master

Saint Petersburg National Mineral Resources University (Mining University)

**PRODUCTION TECHNOLOGY COMPOSITE PIPES BY WINDING FOR OIL AND GAS INDUSTRY**

*Abstract*

*Possible manufacturing techniques of composite pipes used in the construction and operation of the flowlines. An improved technology for manufacturing composite pipes by continuous winding.*

**Keywords:** flowline, corrosion, composite, winding, manufacturing, composite tube.

В процессе эксплуатации промысловых трубопроводов один из важнейших факторов снижение надежности является воздействие на внутреннюю поверхность транспортируемой средой, содержащая коррозионно-активные элементы. Срок службы промысловых трубопроводов в особо неблагоприятных условиях изменяется несколькими годами. Проходящие коррозионные процессы снижают механическую прочность, что приводит к отказам трубопроводов. Ежегодно в России на промысловых трубопроводах происходит до 70 тысяч аварий. В результате возникает загрязнение окружающей среды, снижение добычи нефти, что влечет повышение финансовых затрат на капитальный ремонт трубопроводов и на природоохранные мероприятия. Промысловые трубопроводы, сооруженные из углеродистой и низколегированной стали, подвержены, в основном, коррозии по нижней образующей поверхности. При этом происходит локальное утонение стенки, и в некоторых местах появляются коррозионные отверстия - свищи. В то же время толщина стенки по остальному периметру труб практически не уменьшается[1]. Данные трубопроводы имеют еще следующие недостатки. Высокая стоимость монтажных работ и значительные тепловые потери, что приводит к неумеренным энергозатратам. Также большой вес стальных труб не позволяет доставлять в труднодоступные места. В России энергодобывающие предприятия располагаются в основном на севере.

В данное время, технология изготовления композиционных труб, методом технологической намотки, положительно рекомендована в качестве эффективного способа формообразования трубопроводов. На данной основе удаётся получать чрезвычайно высокопрочные и надёжные конструкции с уникальным сочетанием физико-механических свойств, таких как, легкость, высокая прочность, устойчивость к агрессивным химическим средам, низкие тепло и электропроводность, изделия с длительным сроком эксплуатации.

Данные трубы получили широкое применение в нефтяной и газовой индустрии западных стран и Северной Америки. На сегодняшний день в мире производится более 200 тысяч тонн трубопроводов из композитных материалов, в основном из стеклопластика.

Композитные материалы заменяют стальные трубы, в первую очередь благодаря скорости и легкости установки изделий из них, более легкому весу, стойкости к коррозии, стойкости к криогенным температурам, разломам и разрывам. Стоимость их также конкурентоспособна по сравнению со сталью.

В процессе роста объемов производства изделий из композитных материалов все более важными становятся прогнозирование их несущей способности. Решение этих задач тесно связано с разработкой математических моделей, позволяющих учесть и оценить влияние наиболее значимых конструктивных и технологических факторов на напряженно-деформированное состояние и прочность конструкций. Теоретические сложности нахождению оптимальной траектории и закона движения раскладывающего механизма намотки привлекают к ним многих известных ученых [1 □ 6].

Процесс моделирования намотки труб из композиционных лент, которые укладываются на поверхность технологической оправки, требует обеспечить высокую точность соответствующих моделей не только для достижения желаемых физико-механических свойств изделия, но и для оптимизации материалов и энергоресурсов производства.

Достижение задаваемой ориентации армирующего материала в стенке является одной из сложнейших задач, и технология методом намотки реализует широкие возможности. Расчет и применение оптимальных углов намотки, и обеспечение требуемых технологических натяжений армирующего элемента позволяет прибавить материалу конструкции свойства, наиболее полно отвечающие характеру внешних силовых нагрузок. В зависимости от эксплуатационных требований и технологии производства труб расположение волокнистого наполнителя может быть, как случайно ориентированным или упорядоченным для обеспечения заданной анизотропии физико-механических свойств. Основным технологическим фактором, регулирующим прилегание ленты к наружной поверхности оправки, является заданное натяжение композиционной ленты на раскладчике намоточного оборудования.

Наиболее широкое применение армирующего материала получил стеклоровинг [7]. Специальные механизмы, которые перемещаются со скоростью, синхронизированной с вращением оправки, контролируют угол намотки и расположение армирующего материала. Угол намотки может изменяться от 15° до 90°, относительно оси. Отношение

радиальной и осевой прочности изделия зависят от скорости вращения оправки и перемещения лентоукладчика. Оптимальное соотношение радиальной и осевой прочности достигается при величине угла намотки  $\alpha = 54,75^\circ$  [8].

Формирование поверхности периодическим способом осуществляется с прерывистым перемещением ее по оправке и возвратно-поступательным перемещением механизма лентоукладчика, что во многих случаях приводит к неравномерности структуры получаемого изделия, деформации навитой трубы при ее съеме с оправки и длительности процесса изготовления. При создании путем наматывания на оправку одной армирующей ленты в трубах возникают изгибающие моменты, которые вызывают деформации текстильных армирующих структур нижележащих слоев. Композитная многослойная труба характеризуется неравномерностью ее структуры по длине.

На рисунке 1 предлагаемый в работе способ изготовления композитной трубы на который получен патент РФ [№ RU 2425753 C2], состоит в непрерывном наматывании армирующих лент 1 с лентоукладчика 2 на движущуюся оправку 3, представляющую собой систему ременных передач, отводящую изготовленную часть композитной трубы 4 через зону сушки 5. Клей подается в зону формирования через узел нанесения клея на внешнюю и внутреннюю сторону армирующей ленты через перфорированные трубки, которые распыляют клей на ролики. Ролики имеют пористую структуру, что обеспечивает равномерное нанесение клея на поверхность ленты и исключает его разбрызгивание.

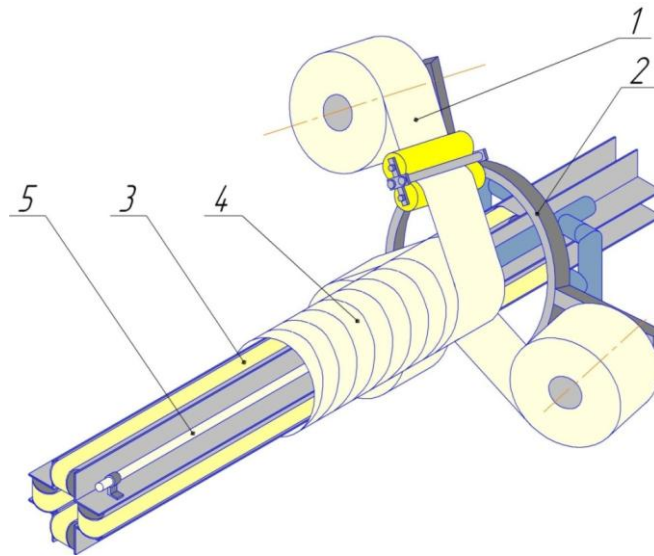


Рис.1 – Принципиальная схема изготовления трубы

Соотношение скоростей самопадающей оправки 3 и механизма лента раскладчика 2 обеспечивает равномерную винтовую намотку композитных лент 1 при перемещении намотанной трубы 4.

Перемещение изготовленного участка трубы 4 обеспечивается ременной передачей самопадающей оправки 3 за счет сил трения между рабочей поверхностью транспортирующих ремней и внутренней поверхностью. Данный способ обеспечивает установившийся процесс навивки, что повышает производительность установки.

На рисунке 2 представленная схема формообразование изделия. На данной схеме указана создаваемая труба 1 радиуса  $R$ , которая перемещается вдоль этой оси со скоростью  $V$ . На трубу наматывается армирующая лента 2 с углом подъема  $\Phi$ , с питающей паковки 3, которая вращается с угловой скоростью  $\Omega$  вокруг подвижной оси радиус  $r$ . Ось на которой размещена паковка вращается вокруг неподвижной оси  $X$  с угловой скоростью  $\Omega$ .

Предполагая, что образующая питающей паковки перпендикулярна к нитям основы, так как только при этом условии лента будет сматываться с паковки без скольжения по её поверхности в направлении ее образующих. Указанная схема наматывания ленты приводит к неравенству натяжений нитей ее основы.

Это неравенство связано с различием длин свободных участков этих нитей, которые располагаются между поверхностями паковки и трубы. Обозначая длину свободной части нижней нити основы через  $L(h)$ . Длина свободного участка нити основы, которая расположена на расстоянии  $h$  от нижней нити, оказывается больше, чем  $L_0$  на величину  $\Delta L = hctg\varphi$ , определяется по зависимости

$$L(h) = L_0 + hctg\varphi. \quad (1)$$

Заметим, что картина реализации процесса будет стационарной во времени, только при условии, что выполняются равенство

$$V = R\Omega ctg\varphi. \quad (2)$$

В окрестности линии ухода ленты с питающей паковки и в окрестности линии ее набегания на трубу может происходить скольжение ленты и по поверхности паковки и по поверхности. В настоящей работе, для краткости, будем считать, что такого рода скольжение отсутствует. В этом случае частицы ленты покидают паковку со скоростью  $u$  рассчитывается по формуле:

$$u = r\omega \quad (3)$$

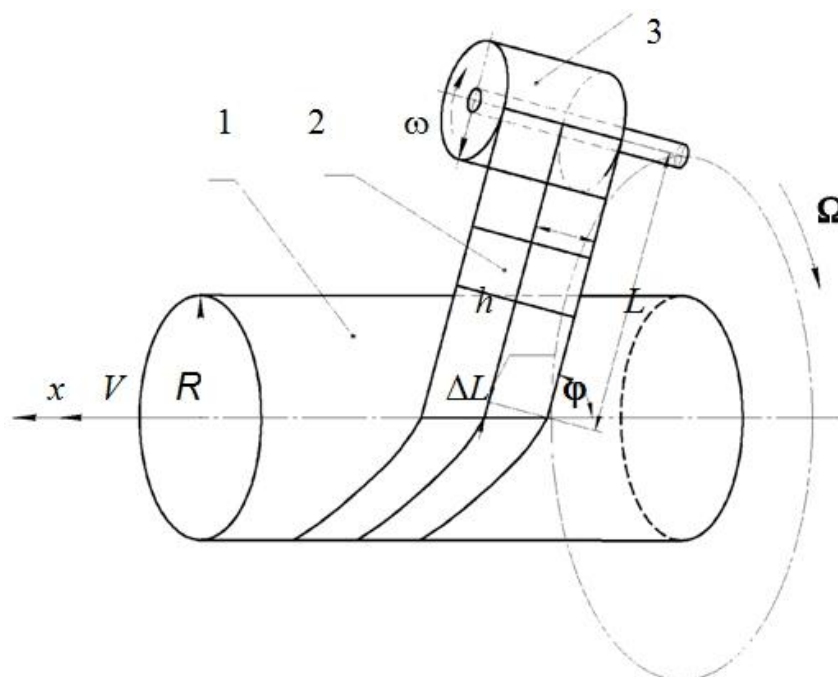


Рис. 2 – Наматывание ленты на трубу кругового сечения

Частицы ленты при навивке на трубу приобретают скорость  $U$ , складывающуюся из окружной скорости поверхности, равной  $R\Omega$ , и из скорости поступательного движения изделия  $V$ . Так как эти составляющие скорости  $U$  взаимно перпендикулярны, получаем.

$$U = \sqrt{(R\Omega)^2 + (R\Omega \operatorname{ctg} \varphi)^2} = R\Omega / \sin \varphi \quad (4)$$

Вычисленные по формулам (1) – (2) значения параметров удовлетворительно согласовываются с полученными данными экспериментов на рабочем макете для изготовления труб из композитных лент.

Предложенная технология отличается простотой реализации и обеспечивает необходимые эксплуатационные свойства труб за счет применения лент из различных композиционных материалов.

Отвод и съем произведенной трубы с движущей оправки происходит без применения усилий, что минимизирует риск разрушения целостной структуры.

На рисунке 3 представлен работоспособный макет изготовленный на кафедре теоретической и прикладной механики СПГУТД, предназначенный для производства композиционных труб методом винтовой намотки с различным диаметром.

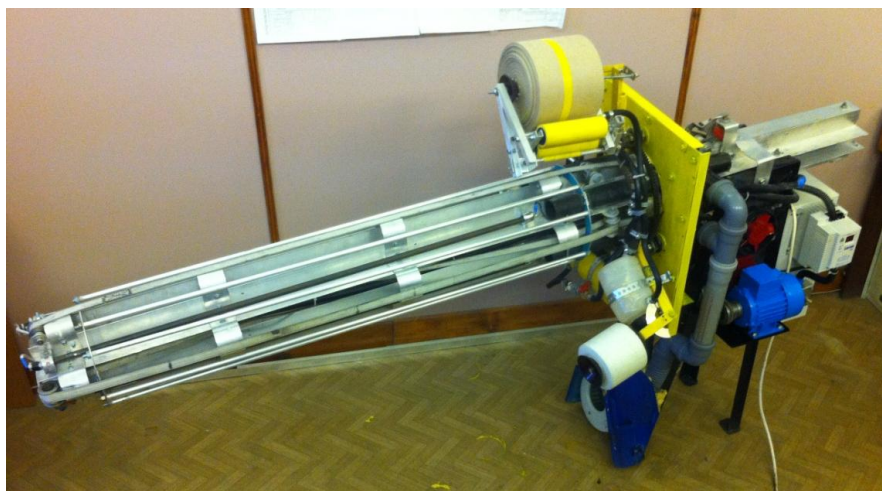


Рис. 3 – Макет для производства труб методом намотки

Конструкция установки предусматривает возможность регулировать формозадающего диаметра оправки, что обеспечивает возможность навивать композиционные трубы с переменным диаметром по длине.

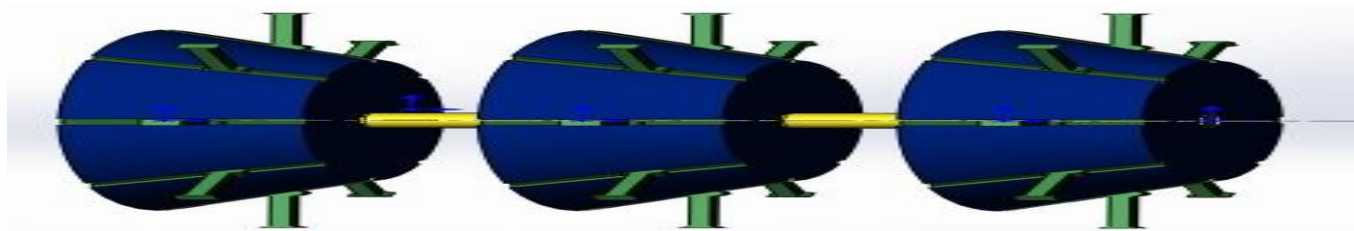


Рис. 4 – Принципиальная схема конструкции для создания трубы заданной формы

Смещение конуса в начальном положении рассчитывается по формуле (5)

$$\Delta X_i = \frac{(h_{cp} - H_i) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha)}{h_{\min}}, \quad (5)$$

где  $\Delta X$  – смещение конуса в начальном положении,  $h_{cp}$  расстояние от штока до оси,  $h_{\min}$  радиус усеченной части конуса, угол  $\alpha$  при основании конуса,  $H_i$  величина промежуточных значений радиуса.

При изменении поперечного диаметра формирующей трубы, необходимо обеспечивать постоянное натяжение транспортирующей ленты в ременной оправке, с помощью изменение рабочей длины, транспортирующей ленты.



Рис. 5 – Схема ременной передачи

Для вычисления изменения длины ленты самоподающей оправки используем формулу

$$\Delta L = 8 \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \int \sqrt{p^2 + (H_{i+1} - H_i + (V_{i+1} - V_i)dt)^2} - L_0, \quad (6)$$

Где  $\Delta L$  – изменение длины ленты,  $p$  – расстояние между штоками,

$V$  – скорость перестроения от одного радиуса к другому,  $L_0$  – длина в предыдущий момент времени,

$H_i, H_{i+1}$  – соответственные величины соседних промежуточных значений радиуса трубы.

Достоинства данной технологии является повышение скорости формирования композитной трубы путем достижения равенства скорости движения оправки и скорости схода готовой продукции за счет сил трения между внутренней поверхностью трубы и системой ременных транспортирующих лент, задающие поперечное сечение оправки. Повышение качества за счет уменьшения деформируемости слоев и готовой композитной трубы при ее продвижении по оправке и сходе с оправки, а также уменьшение дефектов структуры достигается за счет одновременного формирования тремя композитными лентами, расположенными инвариантно друг относительно друга. В этом случае изгибающие моменты, создаваемые одной из армированных лент, в значительной мере компенсируются моментом, создаваемым другой армирующей лентой.

#### Литература

1. Айдуганов В.М. Опыт строительства и эксплуатации трубопроводов из металлопластиковых труб / Айдуганов В.М., Волкова Л.И. // Нефтегазовое дело, 2006
2. Ефремов, Е. Д. Основы теории наматывания нити на паковку / Е.Д. Ефремов, Б. Д. Ефремов // Легпищепром, 1982. – 144 с.
3. Ефремов, Е. Д. О возможности проектирования мотальных механизмов по параметрам намотки / Е. Д. Ефремов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, № 6, 1962. – С. 78 – 82.
4. Матюшев, И. И. Высокоскоростные приемно-намоточные механизмы для химических нитей / И. И. Матюшев, В. А. Климов, Л. С. Мазин // Легпромбытиздат, 1991. –С. 256.
5. Башин Г.Б. Расчет деформаций волокон композитных оболочек в процессах изготовления и эксплуатации // Вестник пермского университета. – 2007.-№7(12)– С.95-100.
6. Битюков Ю.И. Численный анализ схемы укладки ленты переменной ширины на технологическую оправку в процессе намотки конструкций из композиционных материалов / Битюков Ю.И., Калинин В.А. //Механика композиционных материалов и конструкций.–2010.–Т.16.–№2.–С. 276-290.
7. Интернет-сайт научно-производственной фирмы “АЛЬТАИР РУСПОЛ” <http://ruspol.spb.ru>;
8. Интернет-сайт аналитический портал химической промышленности «Новые химические технологии» <http://newchemistry.ru/>
9. Патент на изобретение № RU 2425753 С2 от 10.08.2011. Авторы: Полякова Е.В, Лутов В.А, Майоров А.М, Дятлова П.А, Чайкин В.А. Патентообладатель: Санкт-Петербургский государственный университет технологий и дизайна.
10. ГОСТ Р 50443-92. Препреги и премиксы. Термины и определения

## References

1. V.M. Ayduganov Experience in the construction and operation of pipelines of plastic pipes / Ayduganov V.M. Volkova L.I. // Oil and Gas Business, 2006
2. Efremov I, E.D. Basic theory of winding yarn into a package / E.D. Efremov, B.D. // Legpischeprom Efremov, 1982. - 144 p.
3. Efremov, E.D. differential equation of motion in terms of winding into a package / E.D. Efremov // Math. universities. The technology of the textile industry, № 2, 1960. - S. 86 - 90.
4. Efremov, E.D. On the possibility of designing mechanisms for winding the winding / E.D. Efremov // Math. universities. The technology of the textile industry, № 6, 1962. - S. 78 - 82.
5. Matyushev, II High-receiving mechanisms for winding filaments / II Matyushev, V.A. Klimov, L.S. Mazin // Legprombytizdat, 1991. -C. 256.
6. G.B. Bashin Calculation of deformations in the fiber composite shells protsessei manufacturing and eksplotachi // Bulletin of Perm State University. - 2007.-№7 (12) - S.95-100.
7. Bityukov Y.I. Numerical analysis of the scheme laying tape of variable width on technological mandrel during winding composite structures / Bityukov Y.I. Kalinin, V.A. // Mechanics of Composite Materials and konstruksiy.-2010-T.16.-№2.-C. 276-290.
8. Website of scientific and production company "ALTAIR Ruspoli" <http://ruspol.spb.ru>;
9. Website Analysis Portal of the chemical industry "New chemical technology" <http://newchemistry.ru/>
10. The patent for the invention № RU 2425753 C2 on 10.08.2011. Authors: E.V. Polyakov, V.A. Lutov, Mayorov, A.M., Dyatlov P.A., [V.A. Chaykin] Patentee: Saint Petersburg State University of Technology and Design.
11. GOST 50443-92. Prepregs and premixes. Terms and Definitions

## Овчинников И.Н.

Доктор технических наук, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЕЙШЕГО РЕЖИМА ИСПЫТАНИЙ В КЛАССЕ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЛУЧАЙНОЙ ВИБРАЦИИ**

## Аннотация

*Предложено экспериментальное подтверждение результатов, полученных ранее в теории и моделировании, по выявлению существования тяжелейшего режима широкополосной случайной вибрации (ШПВ) по его влиянию на механическую систему. Тяжелейший режим ШПВ по долговечности механической системы определяется ее характеристиками, аналогично собственным частотам системы. Знание о тяжелейшем состоянии при ШПВ полезно не только для проведения ускоренных испытаний, но и для стандартизации испытаний, для оценки уровня опасности эксплуатационных вибраций, для технологических процессов, акустики и, вероятно, для сопротивления землетрясениям.*

**Ключевые слова:** широкополосная случайная вибрация, испытания, тяжелейший режим.

## Ovchinnikov I.N.

PhD in Engineering, Bauman Moscow State Technical University.

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE HEAVIEST MODE OF VIBRATION TESTS IN CLASS OF BROADBAND RANDOM VIBRATION**

## Abstract

*It is proposed the experimental confirmation of results, which have been previously obtained in theory and by means of simulation, revealing existence of the hardest mode of broadband random vibration (BRV) during its effect on mechanical system. The hardest BRV mode by the durability of the mechanical system is defined by its characteristics, similar to original frequencies of the system. Knowledge about the hardest BRV condition is useful not only for conducting accelerated trials but also for standardization of trials, for evaluation of level of danger of operating vibrations, for technological processes, acoustics and probably for resistivity to earthquakes.*

**Keywords:** broadband casual vibration, tests, heaviest mode.

## 1 Introduction

Known that more than 70% of malfunctions in technics are caused by a vibration, which results in a fatigue failure of parts of a construction, transported loads, also in breakages and halting of electronic devices. Obtaining of reasonable compromise between the maximum of reliability and minimum of weight is laid in the development of methods of adequate investigation of materials' behavior in constructions with given resource and reliability, and that shows the importance of vibration trials. At present trials on broad random vibrations are used most often (BRV).

International Electrotechnical Commission (IEC) sets two main requirements for vibration trials on its' result's veracity and reproducibility in different laboratories, which are especially important in conduction of acceptance trials. Reproducibility of trials' results cannot be reached with low veracity. It is also necessary that ranges of vibration load, which are formed, take into account the dynamics of the trials' object, what is done during harmonic loadings. At present ISO series standards ignore that.

Hardest mode BRV, determined by dynamics of trials' object, is necessary for raising levels of reproducibility of trials' results, standardization of modes of vibration and fatigue trials, forming modes of accelerated trials in technological processes. In [1] is theoretically shown that extremums of parameters of vibration loads exists in any mechanical system. They correspond to extremums of power of mechanical forces, appearing in system during broadband random vibration. In [2] it is shown by the means of numerical simulation that during broadband random vibration there are extremums of tension in the



material and vibrospeed during the capture of «n» original frequencies of the system ( $n \geq 2$ ) by range of vibroeffect. In other words there is such width of the range that the ratio (in probabilistic aspect) of amplitudes of components of oscillatory process on its own frequencies. Existence of such components of oscillatory process out of original frequencies, which is usual for BRV, just lowers lifespan of the objects.

However, neither tension nor vibrospeed of the object uniquely characterize the level of danger of mode, before now it could only be determined by minimal time until object fracture (lifespan), which is investigated only by an experiment.

## 2. Objectives of the experiment

Forming of hardest condition in its essence is a problem of optimization vibroeffect with given power. It comes to discovering the class of effects  $f(x, t)$ , which creates extreme conditions of object load. Mathematically it can be expressed by relation:

$$\text{extr}_{f(x,t)} F[y, \dot{y}, \ddot{y}, \dots, y^n(t), x, t, f(x, t)] \quad (1)$$

For  $f(x, t) \in \Phi$ , where  $F$  – functional, characterizing vibrational movement of the object.

In general case the problem (1) is difficult to solve, but in practical realization of the trials there are limitations on kind of effect (power, number of harmonics), on control coordinates for object movement (dangerous intersection) and so on. That is why one can investigate particular problems:

$$\max_{f(x,t)} \dot{y}_{x=0}, t \in T, \quad (2)$$

$$\max_{f(x,t)} D_{y_{x=0}}, t \in T, \quad (3)$$

$$\min_{f(x,t)} t_p, t \in T \quad \text{при} \quad \frac{1}{T} \int_0^T f^2 dt < C \quad (4)$$

In other words it is necessary, by changing the range of the spectrum, to find in which one the vibrospeed (2) or dispersion of vibrospeed (3) in the intersection during the time  $t$  are maximal, and time before fracture of object  $t_p$  (4) is minimal for given limited power of tension.

Choice of vibrospeed on dangerous intersection of object instead of vibroacceleration as parameter, which characterizes vibroloading of object, is explained by ratio of amplitude of this tension in material [3].

## 3. New capacitive sensor of flexural deformations

In order to raise veracity and reliability of trials' results a series of indestructible contactless capacitive sensors, which allow to measure almost limitless by value flexural deformations for indefinite time, was developed. Capacitive sensors, on the opposite of resistive-strain sensors, do not deform with an object, do not accumulate damage, that is why they keep their metrological characteristics constant. Capacitive sensor of deformation EED [4] has been developed in order to measure deformation of flat and cylindrical surfaces with zero gauss curvature in radial direction. It consists of metal lining 1 with cylindrical working surface, which through the layer of dielectric 2 is pushed towards (or placed close to) surface under study 3, which is the second lining of capacitor (fig.1).

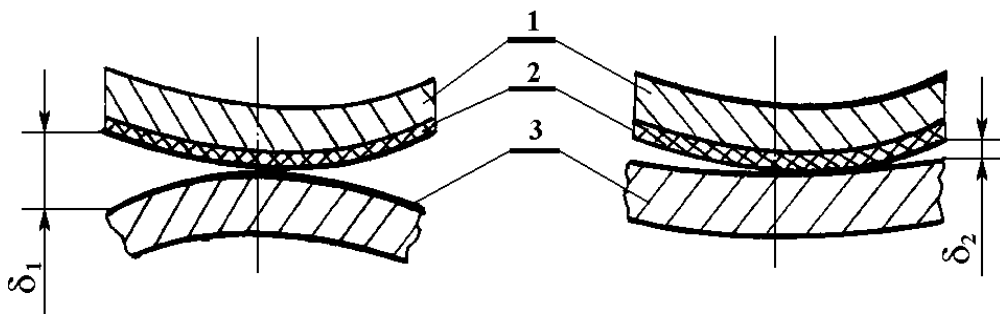


Fig. 1 – Capacitive sensor of deformations for flat and cylindrical surfaces (EED)

With the bending of an object the distance  $\delta$  between linings of the capacitor is changed and electric signal of sensor is proportional to the change of curvature and curvature deformation of an object. Area of linear characteristic of capacitive sensor in statics and dynamics is higher than it is of resistive-strain sensors. Its range covers values of deformation in the given experiment including low-cycle area of fatigue. Sensibility of the sensor is defined by curvature of measuring lining and can vary in a wide range. Two linings from two sides of an object raise sensibility by 2 times. Measuring lining does not deform with an object, and consequently its lifespan almost unlimited.

Experimental investigation of lifespan. Investigation of effect of vibration spectrum width  $\Delta f$  on vibroloading (vibrospeed) and lifespan was conducted on cantilevered fixed beam in kinematic excitation (fig. 2).

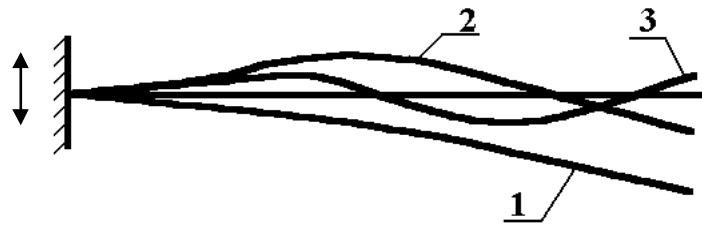


Fig. 2 – Three first forms of original oscillations of testing object (beam) in kinematic excitation.

The trial was conducted with random modes for following values of  $\Delta f$ : 10 Hz (mode №5); 30 Hz (mode №6); 100 Hz (mode №7); 300 Hz (mode №8) (fig. 3). Numbers of testing modes are given with correspondence to full series of testing modes [5]. The results of trials in harmonic mode №1 are introduced only for qualitative comparison.

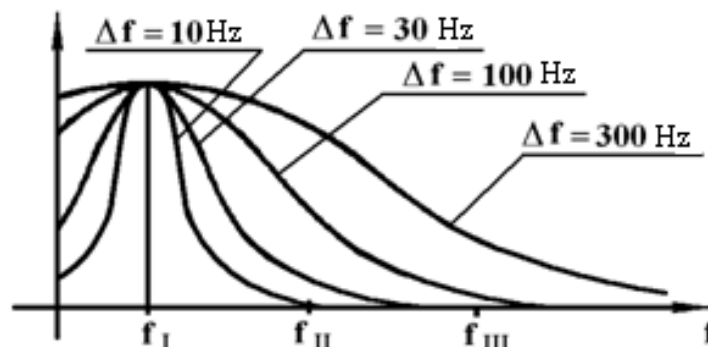


Fig. 3 – Continuous spectrums of incoming vibroeffect

Experiment on fatigue was conducted according to method, which does not simplify any random process, because replacement of random vibroeffect with harmonic mode is not correct [5]. All measurements and, most importantly deformations were applied from the start of trial until the fracture of the object.

As it common for lifespan investigations the results were introduced in a form of fatigue curves – dependence of logarithm of time till the fracture on average tension in the material (fig. 4). It is shown that with the widening of load range lifespan of the material of the object is falling in the beginning and then raising.

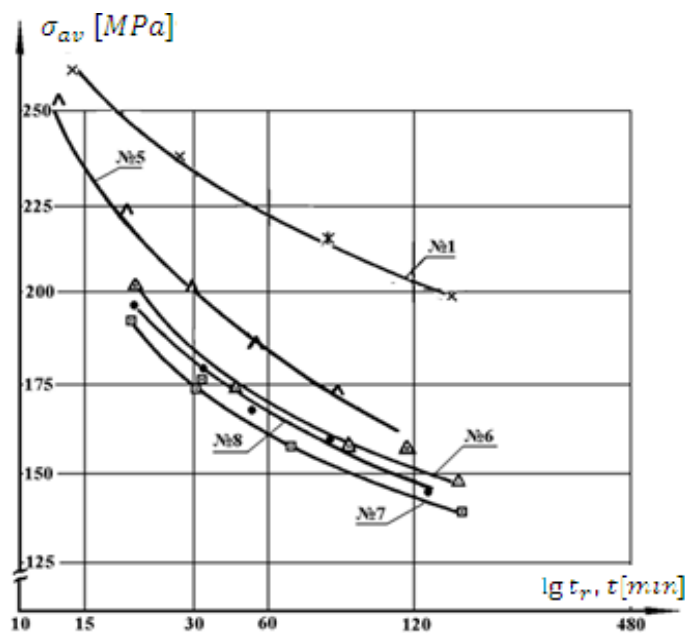


Fig. 4 – Fatigue curves of modes №№ 1(harmonic), 5-8 (random)

Existence of extremum of lifespan depending on limiting frequency of spectrum of vibroeffect  $f_{rp}$  during constant tension in the objects is clearly shown in picture 5, which has been obtained by processing results of fatigue trials. As a limiting frequency of spectrum for harmonic mode (mode №1 [5]) logarithm of first original frequency of the object  $f_1=27$  Hz, and for random mode with continuous spectrum – logarithm of sum of average spectrum frequency (first original frequency of the object) and half of spectrum width for chosen mode:



$$\lg f_{sp} = \lg \left( f_1 + \frac{1}{2} \Delta f \right) \quad (5)$$

During random oscillations the object was significantly being exited on the second and the third original frequencies ( $f_2=177$  Hz,  $f_3=475$  Hz).

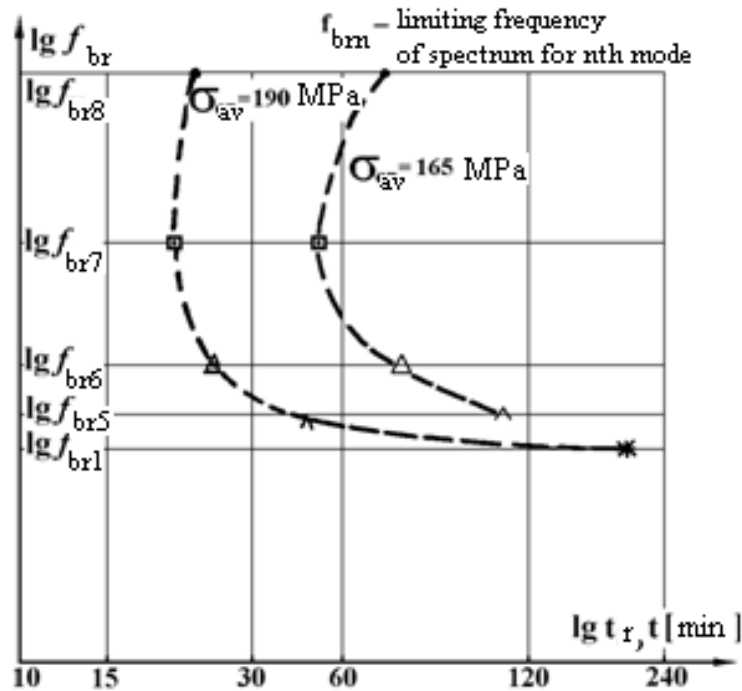


Fig. 5 – Dependence of the object lifespan on width of vibroload spectrum with constant average tension.

In order to raise informational content of the results of trials “vibroloading” curves, which show the dependence of logarithm of time until fracture on vibrospeed in sample’s dangerous cross-section (fig. 6), have been drawn first time in practice.

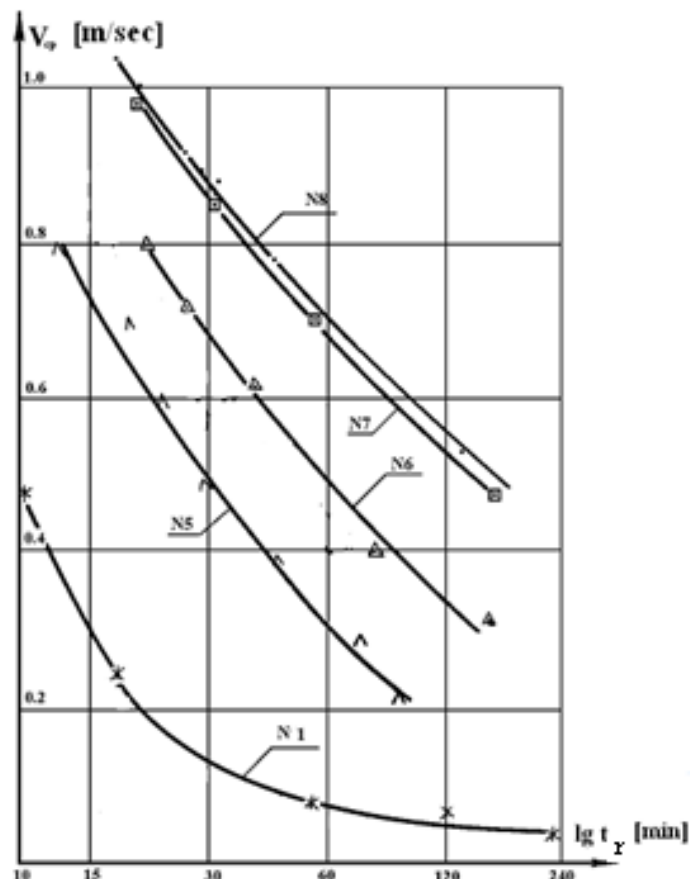


Fig. 6 – Depending  $t_p$  of the samples of  $V_{sr}$  in a dangerous cross-section of the beam (curves of the “vibroloading”).

Similar existence of extremum of lifespan depending on limiting width of vibroeffect spectrum  $f_{br}$ , but with constant average vibrospeed in dangerous intersection of the object, obtained by transforming “vibroloading curves” [5], is shown on figure 7.

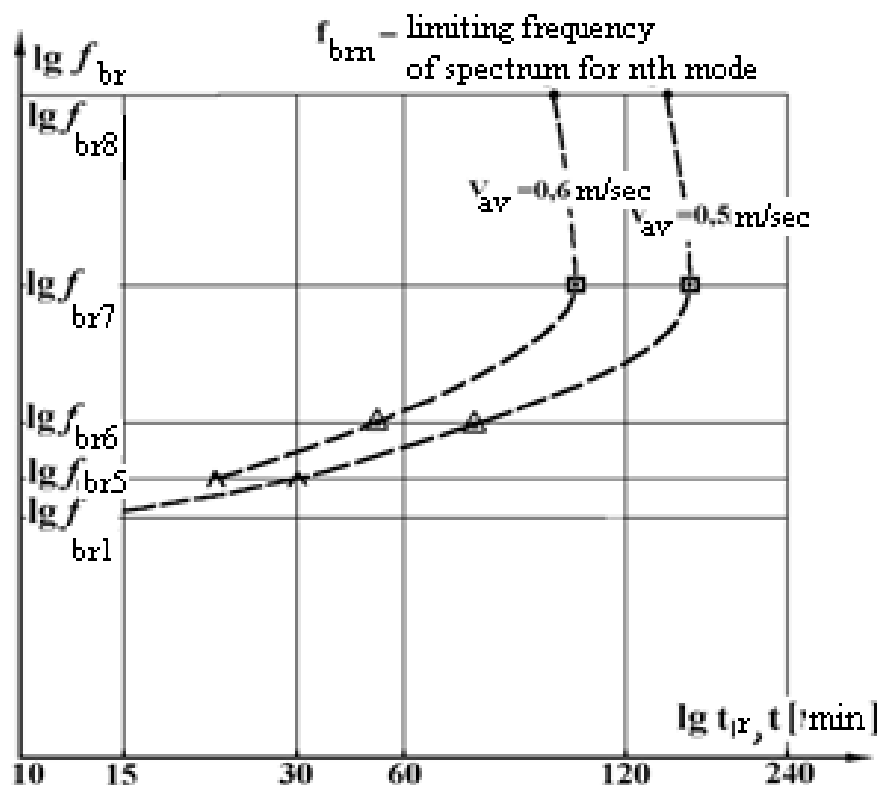


Fig. 7 – Dependence of material samples lifespan on width of vibroloading spectrum with constant average vibrospeed.

Despite the fact that curvature of graphs 5 and 7 in given coordinates is relatively small, there is no doubt in the existence of extremums, because the points on the curves correspond to high amount of fractured test objects. The veracity of the test results is high enough thanks to application more perfect methods of trials and deformation sensors.

#### 4. Conclusions

- The existence of extremums in the dependencies of lifespan, tension and vibrospeed, which are invariant toward the width of the vibroloading spectrum, has been noticed first time. Width of the continuous vibroloading spectrum, which is corresponding to those extremums, is called effective width of spectrum (EWS) -  $\Delta f_n$  where  $n \geq 2$  - amount of original frequencies of the object, which are excited.
- The hardest BRV condition of mechanical system is defined by its characteristics, similar to original frequencies of the system.
- Knowledge about the hardest BRV condition is useful not only for conducting accelerated trials but also for standardization of trials, for evaluation of level of danger of operating vibrations, for technological processes, acoustics and probably for resistivity to earthquakes.

#### References

1. Ovchinnikov I. N. The usage of “transparency frequency bands” of mechanic systems for standardization of tests to random vibration. *Proceedings 12 International Congress on Sound and Vibration*, Lisbon, Portugal, 2005.
2. Ovchinnikov I. N. Simulation of oscillations of a beam at random vibroloading. *Proceedings 15 International Congress on Sound and Vibration*, Daejeon, Korea, 2008.
3. Sidorenko M.K. *Vibrometry of turbine engines*. M.: Mechanical engineering, 1973.
4. Ovchinnikov I.N. Capacitive sensor for measuring flexural deformations. *Devices and control system*. No. 3, 1995, p.25.
5. Ovchinnikov I.N., Stepnev V.A., Brancevich P.Y. Authenticity of the equivalent vibration tests. *Proceedings 19 International Congress on Sound and Vibration*, Vilnius, Lithuania, 2012.

Ольховатенко В.Е.<sup>1</sup>, Лазарев В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор геолого-минералогических наук, профессор, <sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ГЕОМОНИТОРИНГА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ Г. ТОМСКА

*Аннотация*

*В предлагаемой работе для обеспечения раннего предупреждения об активизации опасных техноприродных процессов на урбанизированных территориях исследуются актуальные вопросы обоснования и развития методов геомониторинга оползнеопасных территорий с использованием современных геодезических и геофизических технологий*

**Ключевые слова:** геомониторинг, оползневые процессы, прогноз развития опасных процессов, методы и технологии геодезии, геодезические методы контроля, геодезические сети, геодезический мониторинг

Olkhovatenko V.E.<sup>1</sup>, Lazarev V.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD in Geology and Mineralogy, professor, <sup>2</sup>PhD in Engineering, associate professor,

Tomsk state architectural and construction university

## DEVELOPMENT OF COMPLEX SYSTEM OF GEOMONITORING OF NATURAL ENGINEERING SYSTEMS IN OPOLZNEOPASNY TERRITORIES IN THE CITY OF TOMSK

*Abstract*

*In the offered work for providing the early warning of activization dangerous the tekhnoprirodnkh of processes in the urbanized territories topical issues of justification and development of methods of geomonitoring the opolzneopasnykh of territories with use of modern geodetic and geophysical technologies are investigated*

**Keywords:** geomonitoring, landslide processes, forecast of development of dangerous processes, methods and technologies of geodesy, geodetic control methods, geodetic networks, geodetic monitoring

### 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В последние годы вопросы обеспечения геоэкологической безопасности урбанизированных территорий становятся все более актуальными, а природные катастрофы в России включены в число стратегических рисков. Геодезический мониторинг является важнейшей составляющей системы геодезического обеспечения геоэкологического мониторинга, в задачи которого входит организация наблюдений за пространственно-временными процессами изменения состояния исследуемых объектов, оценка результатов наблюдений и повышение их точности, математическое моделирование наблюдаемых процессов,

Разработанная авторами система геодезического мониторинга объединяет в себе различные методы измерений и моделирования, что требует в свою очередь обоснования и разработки теоретических и технологических основ объединения геодезических, спутниковых и геофизических методов измерений с методами статистического моделирования. Такое объединение различных методов в комплексную систему мониторинга многократно увеличивает его эффективность и достоверность, так как результаты одного метода подтверждаются результатами другого.

Разработанная авторами комплексная технология мониторинга за оползневыми процессами и деформациями инженерных сооружений на оползневом склоне была применена на территории Каштачной горы г. Томска [1] и доведена до практических рекомендаций при решении градостроительных задач и корректировке генерального плана застройки города Томска с учетом развития опасных природных и техноприродных процессов.

При организации мониторинга на территории Каштачной горы потребовалось решить следующие задачи

- разработать комплексную целевую программу геомониторинга;
- обосновать систему геодезического обеспечения;
- обосновать наблюдательную сеть и методику наблюдений;

Результаты наблюдений позволили осуществить

- оценку состояния природно-технических систем;
- выполнить прогноз изменения состояния природно-технических систем во времени;
- разработать картографические модели состояния и устойчивости природно-технических систем;
- подготовить рекомендации для принятия управленческих решений.

При этом опорная геодезическая сеть использовалась как каркасная основа геомониторинга. Создание и реконструкция городской геодезической сети позволила обеспечить проведение высококачественного геомониторинга вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности с изучением причин в связи с природными и техногенными внешними факторами с целью прогноза последствий их проявления на жизнедеятельность всего городского хозяйственного комплекса. В процессе разработки системы геомониторинга нами были произведены исследования по ожидаемой точности и допусков геодезических наблюдений.

Для исследования оползневых процессов и контроля за состоянием оползневых склонов на территории г. Томска была разработана комплексная система геомониторинга, показанная на рис.1., которая позволяет построить математическую модель опасных процессов и на ее основе выполнить прогноз изменения состояния и развития оползневых процессов.

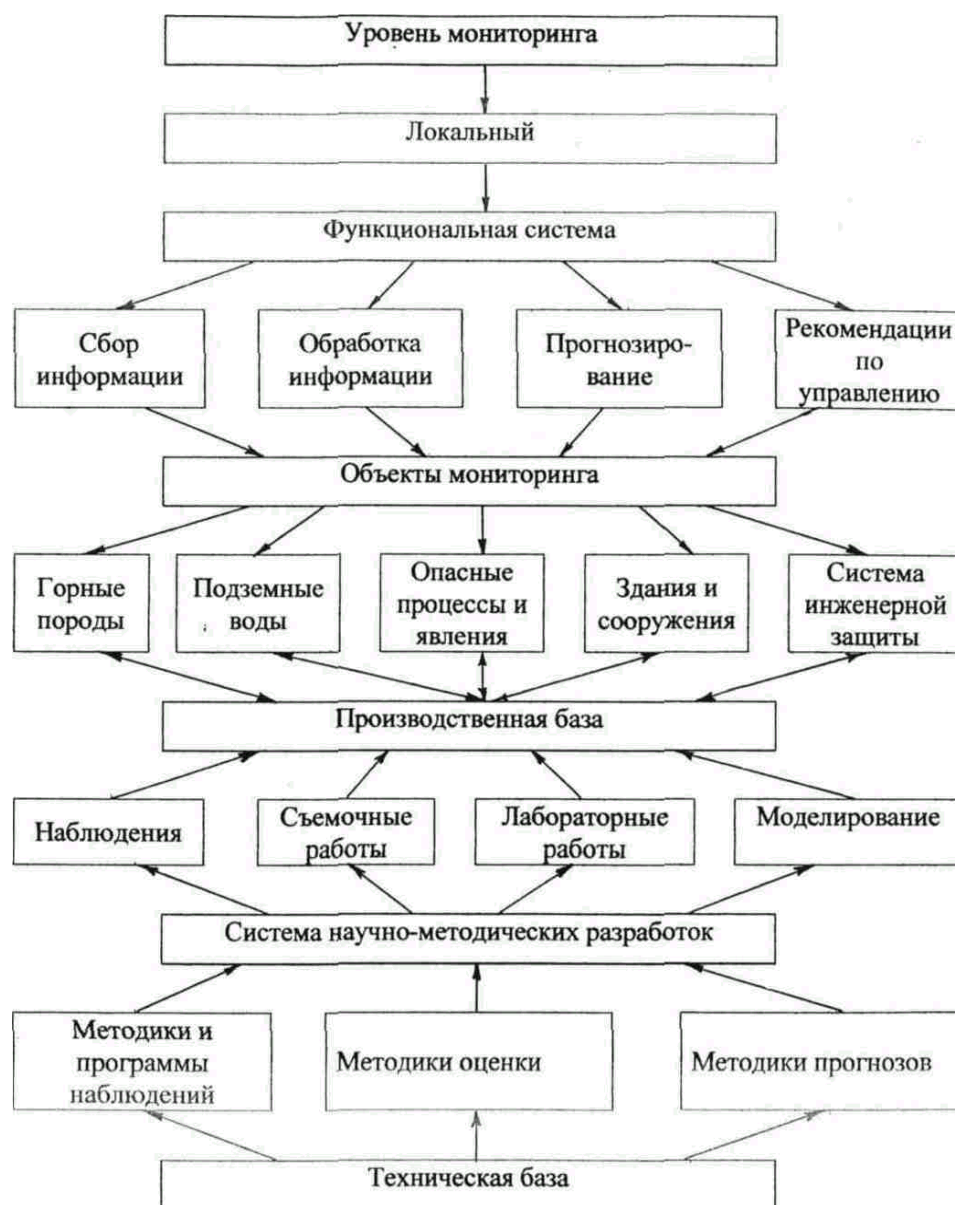


Рис. 1 – Общая структура мониторинга ПТС

Для исследования оползневых процессов и контроля за состоянием оползневых склонов на территории г. Томска была разработана комплексная система геомониторинга, показанная на рис.1., которая позволяет построить математическую модель опасных процессов и на ее основе выполнить прогноз изменения состояния и развития оползневых процессов.

В ходе внедрения системы геодезического обеспечения комплексного геомониторинга за оползнями была создана специальная опорная геодезическая сеть в виде линейно-углового построения, как показано на рис.2., которая использовалась как каркасная основа геомониторинга. Как показала практика [1], в стесненных условиях городской застройки при активизации оползневых процессов далеко не всегда удается создать сеть оптимальной конфигурации и обеспечить необходимую точность измерений, а стабильность положения пунктов необходимо проверять. Поэтому для повышения точности определения координат опорной сети было принято решение использовать спутниковые методы измерений, которые позволяют определять пространственные перемещения объектов на земной поверхности с применением принципиально нового метода определения пространственных координат на основе спутниковых геодезических (навигационных) систем с использованием GPS-приемников. Спутниковая сеть – в противоположность традиционной геодезической сети – образует трехмерную пространственную систему с примерно равными по точности координатами. Опорная геодезическая сеть, изображенная на рис.2. может быть использована как каркасная основа геомониторинга и позволяет обеспечить проведение надежного геомониторинга вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности при использовании высокоточных спутниковых технологий измерений. При этом весь комплекс работ подразделялся на четыре этапа: планирование спутниковых наблюдений, непосредственные наблюдения на определяемых пунктах, математическая обработка результатов спутниковых наблюдений, вычисление прямоугольных координат пунктов.

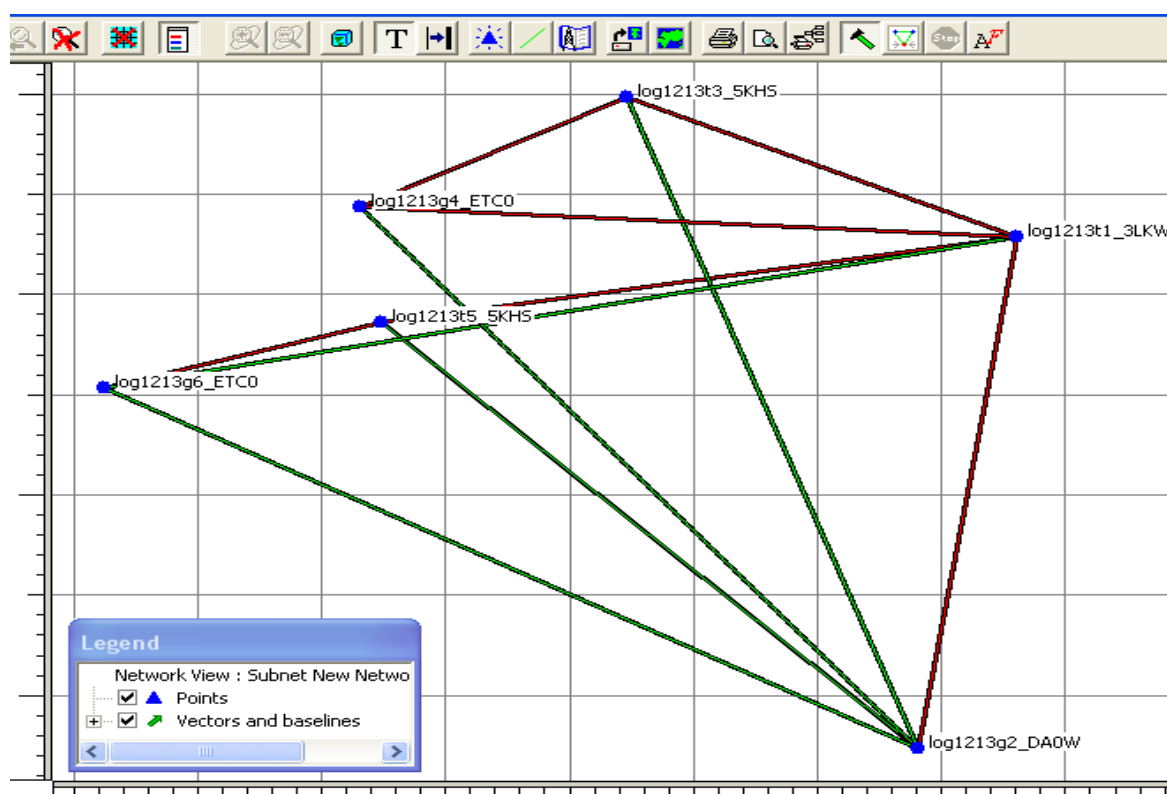


Рис. 2 – Опорная геодезическая сеть в районе Каштачной горы

Планирование наблюдений выполнялось нами с помощью лицензионного программного пакета PINNACLE. В результате проведения реальных наблюдений установлено, что для пункта с геодезическими координатами  $B=56^{\circ}30'$  и  $L=85^{\circ}$  четыре геодезических спутника можно наблюдать практически в течение всего дня с необходимой точностью. Число видимых ИСЗ в процессе полевых работ колебалось от 8 до 11 на весь период наблюдений в течении дня и обеспечило надежную геометрическую связь между базовыми станциями и определяемыми пунктами. Фактическое значение показателя геометрической точности сети спутников PDOP во время наблюдений с 9 до 17 часов дня колебалось от 1 до 2, Поэтому все наблюдения планировались с 9 до 17 ч.

Полевые измерения проводились с помощью комплекта спутниковых приемников MAXOR фирмы «JAVAD POSITIONING SYSTEMS», технические характеристики которых позволяют определять плановое положение пунктов на земной поверхности с точностью 1-2 мм и высотное положение с точностью 2-3 мм. при отсутствии помех. Взаимное положение пунктов определялось в статическом режиме. Один приемник устанавливался на базовом пункте, второй – на определяемом. Относительно базовых пунктов было определено положение остальных пунктов. В процессе обработки координаты определяемых пунктов получены в системе WGS-84. Погрешность определения наклонных дальностей (длин векторов) между базовыми и определяемыми пунктами, как показано в таблице 2., составила порядка 0,6 мм. ( предельная – 1,8 мм.) Азимуты (углы) и превышения измерялись с точностью 0,5-1,7 секунды (предельная погрешность 1,5 – 5,1 секунды). Результаты измерений смещений реперов приведены в таблице 1

Таблица 1 – Ведомость координат грунтовых реперов, определенных с применением спутниковых технологий

SUBNET 'Kashtak' PROCESSED VECTORS (Distance-Azimuth-Elevation)							
#	Stations	Coordinates			Sigmas (mm)		
	from - to	Distance(m)	Azimuth	Elevation	s(D)	s(A)	s(E)
1	log1213g2_DA0W- log1213t1_3LKW	793.6756	4°57'14.56"	0°06'34.56"	0.7	0.5	1.7
2	log1213g4_ETC0- log1213t3_5KHS	249.7217	47°10'42.02"	0°43'42.73"	0.7	0.8	1.6
3	log1213g6_ETC0- log1213t5_5KHS	215.4802	62°15'41.41"	1°34'05.46"	0.7	1.0	2.2
4	log1213t1_3LKW- log1213g4_ETC0	455.1239	275°55'33.08"	- 1°40'48.87"	0.4	0.6	1.3
Mean weight matrix's estimations:					0.6	0.6	1.7

Таким образом, наблюдения посредством GPS-приемников для определения координат грунтовых реперов, заложенных на оползневом склоне позволили, как видно из табл.1. достичь 1 мм в плане и 2 мм по высоте, что значительно превышает точность таких же определений классическими методами геодезии и позволяет своевременно зафиксировать начало оползневых деформаций на склоне

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РАЗВИТИЕМ ГЛУБИННЫХ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

Естественные геодинамические процессы, а также техногенные воздействия на геологическую среду приводят к изменению напряженно-деформированного состояния грунтового массива, вызывая оползни, обрушения, разрушения инженерных сооружений и жилых домов. Изучение этих процессов, оценка устойчивости склонов, проектирование и осуществление противооползневых мероприятий остаются наиболее актуальными задачами инженерной геологии.

Изучение глубинных деформационных процессов как на стадии упругих, так и пластических деформаций является важным этапом прогнозной оценки устойчивости массива грунтов и развития оползневых процессов. В последние годы для изучения напряженно-деформированного состояния грунтового массива и для наблюдений за развитием глубинных деформационных процессов используются геофизические методы, в первую очередь сейсмические, сейсмоакустические и электроразведочные и технические средства. Определение поверхности скольжения при формировании оползней более надежно достигается с помощью глубинных реперов, что имеет важное значение при разработке противооползневых мероприятий. Применение методов и технических средств контроля глубинных деформаций основаны на использовании скважин с монтажом в них элементов преобразователей смещения грунтового массива.

Определение глубины поверхности скольжения тензометрическими реперами или по излому одной секции глубинного тросового репера не отражают начальной стадии зарождения оползневого процесса и не позволяют проследить динамику его развития. Решение этих задач достигается применением в качестве преобразователей деформации природного массива обсадных труб, которыми оборудуются скважины. Обсадная труба из ферро магнитного материала обладает свойством магнитной упругости, состоящей в изменении намагниченности под воздействием на нее механического напряжения. Информативным параметром, отражающим это напряжение может служить магнитная индукция репера, нанесенная на трубу.

Метод и аппаратура магнитометрического контроля оползневых деформаций (АМКОД) разработаны институтом ВИОГЕМ [2]. В основу метода положено явление магнитной упругости ферро магнитных материалов. Магнитные репера, нанесенные на обсадную трубу являются основными элементами, дающими детальную информацию о глубине и характере деформационных процессов природного массива и конструктивно представляют собой постоянные магниты участков обсадной трубы, создающие локальные магнитные поля, магнитная индукция которых изменяется под воздействием механических давлений, вызывающих деформацию трубы.

В таблице 2 приведены результаты начального уровня и первого цикла наблюдений уровня намагниченности, относительно которого в дальнейшем будут определяться изменения индукции реперов в последующих циклах наблюдений.

Таблица 2 – Результаты наблюдений уровня намагниченности

Глубина скв., м	Магнитная индукция, мкЕ		
	Начальный уровень, $B_0$	Цикл наблюдений, 1	
		$B_i$	$\Delta B = B_0 - B_i$
0	326,9	319,7	7,2
3	309,1	305,3	3,8
6	307,5	305,1	2,4
9	300,0	297,9	2,1
12	306,4	304,8	1,6
15	313,6	308,5	5,1
18	316,6	309,6	6,4
21	305,1	300,8	4,3
24	300,0	295,7	4,3
27	304,3	300,8	3,5
30	307,2	301,6	5,6

Магнитометрический метод контроля оползневых деформаций применяется для оценки зарождения и прогноза развития глубинных процессов, происходящих в природном массиве. Метод отличается высокой надежностью, разрешающей способностью по глубине и простотой сбора информации независимо от глубины наблюдений. Для реализации метода могут быть использованы также гидрорежимные скважины, обсаженные стальными трубами, диаметром 57-108 мм, оборудованные фильтрами. Изменение остаточной намагниченности реперов имеет тесную корреляционную связь с деформацией обсадной трубы. Поэтому измеряемый магнитный параметр использован для оценки глубины и динамики проявления оползневого процесса. При выборе метода тарировки обсадной трубы, являющейся преобразователем деформации природного массива, необходимо исходить из инженерно-геологических условий и механизма проявления деформации контролируемого массива.

Для проведения геофизических магнитометрических исследований на территории Каштачной горы были пробурены специальные скважины и проведены начальный и первый цикл наблюдений. Измерение естественной

намагниченности обсадной трубы, размагничивание, нанесение магнитных реперов и измерение информативных сигналов реперов на Каштачной горе проводилось в октябре 2011г. Последующие циклы наблюдений позволяют установить изменения магнитной индукции по сравнению с нулевым циклом, по которым дается прогноз развития глубинных оползневых процессов.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Оползневые процессы на территории г. Томска продолжают активно развиваться, чему в значительной степени способствует интенсивное техногенное воздействие на геологическую среду. Развитие этих процессов приводит к нарушению динамического равновесия в эксплуатации природно – технических систем и возникновению чрезвычайных ситуаций. По этой же причине произошло разрушение учебного корпуса ТУСУРа в Лагерном Саду и произведено расселение двух подъездов жилого дома № 89 в мкр "Солнечный".

2. Для стабилизации ситуации на этих территориях требуется разработка и внедрение комплекса мероприятий по инженерной защите. На территории Лагерного сада требуется корректировка и незамедлительная реализация проекта противооползневых мероприятий. Из которых наиболее важным является завершение строительства горизонтальной дренажной выработки.

3. Необходимо продолжить наблюдения за всеми компонентами природно-технических систем с использованием спутниковых технологий и магнитометрических методов за развитием глубинных оползневых процессов. Для прогнозирования ожидаемых экстремальных явлений и организации инженерной защиты необходима организация современного комплексного геоэкологического мониторинга их развития во времени и пространстве.

Таким образом, на практике было доказано, что геодезический мониторинг является важнейшей составляющей системы геодезического обеспечения геоэкологического мониторинга, поскольку обеспечивает его пространственно-временную привязку, являясь координатной основой и позволяет определить факторы, влияющие на состояние и развитие природно-технических систем и обеспечить геоэкологическую безопасность природно-технических систем на урбанизированных территориях в процессе их эксплуатации.

#### Литература

1. Ольховатенко В.Е., Рутман М.Г., Лазарев В.М. Опасные природные и техноприродные процессы на территории г. Томска и их влияние на устойчивость природно – технических систем. Томск: Печатная мануфактура, 2005. – 152 с.

2. Пята С.Я., Киянец А.В. Магнитометрический метод контроля напряженно-деформированного состояния природного массива// Тезисы международной конференции «Геомеханика в Горном деле». Екатеринбург. 1996, с. 203.

#### References

1. Ol'hovatenko V.E., Rutman M.G., Lazarev V.M. Opasnye prirodnye i tehnoprirodnye processy na territorii g. Tomsk i ih vliyanie na ustojchivost' prirodno – tehniceskikh sistem. Tomsk: Pechatnaja manufaktura, 2005. – 152 s.

2. Pjata S.Ja., Kijanec A.V. Magnitometricheskij metod kontrolja naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija prirodnogo massiva// Tezisy mezhdunarodnoj konferencii «Geomehanika v Gornom dele». Ekaterinb

#### Павленко В.И.

Доктор технических наук, профессор,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

#### РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ СБОРКИ ДЛЯ НЕЙТРОННОЙ И ГАММА ЗАЩИТЫ

#### Аннотация

*Рассмотрены технологические основы получения композиционных материалов для защиты от нейтронного и гамма излучения с использованием металлооксидных систем. Разработанные материалы предложены для производства радиационной защиты в условиях массово-габаритных ограничений.*

**Ключевые слова:** композиционный материал, сборки, компоновка, нейтронная защита, гамма защита.

#### Pavlenko V.I.

PhD in Engineering, professor,

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhova

#### RADIATION PROTECTIVE ASSEMBLIES FOR NEUTRON AND SCALE OF PROTECTION

#### Abstract

*Technological basics of receiving composite materials for protection from neutron and scale of radiation with use of metal-oxide systems are covered. The developed materials are offered for production of radiation protection in the conditions of mass and dimensional restrictions.*

**Keywords:** composite material, assemblies, configuration, neutron protection, gamma protection.

Применяемые в России транспортные контейнеры ОЯТ типа ТК-18 (ТУК-108/1, ТУК 120) имеют ряд технологических и эксплуатационных недостатков, ограничивающих и усложняющих их применение. Большое сечение захвата тепловых нейтронов и значительное сечение неупругого рассеяния быстрых нейтронов приводят к образованию в стали мощных потоков вторичного гамма-излучения [1-15]. В связи с этим необходима разработка контейнера с использованием внутренней полимеркомпозиционной радиационно-защитной оболочки.

В полимерных радиационно-защитных композитах высокодисперсное железо и его оксиды ввиду высокой гидрофильности и абразивности в качестве наполнителей для неполярных полимерных матриц не используются, что послужило основанием для проведения дополнительных исследований [16-30].

В качестве наполнителя полимера использованы два вида железорудных концентратов:

1. Концентрат Лебединского ГОКа следующего химического состава: 94-96 %  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  - магнетит, 0.5-1.0 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -



гематит, 2-4 %  $\text{SiO}_2$  - кварц. Плотность  $5800 \text{ кг/м}^3$ . Твердость - 6. Цвет - черный. Размер частиц кристаллов 5-10 мкм : кристаллы  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  октаэдрической формы.

2. Концентрат Шемраевского месторождения КМА (скважной гидродобычи-СГД), представляющий собой главный минерал - гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 98 %), преимущественно в виде мартита. Второстепенные минералы - гидроксиды железа (гетит) - 1.5, магнетит - 0.3 %, кварц - 0.2%.

Мартит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) в СГД находится в виде отдельных неправильных, округлых зерен и полиэдрических сростков. Размеры зерен мартита колеблются в пределах от 7 до 40 мкм. Плотность  $5100 \text{ кг/м}^3$ .

Изучение электрокинетических свойств поверхности железорудного концентрата представляет интерес, так как заряд поверхности может оказать влияние на взаимодействие основного минерала с ионами раствора, т.е. на их адсорбцию.

Электрокинетический потенциал Fe-концентратов в дистиллированной воде отрицателен (рис.1). Он уменьшается при снижении pH среды (при добавлении  $\text{HCl}$ ), переходя из отрицательного значения в положительный потенциал при  $\text{pH} < 4$ .

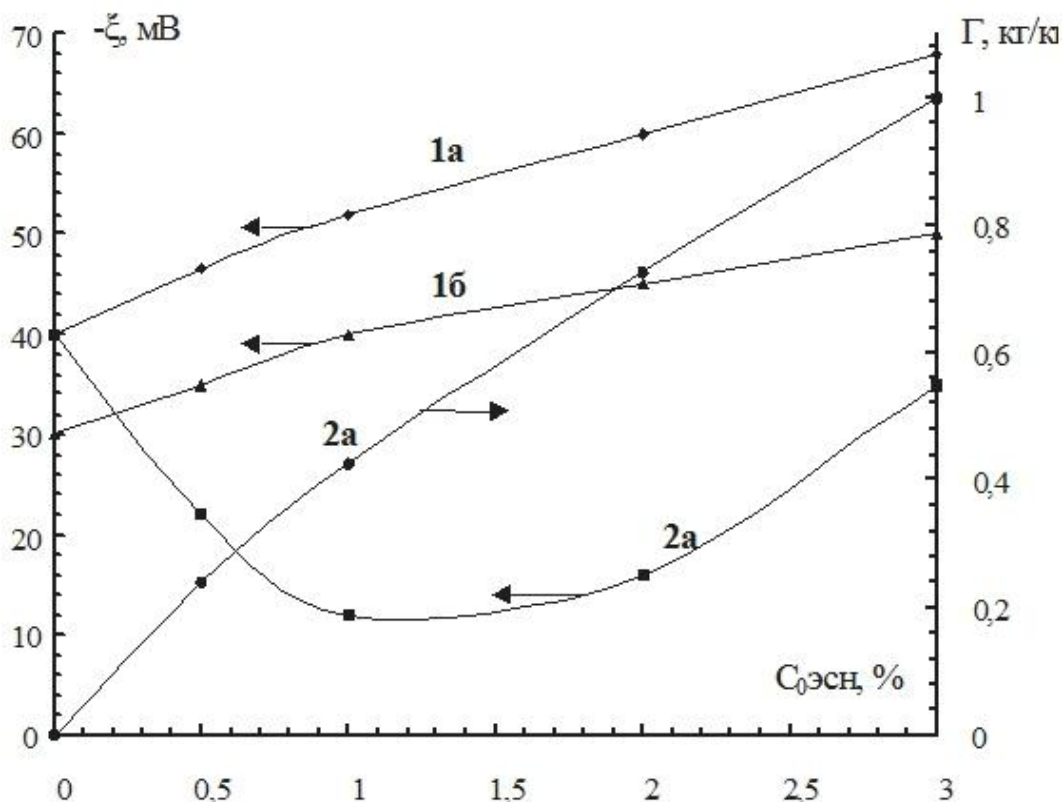


Рис. 1 – Изменение  $\xi$ -потенциала магнетита (а), гематита (б) и величины адсорбции ( $\Gamma$ ) этилсиликоната натрия от концентрации ЭСН в водном растворе ( $\text{pH} = 7$ ): 1 – раствор без ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ; 2 – раствор с ионами  $\text{Ca}^{2+}$  (100 мг-экв/л)

Таким образом, заряд поверхности концентрата определяется концентрацией ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ . Следовательно,  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  - ионы будут являться потенциалопределяющими. Обращает внимание слабая зависимость изменения электрокинетического потенциала гематита от концентрации ЭСН (рис.1). В связи с этим дальнейшие исследования по адсорбционной способности по отношению к ЭСН были выполнены с магнетитовым концентратом.

Проводились эксперименты (рис.1, 2) по изучению адсорбции ЭСН поверхностью концентрата в зависимости от концентрации ЭСН и pH среды (pH среды регулировали  $\text{HCl}$  и щелочным раствором ЭСН).

Предполагалось, что небольшие количества ЭСН активируют концентрат и снижают его  $\xi$ -потенциал.

Электрокинетический потенциал Fe-концентрата при добавлении небольших количеств ЭСН не снижается, а возрастает. Кривые 1, 2 (рис.3.13), полученные при изменении pH среды без ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и в их присутствии, имеет одинаковый характер с кривой 1 на рис.3.12. На основании этого можно предположить, что  $\xi$ -потенциал Fe-концентрата изменяется не вследствие адсорбции силикат-ионов ЭСН на поверхности сорбента, а за счет влияния pH среды. При наличии адсорбции силикат-ионов ЭСН поверхностью Fe-концентрата характер кривых был бы различен.



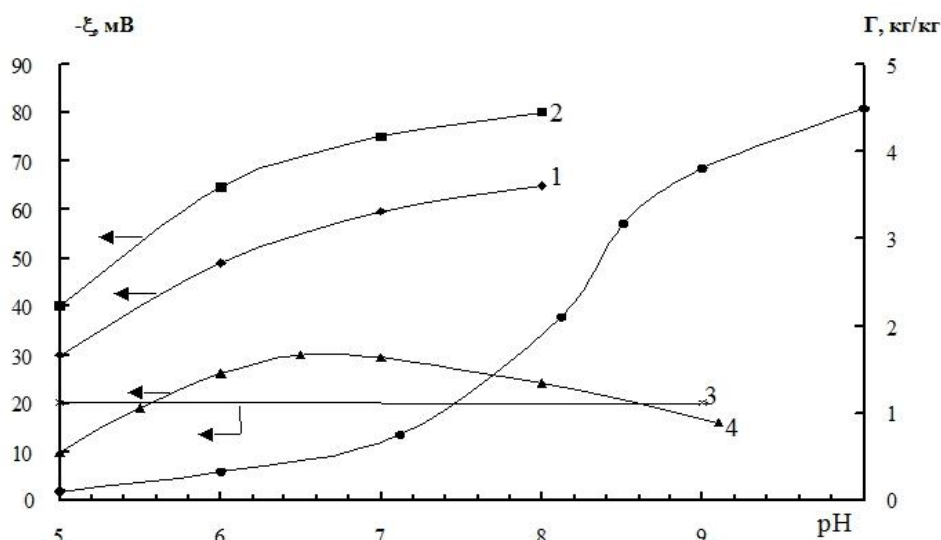


Рис. 2 – Изменение дзета-потенциала магнетита и адсорбции (Г) ЭСН от pH водного раствора: 1 – ЭСН отсутствует; 2 – 1% раствор ЭСН; 3 – в растворе содержатся ионы  $\text{Ca}^{2+}$  (100 мг-экв/л); 4 – в растворе содержатся ионы  $\text{Ca}^{2+}$  (100 мг-экв/л) и ЭСН (1%-ный раствор)

Установлено, что ионы  $\text{Pb}^{2+}$  из водного раствора сорбируются очень слабо поверхностью Fe-концентрата. Сделана попытка осуществить активацию поверхности Fe-концентрата с помощью ионов  $\text{Ca}^{2+}$ .

Ионы  $\text{Ca}^{2+}$  способствуют адсорбции ЭСН Fe-концентратом (рис.2). Адсорбция ЭСН растет с увеличением концентрации ЭСН, а также с ростом значения pH. В кислой среде адсорбции ЭСН не происходит. Заметное поглощение ЭСН Fe-концентрата наблюдается только при  $\text{pH} > 6$ . Возможно, ионы  $\text{Ca}^{2+}$  при поглощении их поверхностью Fe-концентрата, создают кальциевую оболочку и поверхность Fe-кон-центрата становится подобна поверхности кальцита, на которой затем закрепляется ЭСН. Несомненно, что адсорбируемые поверхностью ионы  $\text{Ca}^{2+}$  будут оказывать влияние на изменение  $\xi$ -потенциала Fe-кон-центрата.

Кривые 1 и 2 (рис.1), отражающие зависимость  $\xi$ -потенциала от концентрации ЭСН, имеют различный характер. Присутствие ионов  $\text{Ca}^{2+}$  резко снижает  $\xi$ -потенциал поверхности Fe-концентрата. Повышение же концентрации ЭСН вызывает медленное возрастание электрокинетического потенциала. Можно предположить, что ионы  $\text{Ca}^{2+}$  адсорбируются во внутреннюю обкладку двойного электрического слоя (ДЭС), а затем происходит вторичная адсорбция ЭСН. Если в растворе, кроме ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , присутствует ЭСН (ионная форма в растворе, кривая 2 на рис.2), то  $\xi$ -потенциал поверхности Fe-концентрата плавно повышается с увеличением pH среды. Ионы  $\text{Ca}^{2+}$  снижают  $\xi$ -потенциал концентрата как в кислой, так и в щелочной среде (кривая 3 на рис.2). Из этого сопоставления кривых можно предположить, что ионы  $\text{Ca}^{2+}$  адсорбируются поверхностью Fe-концентрата в широком интервале pH. Совместное присутствие ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и ЭСН также снижает величину  $\xi$ -потенциала, который с ростом значений pH среды практически остается постоянным (кривая 4 на Рис.2). Очевидно, указанные ионы адсорбируются в пропорциональных количествах, чем и объясняется постоянство величины  $\xi$ -потенциала.

Попытка сорбировать ионы  $\text{Pb}^{2+}$  на модифицированной ионами  $\text{Ca}^{2+}$  поверхности Fe-концентрата не дало заметного положительного эффекта (величина максимальной адсорбции ионов  $\text{Pb}^{2+}$  не превышало 0.5 мг-экв/г адсорбента). В связи с этим целесообразным оказалось проводить модификацию Fe-концентрата первоначально ионами  $\text{Ca}^{2+}$ , а затем ЭСН при  $\text{pH}=8-10$  с последующим соосаждением в данном растворе ионов  $\text{Pb}^{2+}$  по реакции:



в виде гидроксида, т.е. провести со осаждение алкилсиликоната свинца на поверхности Fe-концентрата. В результате происходит образование гидрофобизированного Fe-концентрата. Косинус краевого угла смачивания железорудного порошка составляет - (0.4-0.5). Модификация Fe-концент-рата вследствие гидрофобизации практически не изменяет его магнитные свойства. Магнитная восприимчивость гидрофобного (краевой угол смачивания равен  $95-100^\circ$ ) магнетитового концентрата при сорбции на его поверхности 3-5% алкилсиликоната свинца составляет  $\chi=0.15 \text{ см}^3/\text{г}$ .

Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ, проект № 11.2034.2014/К и гранта РФФИ, проект. № 14-41-08067.

#### Литература

1. Матюхин П. В. Композиционный материал, стойкий к воздействию высокоэнергетических излучений / Матюхин П. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 25-27.
2. Композиционный материал для защиты от гамма-излучения / Ястребинский Р. Н., Павленко В. И., Матюхин П. В., Четвериков Н. А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 17-20.
3. Ястребинская А. В. Модифицированный конструкционный стеклопластик на основе эпоксидных олигомеров для строительных изделий: Автореф. дис. канд. техн. наук. / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород. 2004. 19 с.

4. Ястребинский Р. Н. Модифицированные железоксидные системы – эффективные сорбенты радионуклидов / Ястребинский Р. Н., Павленко В. И., Бондаренко Г. Г., Ястребинская А. В., Черкашина Н. И. // Перспективные материалы. - 2013. - № 5. - С. 39-43.
7. Перспективы создания современных высококонструкционных радиационно-защитных металлокомпозигов / Матюхин П. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Бондаренко Ю. М. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2011. - № 2. - С. 27-29.
8. Композиционный материал для радиационной защиты / Матюхин П. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Бондаренко Ю. М. // Патент на изобретение, RU 2470395, 20.12.2010.
9. Матюхин П. В. Исследование механизмов модифицирования поверхности природных железорудных минералов алкилсиликонатами / Матюхин П. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. - 2005. - Т. 48. - № 4. - С. 140.
10. Павленко В. И. Радиационно-защитный бетон для биологической защиты ядерных реакторов / Павленко В. И., Епифановский И. С., Ястребинский Р. Н. // Перспективные материалы. - 2006. - № 3. - С. 22.
11. Павленко В. И. Радиационно-защитный тяжелый бетон на основе железорудного минерального сырья / Павленко В. И., Воронов Д. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2007. - № 4. - С. 40-42.
12. Радиационно-защитный бетон для биологической защиты ядерных реакторов / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Смоликов А. А., Дегтярев С. В., Воронов Д. В. // Перспективные материалы. - 2006. - № 2. - С. 47-50.
13. Павленко В. И. Тяжелый бетон для защиты от ионизирующих излучений / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Воронов Д. В. // Строительные материалы. - 2007. - № 8. - С. 48-49.
14. Павленко В. И. Исследование тяжелого радиационно-защитного бетона после активации быстрыми нейтронами и гамма-излучением / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Воронов Д. В. // Инженерно-физический журнал. - 2008. - Т. 81. - № 4. - С. 661-665.
15. Радиационно-защитный бетон для АЭС с РБМК на основе железо-сerpентинитовых композиций с цементным связующим / Павленко В. И., Смоликов А. А., Ястребинский Р. Н., Дегтярев С. В., Панкратьев Ю. В., Орлов Ю. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2004. - № 8. - С. 66.
16. Полимерные радиационно-защитные композиты / Павленко В.И. монография // В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский. Белгород. 2009.
17. Термопластичные конструкционные композиционные материалы для радиационной защиты / Павленко В. И., Епифановский И. С., Ястребинский Р. Н., Куприева О. В. // Перспективные материалы. 2010. № 6. С. 22-28.
18. Нанонаполненные полимерные композиционные радиационно-защитные материалы авиационно-космического назначения / Едаменко О. Д., Ястребинский Р. Н., Соколенко И. В., Ястребинская А.В. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 128.
19. Радиационно-защитный композиционный материал на основе полистирольной матрицы / Павленко В. И., Едаменко О. Д., Ястребинский Р. Н., Черкашина Н. И. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2011. - № 3. - С. 113-116..
20. Высокодисперсные органосвинцецилоксановые наполнители полимерных матриц / Павленко В. И., Ястребинская А. В., Павленко З. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2010. № 2. С. 99-103.
21. Павленко В. И. Полимерные диэлектрические композиты с эффектом активной защиты / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Ястребинская А. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 62-66.
23. Ястребинская А. В. Разработка и применение композиционного материала на основе эпоксидиановой смолы для строительных конструкций и теплоэнергетики / Ястребинская А. В., Огрель Л. Ю. // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 2. С. 173.
24. Ястребинская А. В. Коррозионностойкие полимеркомпозиты на основе эпоксидных и полиэфирных олигомеров для строительства / Ястребинская А. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н. // Перспективы развития строительного комплекса. - 2012. - Т. 1. - С. 243-247.
25. Огрель Л. Ю. Структурообразование и свойства легированных эпоксидных композитов / Огрель Л. Ю., Ястребинская А. В. // Строительные материалы. 2004. № 8. С. 48-49.
26. Расчеты процессов прохождения гамма-квантов через полимерный радиационно-защитный композит / Павленко В. И., Липканский В. М., Ястребинский Р.Н. // Инженерно-физический журнал. 2004. Т. 77. №1. С.12-15.
27. Моделирование прохождения высокоэнергетических электронов в высоконаполненном полимерном композите / Соколенко И. В., Ястребинский Р.Н., Крайний А. А., Матюхин П. В., Тарасов Д. Г. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С.145-148.
28. Структурообразование металлоолигомерных водных дисперсий / Ястребинский Р. Н., Павленко В. И., Ястребинская А. В., Матюхин П. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 121-123.
29. Механическая активация полимерных диэлектрических композиционных материалов в непрерывном режиме / Ястребинская А. В., Павленко В. И., Матюхин П. В., Воронов Д. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 74-77.
30. Огрель Л. Ю. Полимеризация эпоксидного связующего в присутствии добавки полиметилсилоксана / Огрель Л. Ю., Ястребинская А. В., Бондаренко Г. Н. // Строительные материалы. 2005. № 9. С. 82-87.

#### References

1. Matjuhin P. V. Kompozicionnyj material, stojkij k vozdeystviyu vysokojenergeticheskikh izluchenij / Matjuhin P. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G.

Shuhova. 2012. № 2. S. 25-27.

2. Kompozicionnyj material dlja zashhity ot gamma-izlucheniya / Jastrebinskij R. N., Pavlenko V. I., Matjuhin P. V., Chetverikov N. A. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2011. № 3. S. 17-20.

3. Jastrebinskaja A. V. Modificirovannyj konstrukcionnyj stekloplastik na osnove jepoksidnyh oligomerov dlja stroitel'nyh izdelij: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. / Belgorodskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. Belgorod. 2004. 19 s.

4. Jastrebinskij R. N. Modificirovannye zhelezooksidnye sistemy – jeffektivnye sorbenty radionuklidov / Jastrebinskij R. N., Pavlenko V. I., Bondarenko G. G., Jastrebinskaja A. V., Cherkashina N. I. // Perspektivnye materialy. - 2013. - № 5. - S. 39-43.

7. Perspektivy sozdaniya sovremennyh vysokokonstrukcionnyh radiacionno-zashhitnyh metallokompozitov / Matjuhin P. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Bondarenko Ju. M. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. - 2011. - № 2. - S. 27-29.

8. Kompozicionnyj material dlja radiacionnoj zashhity / Matjuhin P. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Bondarenko Ju. M. // Patent na izobretenie, RUS 2470395, 20.12.2010.

9. Matjuhin P. V. Issledovanie mehanizmov modificirovaniya poverhnosti prirodnyh zhelezorudnyh mineralov alkilsilikonatami / Matjuhin P. V., Jastrebinskij R. N. // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Himija i himicheskaja tehnologija. - 2005. - T. 48. - № 4. - S. 140.

10. Pavlenko V. I. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja biologicheskoy zashhity jadernyh reaktorov / Pavlenko V. I., Epifanovskij I. S., Jastrebinskij R. N. // Perspektivnye materialy. - 2006. - № 3. - S. 22.

11. Pavlenko V. I. Radiacionno-zashhitnyj tjazhelyj beton na osnove zhelezorudnogo mineral'nogo syr'ja / Pavlenko V. I., Voronov D. V., Jastrebinskij R. N. // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. - 2007. - № 4. - S. 40-42.

12. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja biologicheskoy zashhity jadernyh reaktorov / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Smolikov A. A., Degtjarev S. V., Voronov D. V. // Perspektivnye materialy. - 2006. - № 2. - S. 47-50.

13. Pavlenko V. I. Tjazhelyj beton dlja zashhity ot ionizirujushhih izluchenij / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Voronov D. V. // Stroitel'nye materialy. - 2007. - № 8. - S. 48-49.

14. Pavlenko V. I. Issledovanie tjazhelego radiacionno-zashhitnogo betona posle aktivacii bystryimi nejtronami i gamma-izlucheniem / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Voronov D. V. // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. - 2008. - T. 81. - № 4. - S. 661-665.

15. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja AJeS c RBMK na osnove zhelezo-serpentinitovyh kompozicij s cementnym svjazujushhim / Pavlenko V. I., Smolikov A. A., Jastrebinskij R. N., Degtjarev S. V., Pankrat'ev Ju. V., Orlov Ju. V. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. - 2004. - № 8. - S. 66.

16. Polimernye radiacionno-zashhitnye kompozity / Pavlenko V.I. monografija // V. I. Pavlenko, R. N. Jastrebinskij. Belgorod. 2009.

17. Termoplasticheskie konstrukcionnye kompozicionnye materialy dlja radiacionnoj zashhity / Pavlenko V. I., Epifanovskij I. S., Jastrebinskij R. N., Kuprieva O. V. // Perspektivnye materialy. 2010. № 6. S. 22-28.

18. Nanonapolnennye polimernye kompozicionnye radiacionno-zashhitnye materialy aviacionno-kosmicheskogo naznachenija / Edamenko O. D., Jastrebinskij R. N., Sokolenko I. V., Jastrebinskaja A.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. № 6. S. 128.

19. Radiacionno-zashhitnyj kompozicionnyj material na osnove polistirol'noj matricy / Pavlenko V. I., Edamenko O. D., Jastrebinskij R. N., Cherkashina N. I. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. - 2011. - № 3. - S. 113-116.

20. Vysokodispersnye organosvinecsiloksanovyje napolniteli polimernyh matric / Pavlenko V. I., Jastrebinskaja A. V., Pavlenko Z. V., Jastrebinskij R. N. // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2010. № 2. S. 99-103.

21. Pavlenko V. I. Polimernye dijelektricheskie kompozity s jeffektom aktivnoj zashhity / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Jastrebinskaja A. V. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2009. № 3. S. 62-66.

23. Jastrebinskaja A. V. Razrabotka i primenenie kompozicionnogo materiala na osnove jepoksidianovoj smoly dlja stroitel'nyh konstrukcij i teploenergetiki / Jastrebinskaja A. V., Ogrel' L. Ju. // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2004. № 2. S. 173.

24. Jastrebinskaja A. V. Korrozionnostojkie polimerkompozity na osnove jepoksidnyh i polijefirnyh oligomerov dlja stroitel'stva / Jastrebinskaja A. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N. // Perspektivy razvitija stroitel'nogo kompleksa. - 2012. - T. 1. - S. 243-247.

25. Ogrel' L. Ju. Strukturnoobrazovanie i svojstva legirovannyh jepoksidnyh kompozitov / Ogrel' L. Ju., Jastrebinskaja A. V. // Stroitel'nye materialy. 2004. № 8. S. 48-49.

26. Raschet processov prohozhdenija gamma-kvantov cherez polimernyj radiacionno-zashhitnyj kompozit / Pavlenko V. I., Lipkanskij V. M., Jastrebinskij R.N. // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. 2004. T.77. №1. S.12-15.

27. Modelirovanie prohozhdenija vysokojenergeticheskikh jelektronov v vysokonapolnennom polimernom kompozite / Sokolenko I. V., Jastrebinskij R.N., Krajnij A. A., Matjuhin P. V., Tarasov D. G. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2013. №6. S.145-148.

28. Strukturnoobrazovanie metallooligomernyh vodnyh dispersij / Jastrebinskij R. N., Pavlenko V. I., Jastrebinskaja A. V., Matjuhin P. V. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2012. № 2. S. 121-123.

29. Mehanicheskaja aktivacija polimernyh dijelektricheskikh kompozicionnyh materialov v nepreryvnom rezhime / Jastrebinskaja A. V., Pavlenko V. I., Matjuhin P. V., Voronov D. V. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2009. № 3. S. 74-77.

30. Ogrel' L. Ju. Polimerizacija jepoksidnogo svjazujushhego v prisutstvii dobavki polimetilsiloksana / Ogrel' L. Ju., Jastrebinskaja A. V., Bondarenko G. N. / Stroitel'nye materialy. 2005. № 9. S. 82-87.

Пархоменко С.С.<sup>1</sup>, Леденёва Т.М.<sup>2</sup><sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>доктор технических наук, Воронежский государственный университет**СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ  
В УСЛОВИЯХ НЕТОЧНЫХ ДАННЫХ****Аннотация**

В статье предлагаются альтернативные подходы для решения NP-полной задачи распределения работ по исполнителям на основе генетических алгоритмов в условиях неточных исходных данных.

**Ключевые слова:** генетические алгоритмы, неточные величины.

Parkhomenko S.S.<sup>1</sup>, Ledeneva T.M.<sup>2</sup><sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Voronezh State University**SCHEDULING WITH ROUGH DATA USING GENETIC ALGORITHM FOR A GRID COMPUTING****Abstract**

The article demonstrates a solving a NP-hard scheduling problem using the genetic algorithm adapted for rough values.

**Keywords:** genetic algorithm, rough values.

**1. Введение**

Распределённые вычислительные сети (РВС) являются одним из популярных направлений развития информационных технологий. Замечено, что чем слабее связь между компонентами системы, тем проще аккумулировать вычислительные ресурсы, но сложнее поддерживать высокий уровень эффективности их использования. Основными способами оптимизации работы РВС является сокращение издержек передачи данных и оптимальное распределение нагрузки. Слияние работ в более крупную независимую единицу является одним из способов решения обеих проблем, при этом становится возможным сведение процесса распределения нагрузки к одной из задач теории расписания.

В широком смысле на время работы независимой единицы могут влиять обрабатываемые ей данные. Если принять, что это влияние сложно оценить, то из-за неопределённости в исходных данных становится невозможным прямое использование классических методов составления расписаний.

С популяризацией мягких вычислений одним из направлений современных исследований является разработка методов составления расписаний в условиях неопределённости. Планирование в рамках случайных величин подробно рассмотрено в [1]. В [2] показано применение комбинации нейронных сетей с генетическими алгоритмами для решения различных задач со случайными, нечёткими и неточными данными в условии.

Представив процесс распределения нагрузки для минимизации времени обработки независимых единиц в РВС как задачу распределения работ по исполнителям, работающим параллельно, и допустив, что

- а) производительность исполнителей различна,
- б) каждая работа неделима и независима,
- в) процесс выполнения работы непрерывен,
- г) в некоторый момент времени исполнитель может выполнять только одну работу,
- д) работа не требует предварительных операций,
- е) идентичные работы группируются по *типам работ*

можно наглядно продемонстрировать специфику решения задач с неопределённостью.

**2. Постановка задачи**

Пусть дано  $m$  исполнителей, обладающих разной производительностью, и  $n$  работ, сгруппированных в  $p$  типов. Каждый исполнитель  $k \in \{1, \dots, m\}$  может выполнить любую работу, но для выполнения работы  $i$ -го типа исполнители могут затрачивать разное время. Этот факт учитывается технологической матрицей

$$T = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1m} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{p1} & t_{p2} & \dots & t_{pm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

где  $t_{ik}$  – время выполнения работы типа  $i$  исполнителем  $k$ . Необходимо распределить  $n$  работ по  $m$  исполнителям (составить план работ) так, чтобы общее время выполнения работ, отсчитывая с начала загрузки хотя бы одного исполнителя и заканчивая по факту освобождения всех исполнителей, было минимальным. В соответствии с нотацией, описанной в [1], сформулированную задачу обозначим в виде  $R_m \parallel C_{\max}$ .

В классическом случае, где  $t_{ik} \in \mathbf{R}$ , задачу можно свести к задаче дискретного программирования следующего вида

$$\begin{cases} \max_k \left( \sum_{i=1}^p c_{ik} t_{ik} \right) \rightarrow \min, \\ \sum_{k=1}^m c_{ik} = n_i, \quad 1 \leq i \leq p, \\ c_{ik} \geq 0, \quad 1 \leq i \leq p, \quad 1 \leq k \leq m, \end{cases} \quad (2)$$

где  $C_{ik}$  – количество назначенных работ типа  $i$  для исполнителя  $k$ ,  $n_i$  – общее (суммарное) количество работ типа  $i$ . Совокупность ограничений в (2) гарантирует, что все работы будут задействованы в расписании. Решение задачи (2) представляется в виде матрицы  $C = \{c_{ik}\}_{p \times m}$

### 3. Общая схема генетических алгоритмов

Задача (2) относится к задачам дискретной оптимизации и является NP-полной [1], из чего следует, что универсального алгоритма, отличного от полного перебора, не существует. Общий подход к решению данной задачи может быть основан на нахождении субоптимального решения, что позволит экономить вычислительные ресурсы. Для этого целесообразно использовать генетические алгоритмы (ГА) – метод эвристического поиска решения задач оптимизации, основанный на имитации различных механизмов естественного отбора. Идея алгоритма заключается в манипулировании имеющейся совокупностью закодированных решений (хромосом) с помощью ряда генетических операторов и получении новых хромосом, являющихся новыми вариантами решения [3]. В отличие от случайного поиска, ГА использует информацию, накопленную в процессе эволюции (поиска) от предыдущих поколений. ГА не накладывают ограничений на вид целевой функции и область определения задачи, однако параметры работы часто подбираются эмпирически [4].

Реализация ГА обычно начинается с поиска способа кодирования *хромосомы* – однозначного представления варианта решения оптимизационной задачи. Каждая хромосома состоит из набора *генов*.

Общая схема генетического алгоритма включает следующие этапы [5]:

- 1) Инициализация алгоритма. Этап включает кодирование генов и хромосом, определение функции приспособленности, определение условия завершения, выбор начальной популяции.
- 2) Оценка степени приспособленности хромосом в популяции. Осуществляется на основе функции приспособленности, которая строится с учётом целевой функции задачи.
- 3) Проверка условия завершения поиска. В случае выполнения условия, выбор оптимальной хромосомы в качестве решения, иначе – переход к следующему шагу.
- 4) Селекция хромосом. Селекция считается эффективной, если она создаёт возможность перехода из одной подобласти поиска решений в другую. Выделяют два основных типа селекции: случайный выбор и выбор на основе значений целевой функции (например, элитная селекция или селекция на основе заданной шкалы).
- 5) Выполнение генетических операторов. Основными операторами являются: кроссинговер и мутация.
- 6) Создание и оценка новой популяции. Возврат к шагу 2.

Оператор кроссинговера (скрещивания) – конструкция ГА, отвечающая за создание потомков из хромосом родителей. Существует большое количество разновидностей оператора скрещивания [6-7].

Простейший одноточечный оператор кроссинговера, подразумевает наличие разрезающей обе родительские структуры на два сегмента точки, для последующего склеивания соответствующих сегментов различных родителей и формирования двух новых хромосом потомков. Точка разрыва обычно выбирается случайно. Например:

Родитель 1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
Родитель 2	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Потомок 1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Потомок 2	0	0	0	1	1	0	0	1	0

Точка разрыва

Рис. 1 – Пример работы одноточечного кроссинговера.

При увеличении точек разрыва увеличивается количество способов обмена участками хромосом между особями, но если точек становится слишком много, нарушается производство приспособленного потомства [6].

Если гены хромосомы содержат бинарную информацию, то допускается использование универсального оператора кроссинговера. Вместо использования разрезающей точки (точек), используется бинарная маска, которая либо задаётся заранее, либо генерируется случайным образом. Её длина равна длине хромосомы. Потомки выводятся путём сложения по модулю 2 родителей с маской [6]. На рис. 2 представлен пример универсального кроссинговера.

Родитель 1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
Родитель 2	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Маска	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Потомок 1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
Потомок 2	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Рис. 2 – Пример работы универсального кроссинговера.

Оператор мутации – конструкция ГА, отвечающая за создание потомка из хромосомы родителя или её части. Существует масса операторов мутации. Например, при одноточечной мутации случайно выбирается ген в родительской хромосоме, который меняется местами с соседним геном, получая хромосому потомка. Популярным

способом мутации является полное замещение родительской хромосомы случайно сгенерированной хромосомой потомка [6].

ГА может включать дополнительные операторы. Наиболее распространенные – оператор редукции, нацеленный на сокращение популяции вместе с исключением неудачных решений, и оператор рекомбинации, определяющий процессы, связанные со сменой поколений (итерации работы ГА) и другие [6].

#### 4. Решение дискретной задачи планирования

Пусть для  $R_m \parallel C_{\max}$  за каждой задачей закреплён свой ген, значение которого отвечает за номер исполнителя. Сформировав и объединив цепи из работ одного типа, получим представление расписания в виде хромосомы

$$\underbrace{r_1^1 r_2^1 r_3^1 r_4^1 \dots r_{(n_1-2)}^1 r_{(n_1-1)}^1 r_{(n_1)}^1}_{\text{работы типа 1}} \underbrace{r_1^2 r_2^2 \dots r_{(n_2-2)}^2 r_{(n_2-1)}^2 r_{(n_2)}^2}_{\text{работы типа 2}} \dots \underbrace{r_1^p \dots r_{(n_p)}^p}_{\text{работа типа } p}, \quad (3)$$

где  $r_j^i \in [1, m]$  – локус хромосомы – номер исполнителя для  $j$ -ой работы  $i$ -го типа. Очевидно, что длина хромосомы  $L = \sum_{i=1}^p n_i$ .

Для оценки особей популяции (их хромосом) используется целевая функции задачи (2).

Отбор (селекцию) будет производиться следующим образом: популяция выстраивается в линейный список и каждая особь на нечётной позиции скрещивается с соседом, стоящим впереди. Такой отбор позволяет реализовать частично параллельную версию ГА, например, с применением технологии OpenMP, при этом гарантируя участие всех особей без дополнительных механизмов контроля за использованием хромосомы в вычислениях (синхронизации). Включение в параллельную секцию оценки особей, селекции, операторов кроссинговера и мутации позволяет существенно ускорить поиск субоптимального решения.

В качестве оператора скрещивания используется модифицированный односточный кроссинговер. Первая модификация включает в себя запрет на скрещивание между родственниками. Под родственниками будем понимать особей, представляющие одинаковое решение с помощью различных хромосом. Пусть, например, имеются следующие особи:

$$\begin{aligned} \text{особь1: } & \underbrace{1312121111}_{\text{работы типа 1}} \underbrace{3123212124}_{\text{работы типа 2}} \\ \text{особь2: } & \underbrace{3221111111}_{\text{работы типа 1}} \underbrace{11112222334}_{\text{работы типа 2}} \end{aligned} \quad (4)$$

В данном случае видно, что две хромосомы представляют одинаковое решение. Так, например, в обоих случаях для работы типа 1  $c_{11} = 8$ ,  $c_{12} = 2$ ,  $c_{13} = 1$ ,  $c_{14} = 0$ . Аналогичная ситуация с работой типа 2:  $c_{21} = 4$ ,  $c_{22} = 5$ ,  $c_{23} = 2$ ,  $c_{24} = 1$ . Очевидно, что значение целевой функции тоже будет одинаковым. Для уничтожения дубликата решения (родственника) перед скрещиванием одна из родительских особей замещается новой, со случайно сгенерированной хромосомой, после чего выполняется односточный кроссинговер.

Вторая модификация заключается в локальном применении селекции. Вычислим значения целевых оптимизационных функций потомков и родителей. Из четвёрки особей места родителей займут те, у кого значения целевой функции меньше, чем у остальных.

Поскольку для селекции популяция выстроена в линейный список, то для того чтобы особь имела возможность скрещиваться с другими членами популяции, необходим дополнительный оператор перемешивания популяции, при этом некоторые особи подвергаются случайной мутации.

Время работы генетического алгоритма будет ограничено числом итераций.

#### 5. Задача составления расписания в условиях неточных данных

Предположим, что исходная информация для задачи  $R_m \parallel C_{\max}$  является приближенной и выражается в виде интервальных чисел, которые относятся к классу неточных величин. Они являются самым общим способом представления неопределённой информации о времени выполнения работ.

Согласно [8] под интервальным числом  $[a]$  будем понимать вещественный отрезок  $[\underline{a}, \bar{a}]$ , где  $\underline{a} \leq \bar{a}$ . Распространёнными характеристиками интервального числа являются ширина числа  $\text{wid}[a] = \bar{a} - \underline{a}$  и его медиана

$\text{med}[a] = \frac{(\bar{a} + \underline{a})}{2}$ . При  $\underline{a} = \bar{a} = a$  получим обычное число [8].

Пусть исходные данные представлены в виде интервальной технологической матрицы  $\tilde{\mathbf{T}} = \left\{ [t_{ik}, \bar{t}_{ik}] \right\}_{p \times m}$  – матрицы, компоненты которой представляют собой интервальные значения времени выполнения работ. Для решения задачи планирования на основе ГА, предлагаются следующие подходы, позволяющие получить субоптимальный план.

Сведение задачи к её дискретному варианту подразумевает, что в широком смысле  $\tilde{\mathbf{T}} \sim \mathbf{T}$  можно получить с помощью вычисления  $\alpha \in [0, 1]$  значений элементов по формуле [2]

$$\xi_{\alpha}([t_{ik}]) = \alpha t_{ik} + (1 - \alpha) \bar{t}_{ik}. \quad (5)$$

При различных  $\alpha$  получим следующие варианты планирования:

- 1)  $\alpha \rightarrow 1$ , пессимистичное планирование (оптимизация по максимальному времени выполнения работ);
- 2)  $\alpha \rightarrow 0$ , оптимистичное планирование;

3)  $\alpha \rightarrow 0.5$ , в результате чего  $\mathbf{T} = \{\text{med}[t_{ik}]\}_{p \times m}$ , планирование по центральным величинам;

4)  $\alpha \sim \alpha_{ik}$ , в результате чего формируется отдельная матрица  $\mathbf{A} = \{\alpha_{ik}\}_{p \times m}$ , по которой каждому элементу  $[t_{ik}]$

ставится в соответствие свой коэффициент  $\alpha_{ik}$  для преобразования  $\tilde{\mathbf{T}} \sim \mathbf{T}$ .

Матрица  $\mathbf{A} = \{\alpha_{ik}\}_{p \times m}$  может быть сформирована лицом, принимающим решения (экспертом), а следовательно можно говорить об *использовании экспертной информации*. Однако знаний эксперта может не хватить для тонкой и точной подстройки коэффициентов, из-за чего решения будут неоптимальными. Автоматизировать настройку матрицы  $\mathbf{A}$  можно с помощью *механизма обратной связи*, но здесь возникают следующие проблемы:

- проблема обучения – очевидно, что сразу оптимальные коэффициенты  $\alpha_{ik}$  получить не удастся, следовательно их подбор превращается в отдельный итерационный процесс, причём с учётом изменений условия задачи  $R_m \parallel C_{\max}$ ; кроме того, требуется активное выполнение пробных действий, явным образом организованный поиск методом проб и ошибок;

- проблема оценки – сложно определить, насколько текущее значение  $\alpha_{ik}$  лучше или хуже другого; проблема усугубляется тем, что  $\forall t_{ik} \in [t_{ik}, \overline{t_{ik}}]$ ,  $P(t_{ik}) = \text{const}$ , где  $P(t_{ik})$  – вероятность появления значения  $t_{ik}$ , из чего следует потеря оптимальности матрицы  $\mathbf{A}$  при изменении условий выполнения работ.

Независимо от выбора  $\alpha$  неопределённость об времени выполнения работы «ликвидируется» ещё до входа в ГА, в результате чего он оперирует уже вещественными числами.

Другой способ основывается на том, что решением задачи (2), в конечном итоге, является хромосома-победитель, выявленная из всей популяции с помощью функции приспособленности. Однако *ранжировать* хромосомы при наличии неопределённости в ней можно различными способами. Пусть ГА оперирует непосредственно интервальными числами. В силу простоты функции приспособленности достаточно опираться на интервальную арифметику [8].

Пусть функция приспособленности для хромосомы-решения  $\mathbf{C}$ , содержащая неопределённость имеет вид (учитывая  $C_{ik} \geq 0$ )

$$R(\mathbf{C}) = \max_k \left( \sum_{i=1}^p c_{ik} [t_{ik}] \right) = \max_k \left( \sum_{i=1}^p [c_{ik} t_{ik}, c_{ik} \overline{t_{ik}}] \right) = \max_k \left( \left[ \sum_{i=1}^p c_{ik} t_{ik}, \sum_{i=1}^p c_{ik} \overline{t_{ik}} \right] \right) = [\underline{\mathbf{C}}, \overline{\mathbf{C}}] \quad (6)$$

Для реализации оператора **max** используется распространённый способ сравнения интервальных чисел

$$\xi_{\alpha}(R(\mathbf{C}_1)) > \xi_{\alpha}(R(\mathbf{C}_2)) \Leftrightarrow R(\mathbf{C}_1) > R(\mathbf{C}_2), \quad (7)$$

зачастую при  $\alpha = 0.5$  [8-9]. Однако конкретно для задачи (2) допустим вариант

$$R(\mathbf{C}_1) > R(\mathbf{C}_2) \Leftrightarrow (\overline{\mathbf{C}_1} > \overline{\mathbf{C}_2}) \vee ((\overline{\mathbf{C}_1} = \overline{\mathbf{C}_2}) \wedge (\underline{\mathbf{C}_1} > \underline{\mathbf{C}_2})). \quad (8)$$

Согласно (8) при сравнении планов вводится приоритет: сначала анализируется наихудший возможный случай выполнения работ по плану, затем, если последствия одинаковы, просматривается наилучший случай.

## 6. Вычислительный эксперимент

Для реализации вычислительного эксперимента разработана компьютерная программа на языке C с применением технологии параллельного программирования OpenMP. Целью вычислительного эксперимента заключается в анализе влияния способа сравнения хромосом на конечное расписание. Сравним стандартный способ (7) при  $\alpha = 0.5$  и способ на основе приоритета (8).

Пусть имеется  $m = 3$  исполнителя и  $n = 500$  работ, сгруппированных в  $p = 4$  типов:  $n_1 = 180$ ,  $n_2 = 80$ ,  $n_3 = 140$ ,  $n_4 = 100$ . Зададим технологическую матрицу:

$$\mathbf{T} = \begin{pmatrix} [2,4] & [1,3] & [1,5] \\ [15,19] & [7,10] & [6,8] \\ [20,24] & [9,18] & [8,16] \\ [30,40] & [29,32] & [29,40] \end{pmatrix} \quad (9)$$

Случайным образом сгенерировав начальную популяцию из 10000 особей, ГА выполнил 35000 итераций. При переходе от одной итерации к другой случайным образом мутировали 32 особи. В результате были получены следующие субоптимальные решения:



$$C_1 = \begin{pmatrix} 78 & 68 & 34 \\ 5 & 29 & 46 \\ 19 & 53 & 68 \\ 40 & 34 & 26 \end{pmatrix}, \quad R(C_1) = [1811, 2666],$$

$$C_2 = \begin{pmatrix} 94 & 71 & 15 \\ 1 & 13 & 66 \\ 26 & 38 & 76 \\ 37 & 46 & 17 \end{pmatrix}, \quad R(C_2) = [1838, 2499],$$
(10)

где  $C_1$  – решение составленное с применением стандартного сравнения, а  $C_2$  – приоритетного.

В ходе экспериментов замечено, что с каждой итерацией увеличивается потребность в уничтожении дубликатов решения для поддержания разнообразия внутри популяции.

Сравним два полученных плана. Отметим, что  $\text{med}[C_1] = 2238.5$ ,  $\text{med}[C_2] = 2168.5$ ,  $\text{med}[C_1] \approx \text{med}[C_2]$ , однако  $\overline{C_2} < \overline{C_1}$ . Видно, что при распределении работ по плану  $C_2$ , построенному с применением приоритетного сравнения, снижаются максимально возможные временные затраты, а также формируется расписание с более чёткими границами по времени, что следует из  $\text{wid}[C_2] < \text{wid}[C_1]$ .

Появление неопределённости в условии задач часто требует пересмотра методов их решения. В контексте задачи планирования РВС, наличие неопределённости выступает в качестве допущения, упрощающего сбор и анализ первичных данных. Так для представления неопределённости в затратах времени были использованы интервальные числа, дающие информацию только о временных границах. Благодаря ГА и его модификациям рассмотрен способ составления субоптимального плана, снижающего общую занятость РВС.

Этот способ в сочетании с нейронными сетями позволяет получить гибридный алгоритм, сочетающий эффективность и адаптивность к изменяющимся условиям работы РВС.

#### Литература

1. Pinedo M. L. Scheduling: theory, algorithms, and systems. – Springer Science & Business Media, 2012.
2. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования / Б. Лю; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 416 с.
3. Панченко Т. В. Символьная модель ГА // Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». – С. 41-50.
4. Родькина М. Б. Разработка эволюционных алгоритмов для решения задач теории расписаний в условиях неопределённости: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Воронеж, 2013. – 16 с.
5. Пегат А. Самоорганизация и самонастройка нечётких моделей методом поиска // Нечёткое моделирование и управление. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – С. 530-538.
6. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 320 с.
7. Каширина И. Л. Введение в эволюционное моделирование. – Воронеж, 2007. – 39 с.
8. Добронец Б. С. Интервальные числа // Интервальная математика: учеб. пособие. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т. – С. 31-33.
9. Левин В. И. Сравнение интервальных чисел и оптимизация систем с интервальными параметрами // Автомат. и телемех. – № 4. – 2004. – С. 133-142.

#### References

1. Pinedo M. L. Scheduling: theory, algorithms, and systems. – Springer Science & Business Media, 2012.
2. Lju B. Teorija i praktika neopredelenogo programmirovaniya / B. Lju; Per. s angl. – M.: BINOM. Laboratorija znanij, 2014. – 416 s.
3. Panchenko T. V. Simvol'naja model' GA // Geneticheskie algoritmy: uchebno-metodicheskoe posobie. – Astrahan': Izdatel'skij dom «Astrahanskij universitet». – S. 41-50.
4. Rod'kina M. B. Razrabotka jevoljucionnyh algoritmov dlja reshenija zadach teorii raspisanij v uslovijah neopredeljonnosti: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. – Voronezh, 2013. – 16 s.
5. Pegat A. Samoorganizacija i samonastrojka nechjotkih modelej metodom poiska // Nechjotkoe modelirovanie i upravlenie. – 2-e izd. – M.: BINOM. Laboratorija znanij, 2013. – S. 530-538.
6. Gladkov L. A., Kurejchik V. V., Kurejchik V. M. Geneticheskie algoritmy. – M.: FIZMATLIT, 2006. – 320 s.
7. Kashirina I. L. Vvedenie v jevoljucionnoe modelirovanie. – Voronezh, 2007. – 39 s.
8. Dobronec B. S. Interval'nye chisla // Interval'naja matematika: ucheb. posobie. – Krasnojarsk: Krasnojars. gos. un-t. – S. 31-33.
9. Levin V. I. Sravnenie interval'nyh chisel i optimizacija sistem s interval'nymi parametrami // Avtomat. i telemeh. – № 4. – 2004. – S. 133-142.

Плохих М.А.<sup>1</sup>, Базарова Е.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Студент, <sup>2</sup>студент, Юго-Западный государственный университет

## АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ВАЖНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

## Аннотация

В статье приводится сравнение наиболее часто встречающихся наружных ограждающих конструкций на основании теплотехнического расчета, расчетов сопротивления паропроницаемости и воздухопроницаемости, а также сопоставления массы и стоимости одного квадратного метра стены.

**Ключевые слова:** ограждающая конструкция, общественное здание, теплотехника, паропроницаемость, воздухопроницаемость.

Plohih M.A.<sup>1</sup>, Bazarova E.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>Student, <sup>2</sup>student, South-West State University

## ANALYSIS OF SOME IMPORTANT CHARACTERISTICS OF ENCLOSING STRUCTURES OF PUBLIC BUILDINGS

## Abstract

The article gives a comparison of the most frequent external enclosing structures on the basis of thermotechnical calculation, calculation of resistance of vapor and air permeability. The correlation of weight and cost of one square meter of a wall is made as well.

**Keywords:** enclosure structure, public buildings, thermotechnics, vapor permeability, permeability to air.

В настоящее время существует множество вариантов конструкций наружных стен, выполняющих несущие и ограждающие функции. Одной из основных функций является обеспечение внутри помещения комфортного температурно-влажностного режима. В настоящей работе мы поставили своей целью на основании проведенных расчетов провести сравнение между различными конструкциями наружных стен общественных зданий и по результатам сделать вывод о наиболее оптимальной конструкции. Для сравнительной характеристики были взяты три варианта наружных стен (применяемая столетиями однородная каменная кладка и две современные многослойные конструкции) общественных зданий. Расчеты проведены для условий города Курска.

Первый вариант конструкции полностью состоит из керамического пустотелого кирпича (рис.1). Рассматриваемая стена общественного здания состоит из следующих слоёв, считая от внутренней поверхности:

1 – цементно-перлитовая штукатурка толщиной 15 мм,  $\rho=650 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda=0,3 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ ,  $\mu=0,15 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ ;

2 – кирпичная кладка из пустотелого керамического кирпича толщиной 1550 мм (по расчёту),  $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda=0,64 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ ,  $\mu=0,14 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ .

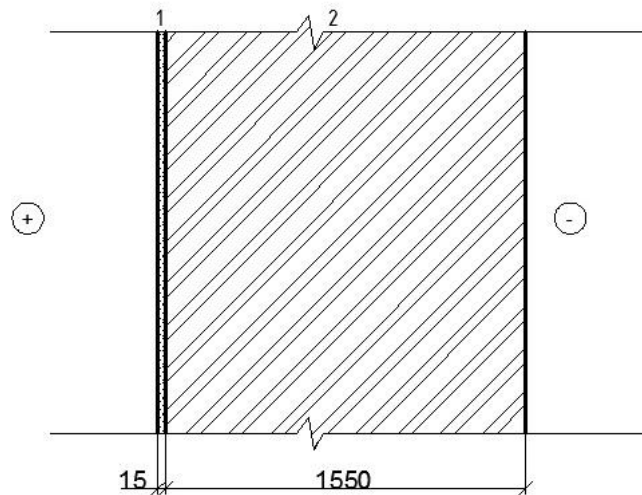


Рис. 1 – Однослойная стена из керамического пустотелого кирпича

## Теплотехнический расчёт

Расчётные температуры  $t_b=20^\circ\text{C}$  (согласно ГОСТ 30494-96) [4] и  $t_n=-24^\circ\text{C}$  (согласно СП 131.13330.2012)[2]; нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции  $\Delta t^n=4,5$  (согласно СП 50.13330.2012)[3]; коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции  $\alpha_b=8,7 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C))}$  (согласно СП 50.13330.2012);  $t_{от}=-2,3^\circ\text{C}$ ,  $z_{от}=194 \text{ (дн.)}$  (согласно СП 131.13330.2012); ГСОП=4326 ( $^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$ ).

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции  $R_0^{mp}=2,5 \text{ ((м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт)}$ .

Из условия:  $\delta_2 \geq \delta_2^{mp} = (R_0 - \frac{\delta_1}{\lambda_1}) \cdot \lambda_2$  находим толщину керамического кирпича:

$\delta_2=1550 \text{ (мм)}$ . В результате получена общая толщина стены равная 1565 мм.

## Расчёт воздухопроницаемости

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций  $G^n=0,5 \text{ (кг/м}^2 \cdot \text{ч)}$  (согласно СП 50.13330.2012); высота общественного здания  $H=18 \text{ м}$ ;  $t_n=-24^\circ\text{C}$ ;  $t_b=20^\circ\text{C}$ ; максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь  $v=3,9 \text{ м/с}$ ; удельный вес наружного и внутреннего воздуха  $\gamma_n=13,9 \text{ (Н/м}^3)$  и  $\gamma_b=11,8 \text{ (Н/м}^3)$ .

Разница давления воздуха снаружи и внутри определяется по формуле (СП 50.13330.2012):

$$\Delta P = 0,55 \cdot H(\gamma_n - \gamma_s) + 0,03\gamma_n \cdot \vartheta^2 \quad (1)$$

$$\Delta P = 27,13 \text{ (Па)}$$

$$\text{Нормируемое сопротивление воздухопроницанию } R_u^{mp} = \frac{\Delta P}{G^H} \text{ (СП 50.13330.2012)} \quad (2)$$

$$R_u^{mp} = 54,26 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \right).$$

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций  $R_u = R_1 + R_2 + R_3$ , где  $R_1, R_2, R_3$  – сопротивление воздухопроницаемости отдельных слоёв ограждающих конструкций.

$$R_u = 150,5 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$$

$$R_u = 150,5 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}) > R_u^{mp} = 54,26 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \right) \text{ (условие выполняется)}$$

#### Расчёт сопротивления паропрооницанию

Сопротивление паропрооницанию  $R_{vp}$ , ограждающей конструкции должно быть не менее нормируемых сопротивлений паропрооницанию, определяемых по формулам (СП 50.13330.2012):  $R_{vp1}^{req} = \frac{(e_{int} - E) \cdot R_{vp}^e}{(E - e_{ext})}$ ; (3)

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_{int} - E_0)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta av + \eta}; \quad (4)$$

где  $z_0$  - продолжительность периода в сутках;

$E_0$  - парциальное давление водяного пара;

$\delta_w$  - толщина утеплителя;

$\rho_w$  - плотность утеплителя;

$\Delta av$  - предельное допустимое приращение расчётного массового отношения влаги в материале.

$$R_{vp} \geq R_{vp}^{req}$$

$\phi_{int} = 50\%$  (согласно СП 50.13330.2012);  $t_b = 20^\circ\text{C}$ ; парциальное давление насыщенного водяного пара  $E_{int} = 2338$  (Па) (согласно СП 23-101)[1];  $e_{int} = 1169$  (Па).

Парциальное давление водяного пара определяется по формуле (СП 50.13330.2012):

$$E = \frac{E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3}{12}, \quad (5)$$

где  $z_1, z_2, z_3$  – продолжительность (месяцев) периодов.

Значения температур в плоскости возможной конденсации определяются по формуле (СП 50.13330.2012):

$$\tau_i = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_i) \cdot (R_{si} + \Sigma R)}{R_0}. \quad (6)$$

Сопротивление теплопередаче внутренней поверхности ограждения  $R_{si} = 0,115 ((\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт})$ ;  $R_0 = 2,63 ((\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт})$ ; термическое сопротивление слоя ограждения в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации  $\Sigma R = 2,47 ((\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт})$ .

$$\text{По формуле (5)} \quad E = \frac{366 \cdot 3 + 581 \cdot 2 + 1568 \cdot 7}{12} = 1104 (\text{Па}).$$

Среднее парциальное давление водяного пара определяем по СП 131.13330.2012  $e_{ext} = 805$  (Па).

$$\text{Согласно формуле (3)} \quad R_{vp1}^{req} = 0,80 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \right);$$

$$R_{vp}^e = 3,69 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \right);$$

$$R_{vp} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} = 11,2 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \right); \text{ где } \mu - \text{коэффициент паропрооницаемости (кг/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}.$$

$$R_{vp} = 11,2 > R_{vp1}^{req} = 0,80. \text{ (условие выполняется)}$$

Для расчёта нормируемого сопротивления паропрооницанию  $R_{vp2}^{req}$  необходимы: продолжительность периода в сутках  $z_0 = 132$  (сут) и средняя температура этого периода  $t_0 = -5,3 (^\circ\text{C})$  (согласно СП 131.13330.2012);  $\tau_0 = -4,9 (^\circ\text{C})$  (рассчитанное по формуле  $\tau_0 = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \cdot (R_{si} + \Sigma R)}{R_0}$ ); парциальное давление водяного пара при соответствующей температуре  $E_0 = 405$  (Па).

Согласно СП 50.13330.2012 в многослойной ограждающей конструкции увлажняемым слоем является кирпичная кладка толщиной  $\delta_w = 1,55$  (м); плотностью  $\rho_w = 1600 \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$ ; предельное допустимое приращение расчётного массового отношения влаги в этом материале согласно СП 50.13330.2012  $\Delta av = 1,5\%$ .

Коэффициент  $\eta$  определяется по формуле (СП 50.13330.2012):

$$\eta = \frac{0,0024(E_0 - e_{H_0}) \cdot z_0}{R_{vp}^e}; \quad (7)$$

$$\eta = 0.$$

$$\text{По формуле (4): } R_{vp2}^{req} = 0,074 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \right);$$

$$R_{vp} = 11,2 > R_{vp2}^{req} = 0,074 > R_{vp1}^{req} = 0. \quad \text{(условие выполняется)}$$

#### Расчёт распределения парциального давления водяного пара по толще стены и определение возможности образования конденсата в толще стены

$$t_{int} = 20^\circ\text{C}; \quad \phi_{int} = 50\%; \quad e_{int} = 1169 \text{ (Па)}$$

$$t_{ext} = -7,3^\circ\text{C}; \quad \phi_{ext} = 86\%; \quad e_{ext} = 284 \text{ (Па)}$$

Определяем температуры на границах слоёв по формуле (4) и по этим температурам - максимальное парциальное давление водяного пара по приложению С (СНиП 23-101-2004).

$$E_1 = 2169 \text{ (Па)}; \quad E_2 = 2102 \text{ (Па)}; \quad E_3 = 344 \text{ (Па)}.$$

Рассчитаем действительные парциальные давления водяного пара на границах слоёв по формуле:  $e_i = e_{int} - \frac{(e_{int} - e_{ext}) \cdot \Sigma R}{R_{vp}}$ . (8)

Согласно формуле (8):  $e_1=1169(\text{Па})$ ;  $e_2=1161(\text{Па})$ ;  $e_3=284(\text{Па})$ .

Сопротивление паропрооницанию:  $R_1=0$ ;  $R_2=0,1\left(\frac{\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}}{\text{мг}}\right)$ ;  $R_3=11,2\left(\frac{\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}}{\text{мг}}\right)$ .

При анализе величин  $E_i$  и  $e_i$  водяного пара на соответствующих гранях прослоек наблюдаем, что все значения  $e_i$  ниже значений  $E_i$ , что говорит об отсутствии допустимости конденсации водяного пара в ограждающей конструкции.

Для очевидности расчета изобразим график распространения максимального парциального давления  $E_i$  водяного пара и график изменения действительного парциального давления  $e_i$  водяного пара по толще стены в масштабе сопротивлений паропрооницанию его слоев. Очевидно, что эти кривые не пересекаются, что демонстрирует недопустимость возникновения конденсата в ограждающей конструкции (рис.2).

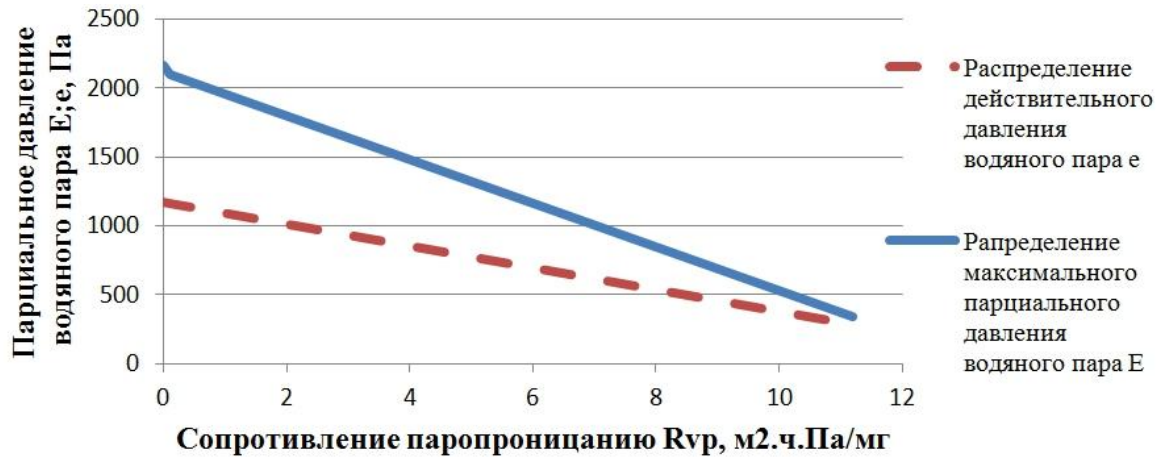


Рис. 2 – Распределение парциального давления водяного пара в традиционной ограждающей конструкции

Второй вариант – современная конструкция несущей стены из кирпичной кладки с системой вентилируемого фасада (рис.3). Многослойная стена общественного здания состоит из следующих слоёв, считая от внутренней поверхности:

- 1 – цементно-песчаная штукатурка толщиной 15 мм,  $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda=0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ,  $\mu=0,09 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ ;
- 2 – кирпичная кладка из силикатного кирпича толщиной 510 мм,  $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda=0,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ,  $\mu=0,11 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ ;
- 3 – утеплитель Izovol толщиной 60 мм (по расчёту),  $\rho=100 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda=0,035 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ,  $\mu=0,35 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ .

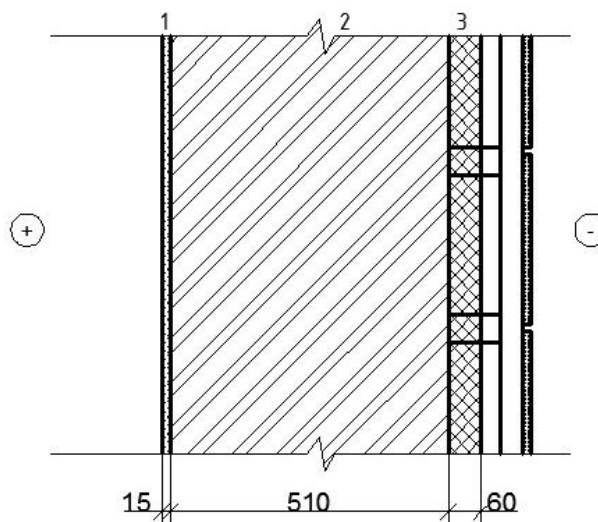


Рис. 3 – Многослойная стена с вентилируемым фасадом

### Теплотехнический расчёт

Расчётные температуры:  $t_b=20^\circ\text{C}$  (согласно ГОСТ 30494-96) и  $t_n=-24^\circ\text{C}$  (согласно СП 131.13330.2012);  $\Delta t^n=4,5$  (согласно СП 50.13330.2012);  $\alpha_b=8,7 \text{ (Вт/(м}^2\cdot\text{°C))}$  (согласно СП 50.13330.2012);  $t_{от}=-2,3^\circ\text{C}$ ,  $z_{от}=194(\text{дн.})$  (согласно СП 131.13330.2012); ГСОП=4326 ( $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.})$ .

$R_0^{mp}=2,5\text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ .

Из условия:  $\delta_3 \geq \delta_3^{mp} = (R_0' - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2}) \cdot \lambda_3$  находим толщину утеплителя:

$\delta_3=60 \text{ (мм)}$ . В результате получена общая толщина стены равная 585 мм.

### Расчёт воздухопроницаемости

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость  $G^n=0,5\text{ (кг/м}^2\cdot\text{ч)}$  (согласно СП 50.13330.2012);  $H=18\text{ м}$ ;  $t_n=-24^\circ\text{C}$ ;  $t_b=20^\circ\text{C}$ ;  $v=3,9 \text{ м/с}$ ;  $\gamma_n=13,9\text{ (Н/м}^3)$  и  $\gamma_b=11,8\text{ (Н/м}^3)$ .

Разница давления воздуха снаружи и внутри определяется по формуле (1):  $\Delta P=27,13 \text{ (Па)}$ .

Нормируемое сопротивление воздухопроницанию по формуле (2):

$$R_u^{mp} = 54,26 \left( \frac{m^2 \cdot ч \cdot Па}{кг} \right).$$

$$R_u = 410,13 (m^2 \cdot ч \cdot Па)$$

$$R_u = 410,13 (m^2 \cdot ч \cdot Па) > R_u^{mp} = 54,26 \left( \frac{m^2 \cdot ч \cdot Па}{кг} \right) \text{ (условие выполняется)}$$

Анализируя, полученный результат делаем вывод, что требуется установка ветрозащитной плёнки с наружной стороны утеплителя для предотвращения продувания утеплителя.

#### Расчёт сопротивления паропрооницанию

Сопротивление паропрооницанию  $R_{vp}$ , ограждающей конструкции должно быть не менее нормируемых сопротивлений паропрооницанию.

$$\varphi_{int}=50\% \text{ (согласно СП 50.13330.2012); } t_b=20^\circ\text{C}; E_{int}=2338 \text{ (Па) (согласно СП 23-101-2004); } e_{int}=1169 \text{ (Па).}$$

$$R_{si}=0,115 ((m^2 \cdot ^\circ\text{C})/Вт); R_0=2,61 ((m^2 \cdot ^\circ\text{C})/Вт); \Sigma R=2,46 ((m^2 \cdot ^\circ\text{C})/Вт).$$

$$\text{По формуле (5) } E = \frac{366 \cdot 3 + 581 \cdot 2 + 1568 \cdot 7}{12} = 1103 \text{ (Па).}$$

$$e_{ext}=805 \text{ (Па).}$$

$$\text{Согласно формуле (3) } R_{vp1}^{req} = 0;$$

$$R_{vp}^e = 0;$$

$$R_{vp} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = 4,98 \left( \frac{m^2 \cdot ч \cdot Па}{кг} \right);$$

$$R_{vp} = 4,98 > R_{vp1}^{req} = 0. \text{ (условие выполняется)}$$

Для расчёта нормируемого сопротивления паропрооницанию  $R_{vp2}^{req}$  необходимы:  $z_0=132$  (сут),  $t_0=-5,3$  ( $^\circ\text{C}$ ) (согласно СП 131.13330.2012);  $\tau_0 = -4,96$  ( $^\circ\text{C}$ );  $E_0=402$  (Па).

Согласно СП 50.13330.2012 в многослойной ограждающей конструкции увлажняемым слоем является утеплитель Izovol толщиной  $\delta_w = 0,06$  (м); плотностью  $\rho_w = 60$  ( $\frac{кг}{м^3}$ ); предельное допустимое приращение расчётного массового отношения влаги в этом материале согласно СП 50.13330.2012  $\Delta av = 3\%$ .

Коэффициент  $\eta$  определяется по формуле (7):  $\eta=0$ .

$$\text{По формуле (4) : } R_{vp2}^{req} = 22,5 \left( \frac{m^2 \cdot ч \cdot Па}{кг} \right);$$

$R_{vp2}^{req} = 22,5 > R_{vp} = 4,98 > R_{vp1}^{req}$ . (условие не выполняется, поэтому требуется установка пароизоляционной плёнки с внутренней стороны утеплителя)

#### Расчёт распределения парциального давления водяного пара по толще стены и определение возможности образования конденсата в толще стены

$$t_{int}=20^\circ\text{C}; \varphi_{int}=50\%; e_{int}=1169 \text{ (Па)}$$

$$t_{ext}=-7,3^\circ\text{C}; \varphi_{ext}=86\%; e_{ext}=284 \text{ (Па)}$$

$$E_1=2169 \text{ (Па); } E_2=2142 \text{ (Па); } E_3=1312 \text{ (Па); } E_4=341 \text{ (Па).}$$

$$e_1=1169 \text{ (Па); } e_2=1139 \text{ (Па); } e_3=314 \text{ (Па); } e_4=284 \text{ (Па).}$$

$$\text{Сопротивление паропрооницанию: } R_1=0; R_2=0,17 \left( \frac{m^2 \cdot ч \cdot Па}{кг} \right); R_3=4,81 \left( \frac{m^2 \cdot ч \cdot Па}{кг} \right); R_4=4,98 \left( \frac{m^2 \cdot ч \cdot Па}{кг} \right).$$

Построим график как и для первой конструкции стены. Очевидно, что эти кривые не пересекаются, что демонстрирует недопустимость возникновения конденсата в ограждении (рис. 4).

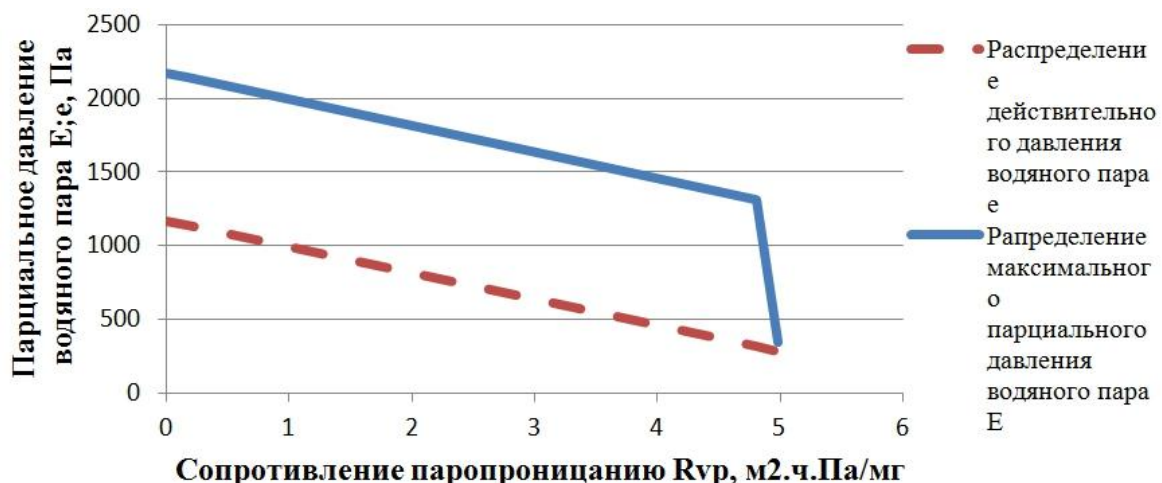


Рис. 4 – Распределение парциального давления водяного пара в современной ограждающей конструкции

Третий вариант стены – ограждающая конструкция в виде сэндвич-панели, которая приобретает все большую популярность в практике строительства (рис.5).

Как известно, сэндвич-панели не требуют расчета на воздухопроницаемость, сопротивление паропрооницанию и расчёт распределения парциального давления водяного пара по толще стены, так как металлическая облицовка не пропускает паров влаги и не дает возможности образования конденсата. Слабым местом являются швы, необходим теплотехнический расчет, в результате которого определяется толщина утеплителя в панели. Мы провели расчет в городе Курске на примере сэндвич-панели, состоящий из двух металлических обшивок (прокатная сталь) и утеплителя в виде минеральной ваты:

1,3 – прокатная сталь толщиной 1 мм,  $\rho=7800 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda=58 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ ;

2 – утеплитель в виде минеральной ваты толщиной 120 мм (по расчёту),  $\rho=110 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda=0,045 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ .

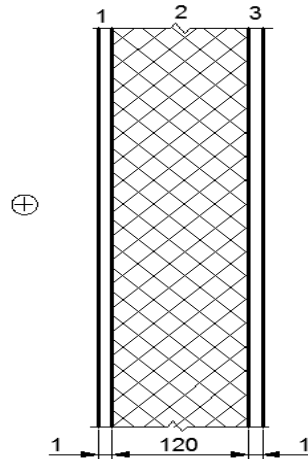


Рис. 5 – Сэндвич-панель

### Теплотехнический расчёт

$t_b=20^\circ\text{C}$  (согласно ГОСТ 30494-96) и  $t_n=-24^\circ\text{C}$  (согласно СП 131.13330.2012);  $\Delta t^H=4$  (согласно СП 50.13330.2012);  $\alpha_b=8,7 \text{ (Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C))}$  (согласно СП 50.13330.2012);  $t_{от}=-2,3^\circ\text{C}$ ,  $z_{от}=194 \text{ (дн.)}$  (согласно СП 131.13330.2012);  $G_{СОП}=4326,2 \text{ (}^\circ\text{C}\cdot\text{сут.)}$ .

$$R_0^{mp}=2,77 \text{ ((м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт)}.$$

Из условия:  $\delta_2 \geq \delta_2^{mp} = (R_0' - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3}) \cdot \lambda_2$  находим толщину керамического кирпича:

$\delta_2=120 \text{ (мм)}$ . В результате получена общая толщина стены равная 122 мм.

Помимо сравнения конструкций по результатам расчётов важно также сопоставить стоимость материалов за  $1 \text{ м}^2$  стены по рыночным ценам в городе Курске. Для первой конструкции общая стоимость материалов  $1 \text{ м}^2$  стены составила 1238,90 руб., для второй конструкции наружной стены – 750,24 руб., для третьей – от 900 руб.

Важным параметром является сравнение  $1 \text{ м}^2$  конструкции стены по массе, которая влияет на стоимость транспортировки, массивность и несущую способность нижележащих конструкций. Общая масса первой конструкции составляет 1663 кг, второй – 737,7 кг, третьей – 28,8 кг.

Результат исследований продемонстрировал, что устройство традиционной однородной каменной кладки в современных условиях недопустимо, поскольку конструкция имеет большую массу, толщину кирпичной кладки, что сказывается на стоимости. Наиболее дешевой конструкцией является кирпичная стена с вентилируемым фасадом, но на наш взгляд более оптимальной конструкцией для возведения общественных зданий таких как: торговые центры, рынки, спорткомплексы, вокзалы являются панели сэндвич, так как у них по сравнению с кирпичной кладкой есть ряд преимуществ, к которым можно отнести: простоту эксплуатации, монтажа и меньшую нагрузку на фундамент за счет относительно небольшой массы, меньшие трудовые и финансовые затраты, высокую звукоизоляцию и энергоэффективность, более высокие, воздухоизоляцию, влагоизоляцию и пароизоляцию[5]. Однако для строительства жилых и общественных зданий, где люди находятся длительное время (жилые дома, школы, детские сады, административные здания) предпочтительно использовать кирпичную кладку с различными вариациями утеплителя, так как кирпич более устойчив к воздействию окружающей среды и перепадам температур, более долговечен, а при грамотном архитектурно-дизайнерском решении внешний фасад обладает большей визуальной выразительностью.

### Литература

1. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты здания. М.: ФУГП ЦПП, 2004.
2. СП 131.13339.2012 Строительная климатология. М.: Минрегион России, 2012.
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. М.: Минрегион России, 2012.
4. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата помещений. МНТКС - М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999.
5. Сравнение панелей сэндвич с другими материалами [Электронный ресурс]. URL: <http://stroitelstvo63.ru/spravochnik/paneli-sravnenie/> (дата обращения 30.06.2015).

### References

1. SP 23-101-2004 Proektirovanie teplovoj zashhity zdaniya. M.: FUGP CPP, 2004.
2. SP 131.13339.2012 Stroitel'naja klimatologija. M.: Minregion Rossii, 2012.
3. SP 50.13330.2012 Teplovaja zashhita zdaniy. M.: Minregion Rossii, 2012.
4. GOST 30494-96 Zdaniya zhilye i obshhestvennyye. Parametry mikroklimata pomeshhenij. MNTKS - M.: Gosstroj Rossii, GUP CPP, 1999.
5. Sravnenie panelej sjendvich s drugimi materialami [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://stroitelstvo63.ru/spravochnik/paneli-sravnenie/> (data obrashhenija 30.06.2015).

Порунов А.А.<sup>1</sup>, Ягудина Р.О.<sup>2</sup>, Ягудин А.М.<sup>3</sup><sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>магистрант, <sup>3</sup>магистрант, Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА С ПОВЫШЕННОЙ ДОСТОВЕРНОСТЬЮ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭПИЛЕПТИФОРМНОЙ АКТИВНОСТИ****Аннотация**

*В работе представлены методы и средства идентификации состояния больных эпилепсией, которые базируются на сравнительном анализе и оценке наиболее перспективных вариантов построения отечественных и зарубежных разработок, отличающиеся как топологией, так и составом используемых предикторов. Рассмотрены известные методы обработки потока первичных информативных сигналов и показана их ограниченность в рамках решаемой задачи. Представлен вариант построения системы автоматизированного мониторинга, отличающийся повышенной достоверностью идентификации эпилептиформной активности.*

**Ключевые слова:** идентификация, достоверность, эпилептиформная активность.

Porunov A.A.<sup>1</sup>, Yagudina R.O.<sup>2</sup>, Yagudin A.M.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>master, <sup>3</sup>master, Kazan National Research Technical University**DEVELOPMENT OF AUTOMATED MONITORING WITH ENHANCED RELIABLE IDENTIFICATION OF EPILEPTIFORM ACTIVITY****Abstract**

*This work presents the methods and means of identification of patients with epilepsy, which are based on a comparative analysis and evaluation of the most promising options for building domestic and foreign developments differing both topology and composition used predictors. Considers the known methods of processing the flow primary and informative signals and shown their limitations within the framework of the problem being solved. Presents a construction version of the automated monitoring system that improves in reliability of the identification epileptiform activity.*

**Keywords:** identification, accuracy, epileptiform activity.

Эпилепсия в настоящее время имеет высокую медико-социальную значимость в связи с интенсивным нарастанием числа больных, страдающих этим тяжелым недугом. В этой связи в нашей стране, а также за рубежом нарастает фронт исследований по разработке методов и средств не только в традиционных направлениях (медикаментозное, хирургическое лечение), но и в новых направлениях, одним из которых является создание систем прогнозирования и подавления эпилептического приступа (ЭП). Это направление является особенно актуальным для фармакорезистентных больных эпилепсией.

В последнее время в России и других зарубежных странах (США, Канаде, Белоруссии) интенсивно проводятся разработка и исследования средств автоматизированной оценки (САО) вероятности и прогноза возникновения эпилептиформной активности (ЭФА), а также последующей реализации нейростимулирующих воздействий. Современные электронные компоненты, вживляемые в головной мозг, при работе допускают сбои, но при этом известно, что пациенты, страдающие эпилепсией, обладают собственной чувствительностью к приближению эпилептического припадка, что подтверждает актуальность создания САО ЭФА, обладающих способностью самостоятельного включения пациентом нейростимуляторов в работу.

Существующие САО ЭФА содержат не вживляемую часть прибора в виде блока передатчика и вживляемую часть в виде блока приемника. Вживляемая часть содержит процессор, блок памяти, источник питания, рамочную антенну для подзарядки источника питания извне, и другие элементы для получения сигналов стимуляции требуемого вида. Во время подзарядки источника питания возможно перепрограммирование САО ЭФА с использованием внешнего программатора и проведение контроля взаимного расположения антенн. При этом антенна для подзарядки может выполнять функцию антенны для телеметрии, а устройство в целом позволяет воздействовать на центральную нервную систему методом дистанционной длительной стимуляции переменным током с использованием вживляемых микроэлектродов, с целью подавления приступов. Однако, реализация такой концепции построения САО ЭФА не обеспечивает отдельных режимов управления лечебным процессом.

Более широкими функциональными возможностями обладает нейростимулирующая система, предложенная в работе, которая включает использование информационно-стимулирующего блока, вживляемого в зону расположения очага ЭФА (выявлен на предыдущих этапах диагностических исследований пациента), состоящего из системы микроэлектродов, включающей регистрирующий и стимулирующий электроды, предусилителя и фильтра, а также блока оценки и управления, вживляемого в подключичную область, включающего блок питания, электронейростимулятор, приемопередатчик и микроантенну для беспроводной связи с блоком врача.

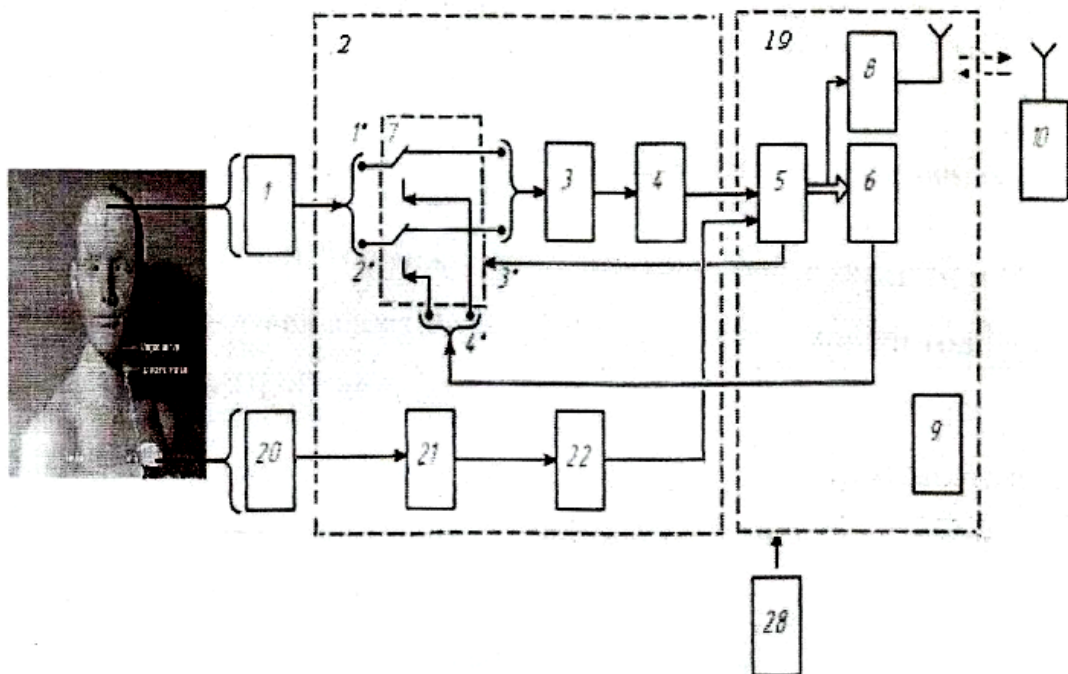
Принципиальным ограничением такой реализации этой концепции построения САО ЭФА является то, что формирование прогноза приближения ЭФА основано на одном симптоматическом признаке, позволяющем построить одноканальную систему, которая характеризуется недостаточной помехоустойчивостью, достоверностью и надежностью информации о приближении эпилептического приступа и обоснованности мер по его предупреждению. Для преодоления основного недостатка такой концепции построения может быть использовано введение в состав информационно-стимулирующего блока микросистемного коммутатора, обеспечивающего встречное направление перемещения потоков информативных сигналов и нейростимулирующих воздействий, при этом в блок оценки и управления введен модуль обработки и анализа электроэнцефалографических сигналов, который позволяет повысить достоверность определения момента приближения эпилептического приступа, за счет использования предварительной селекции ЭЭГ сигнала на ритмы, и последующего кворирования параметров биопотенциалов и их статистических характеристик [1].



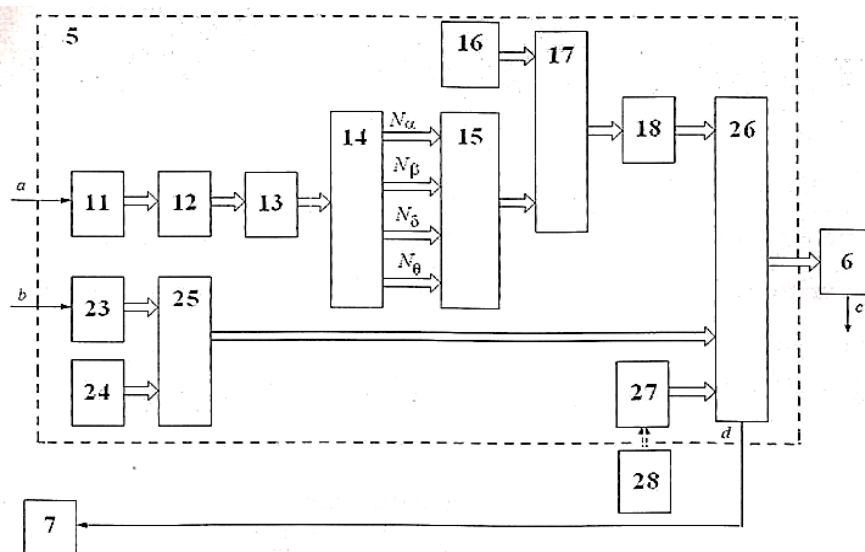
Идентификация момента приближения ЭФА осуществляется на основе оценки совокупности симптоматических признаков  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\theta$ -,  $\delta$ - ритмов по трем параметрам [2]. При превышении значений оценок двух или более симптоматических признаков соответствующих пороговых значений, кворум-элемент [1] формирует управляющий импульс для включения в работу САО ЭФА, а также управляющий импульс на микросистемный коммутатор (ключи в положении) для перевода системы микроэлектродов в режим стимуляции путем подключения их к выходу САО ЭФА.

Вживленная в пациента и расположенная в блоке оценки и управления микроантенна обеспечивает связь, с помощью которой осуществляется передача информации на компьютер врача, необходимой для подтверждения выполняемого режима нейростимуляции, либо коррекции параметров нейростимулирующих импульсов. Представленная САО ЭФА построена на основе потока однородных ЭЭГ - сигналов, что снижает надежность и достоверность ее выявления. В результате снижается эффективность подавления приступов, а также сужаются функциональные возможности, связанные с отсутствием блока принудительного включения коррекции самим пациентом. Исследователи ЭФА из Венской Университетской клиники [3], обнаружили изменения параметров ЭКГ-сигнала в связи с переходом от предприступного состояния пациентов с фокальной эпилепсией к приступному, что свидетельствует о наличии корреляции между функционированием сердечной системы и головного мозга в момент возникновения ЭФА. Это является клиническим обоснованием возможности использования параметров ЭЭГ-сигнала для прогнозирования момента наступления приступа.

Вариант концепции построения САО ЭФА, учитывающий изложенные предположения об информативной ценности ЭЭГ-сигнала для обнаружения ЭФА, представлен на рис. 1. [2].



a)



б)

Рис. 1 – Структурная схема нейростимулирующей системы предупреждения эпилептического приступа

Концепция построения предлагаемой системы отличается тем, что дополнительно введены система микроэлектродов 20 для восприятия ЭКГ- сигнала, вживляемых в зону проекции сердца на кожный покров грудной клетки, и последовательно соединенные предусилитель 21 и фильтр 22 ЭКГ сигнала, выход которого соединен со вторым входом информационно-стимулирующего блока 19. Этот блок связан со вторым входом модуля обработки и анализа биосигналов 5, который дополнительно содержит преобразователь частота-код 23, задатчик нормы ЧСС 24, блок сравнения 25, входами которого являются выходы преобразователя частота-код 23 и задатчика нормы ЧСС 24, при этом выход блока сравнения 25 соединен со вторым входом элемента ИЛИ 26, первый вход которого соединен с выходом кворум-элемента 18.

Его третий вход соединен с выходом импульсного генератора 27, находящегося в неэлектрической связи с блоком принудительного включения коррекции 28, причем выход элемента ИЛИ 26 соединен с входом электростимулятора 6, выход которого соединен через второй выход блока оценки и управления 19 и второй вход информационно-стимулирующего блока 2 с управляющим входом микросистемного коммутатора 7. (рис. 1.)

Таким образом, сравнительный анализ вариантов концепций построения САО ЭФА, представленных в работе, подтверждает основную тенденцию развития нейростимулирующих систем, направленную на повышение надежности и достоверности обнаружения ЭФА за счет расширения состава источников информации о предикторах различной физической природы, а также обеспечения принудительного включения системы в работу самостоятельно пациентом. На последующих этапах выполнения разработки и исследования САО ЭФА нового поколения, предполагается проведение системотехнической и схемотехнической проработки предложенной концепции построения.

#### Литература

1. Порунов А.А., Ягудина Р.О., Ягудин А.М. Концепция построения и структурная реализация нейростимулирующей системы с модулем принудительного включения в работу// Ф94 сборник материалов XIII Международной НПК/ Под общ. Ред. С.С. Чернова.- Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. с. 233- 239.
2. Пат. РФ на ПМ № 138837, МПК А61Н 1/18 (заявл. 03.10.2013) Устройство обнаружения и подавления эпилептиформной активности / авт. Крючкова М. М., Порунов А. А., 2014.
3. Leutmezer, F., Schernthaner, C., Lurger, S., Pötzelberger, K. and Baumgartner, C. (2003), Electrocardiographic Changes at the Onset of Epileptic Seizures// Epilepsia, v. 44, p. 348–354.

#### References

1. Porunov AA, Yagudin RO, Yagudin AM The concept of building and structural neyrostimuliruyuschey implementation of the module compulsory inclusion in the job // F94 sourcebook XIII International CDD /, ed . Ed. SS Chernova. - Novosibirsk : Publishing TSRNS , 2014. p. 233 ± 239 .
2. Pat . Russian PM to number 138,837 , IPC A61N 1/18 ( appl . 03.10.2013 ) The device detection and suppression of epileptiform activity / auth. Kryuchkov MM , AA Porunov 2014 .
3. Leutmezer, F., Schernthaner, C., Lurger, S., Pötzelberger, K. and Baumgartner, C. ( 2003 ), Electrocardiographic Changes at the Onset of Epileptic Seizures // Epilepsia, v. 44 , p. 348-354 .

**Султанов Г.А.<sup>1</sup>, Сазыкин В.Г.<sup>2</sup>, Кудряков А.Г.<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Доктор технических наук, профессор, <sup>3</sup>кандидат технических наук, доцент

Кубанский государственный аграрный университет

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОВРЕЖДЕНИЯ СИЛОВОГО КАБЕЛЯ ПО КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

**Аннотация**

*Рассматриваются аналитические выражения для определения информационных признаков видов повреждений силовых кабелей. Получены графические образы конфигурации электромагнитного поля, позволяющие однозначно определить место и классифицировать причину повреждения.*

**Ключевые слова:** силовой кабель, электромагнитное поле, информационный признак вида повреждения, графический образ.

**Sultanov G.A.<sup>1</sup>, Sazykin V.G.<sup>2</sup>, Kudryakov A.G.<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>PhD in Engineering, Professor, <sup>3</sup>PhD in Engineering, Associate Professor,

Kuban State Agrarian University

#### DETERMINATION OF THE FORM OF DAMAGE TO THE POWER CABLE ON THE CONFIGURATION OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD

**Abstract**

*Several analytical expressions to determine the information signs types of damage power cables. Obtained graphic images of the configuration of the electromagnetic field that uniquely define a place and classify the cause of the damage.*

**Keywords:** power cable, electromagnetic field, information is a sign of the damage, graphic means.

**В** электроснабжении промышленных, городских и сельскохозяйственных объектов напряжением 6–10 кВ, выполненных силовыми кабелями, наблюдается устойчивая тенденция к увеличению их протяженности в связи с концентрацией предприятий в крупных населенных пунктах и городах, для которых кабельные линии (КЛ) являются основным видом распределительных электрических сетей. Кроме того, воздушные линии электропередачи из-за использования больших земельных площадей постепенно замещаются КЛ. По статистическим данным 1980–1990 гг., удельная повреждаемость КЛ 6–10 кВ в СССР составляла в среднем 3,5–7 на 100 км. В настоящее время большая часть имеющихся силовых КЛ эксплуатируются уже более 25 лет и характеризуются повышенной степенью технологических нарушений. Удельное количество повреждений, связанных с последующим ремонтом КЛ,

составляет порядка 32/100 км в год, что превышает справочный показатель 7,5/100 км в год более чем в 4 раза [1–3]. В этих условиях возрастает роль технической диагностики при обслуживании и ремонтах КЛ.

Оценка технического состояния изоляции КЛ с применением современных диагностических методов может быть выполнена различными способами [4]. Тем не менее, продолжается разработка новых методов и устройств диагностики. В связи с развитием компьютерной техники, позволяющей быстро выполнять сложные вычисления, появилась возможность непосредственного использования графической модели из классического математического аппарата теории электромагнитного поля (ЭМП) [5–7] для идентификации места и вида повреждения силового кабеля. Кроме того, схемы электроснабжения имеют определенные значения параметров, за счет управления которыми [8] можно выделять и усиливать диагностические признаки для однозначного распознавания повреждений.

В статье приводится один из вариантов способа распознавания отказа по конфигурации ЭМП над местом повреждения силового кабеля.

Рассмотрим такие режимы и значения управляющих параметров, при которых характерные диагностические признаки повреждений получают наибольшее разрешение в силовых КЛ с электромагнитными экранами (рис. 1, а). Между проводниками кабеля 1, изоляционной оболочкой 2 и броней 3 находится среда, у которой ЭМП каждого из слоев в случае плоской, поляризованной, монохроматической волны, падающей на поверхность 1, подчиняется условиям [5–7]:

$$\nabla^2 \vec{E}_m = \Gamma^2 \vec{E}_m, \quad (1)$$

где  $\nabla$  – набла-оператор;  $\vec{E}_m$  – амплитуда вектора напряженности электрического поля;  $\Gamma = \sqrt{j\omega\mu(\gamma + j\omega\mu)}$  – оператор Гамильтона;  $j$  – показатель мнимой части;  $\omega$  – круговая частота тока;  $\gamma = 1/\rho$  – удельная проводимость среды;  $\mu$  – магнитная проницаемость среды,

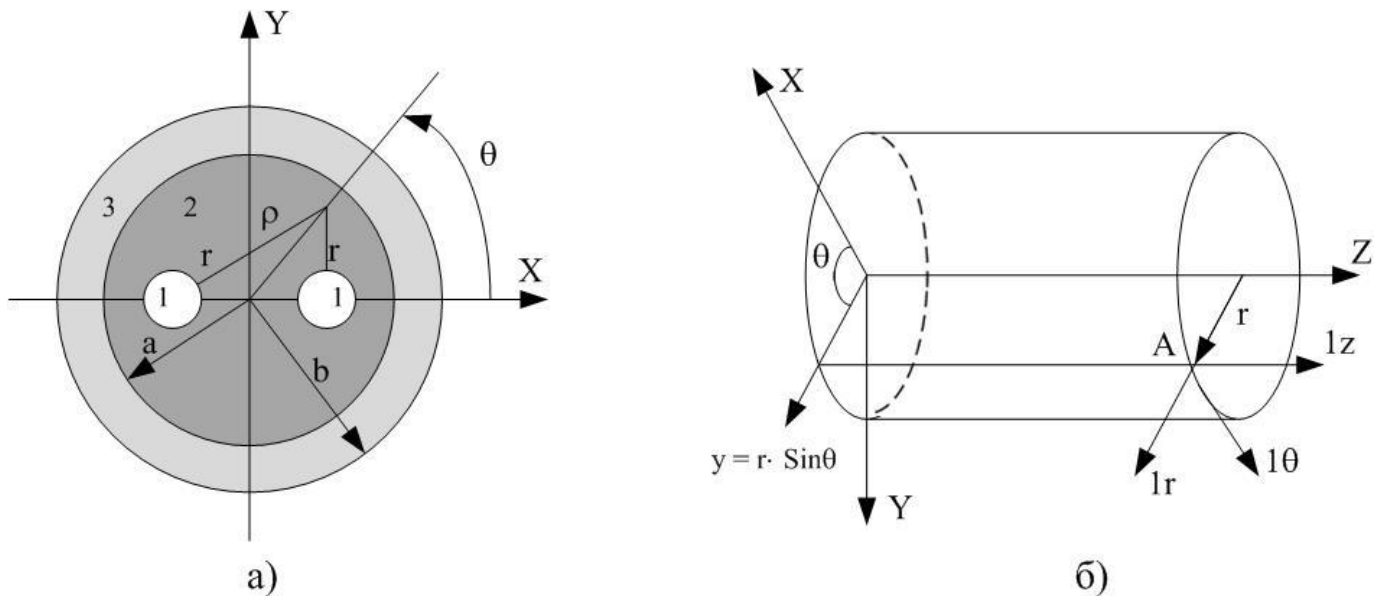


Рис. 1 – Эквивалентное представление участка кабельной линии:  
а – кабель с экраном; б – система координат для расчета ЭМП

Для полупроводящих сред уравнение в цилиндрических координатах (рис. 1, б) имеет вид

$$\begin{aligned} & 1_r \left( \nabla^2 E_{mr} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial E_{m\theta}}{\partial \theta} - \frac{E_{mr}}{r^2} \right) + 1_\theta \left( \nabla^2 E_{m\theta} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial E_{mr}}{\partial \theta} - \frac{E_{m\theta}}{r^2} \right) + \\ & + 1_z \nabla^2 E_{mz} = \Gamma^2 \left( 1_u E_{mu} + 1_\theta E_{m\theta} + 1_z E_{mz} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Отдельные скалярные уравнения в цилиндрических координатах выделить трудно. Если принять допущение, что имеет место осевая симметрия векторов поля, т.е.  $\partial E_m / \partial \theta = 0$ , то в этом случае получим систему трех скалярных уравнений в системе прямоугольных координат

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \dot{E}_{mr}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \dot{E}_{mr}}{\partial r} - \frac{\dot{E}_{mr}}{r^2} + \frac{\partial^2 \dot{E}_{mr}}{\partial z^2} = \Gamma^2 \dot{E}_{mr}; \\ \frac{\partial^2 \dot{E}_{m\theta}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \dot{E}_{m\theta}}{\partial r} - \frac{\dot{E}_{m\theta}}{r^2} + \frac{\partial^2 \dot{E}_{m\theta}}{\partial z^2} = \Gamma^2 \dot{E}_{m\theta}; \\ \frac{\partial^2 \dot{E}_{mz}}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \dot{E}_{mz}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \dot{E}_{mz}}{\partial z^2} = \Gamma^2 \dot{E}_{mz}. \end{cases} \quad (3)$$

Уравнения (3) можно решить методом разделения переменных, если применить подстановку  $\dot{E}_{mr}(r, z) = R(r)Z(z)$  и произвести соответствующие преобразования. В случае, когда поле зависит только от одной переменной  $r$  (при параметрическом управлении процессом в целях диагностики), т.е.  $\partial \dot{E}_m / \partial z = 0$ , тогда, подставляя новую комплексную переменную,  $\rho = r\sqrt{-\Gamma^2}$  получаем два типа уравнений Бесселя для  $\partial \dot{E}_{mr}$  и  $\dot{E}_{m\theta}$

$$\frac{\partial^2 \dot{E}_{mr}}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \dot{E}_{mr}}{\partial \rho} + \left(1 - \frac{1}{\rho^2}\right) \dot{E}_{mr} = 0 \quad (4)$$

и для  $\dot{E}_{mz}$

$$\frac{\partial^2 \dot{E}_{mz}}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \dot{E}_{mz}}{\partial \rho} + \dot{E}_{mz} = 0. \quad (5)$$

Общее решение (4) может иметь вид

$$\dot{E}_{mr} = C_1 I_1(\rho) + C_2 N_1(\rho), \quad \text{либо} \quad \dot{E}_{mr} = C_2 H_1^{(1)}(\rho) + C_2 H_1^{(2)}(\rho).$$

Общее решение (5) может иметь вид

$$\dot{E}_{mz} = C_5 I_0(\rho) + C_6 N_0(\rho), \quad \text{либо} \quad \dot{E}_{mz} = C_7 H_0^{(1)}(\rho) + C_8 H_0^{(2)}(\rho),$$

где  $I_1(\rho)$  и  $I_0(\rho)$  – функции Бесселя первого рода и нулевого порядка;  $N_1(\rho)$  и  $N_0(\rho)$  – функции Бесселя второго рода, первого и нулевого порядка, называемые функциями Неймана;  $H_1^{(1)}(\rho)$  и  $H_1^{(2)}(\rho)$  – взаимно сопряженные функции Ханкеля первого порядка;  $H_1^{(1)}(\rho)$ ,  $H_0^{(1)}(\rho)$ ,  $H_0^{(2)}(\rho)$  – взаимно сопряженные функции Ханкеля нулевого порядка.

Функция Бесселя  $n$ -го порядка для целых чисел  $\alpha$  является суммой ряда

$$I_n(\rho) = \sum_{\alpha=1}^{\infty} \frac{(-1)^\alpha}{\alpha!(n+\alpha)!} \left(\frac{\rho}{2}\right)^{n+2\alpha}. \quad (6)$$

Функции Ханкеля, называемые также функциями Бесселя третьего рода, связаны с функциями Бесселя и Неймана уравнениями

$$\begin{cases} H_\nu^{(1)}(\rho) = I_\nu(\rho) + jN_\nu(\rho); \\ H_\nu^{(2)}(\rho) = I_\nu(\rho) - jN_\nu(\rho), \end{cases} \quad (7)$$

где  $\nu = n + 1/2$  – индекс функции Ханкеля.

Значение функций  $H_\nu(\rho)$  Ханкеля для практического применения заключается в том, что среди функций Бесселя только они приобретают нулевые значения при бесконечных значениях комплексного аргумента, а именно:  $H^{(1)}$ , – когда мнимая часть является положительной и  $H^{(2)}$ , – когда она отрицательна. В противоположном случае обе функции растут до бесконечности.

В рассматриваемом практическом приложении для диагностики повреждения силового кабеля это значит, что при контроле значений амплитуд гармонических составляющих спектра смена знака амплитуды выражает изменение фазы. Получаемый графический образ может быть использован как информационный признак при распознавании повреждения.

Для векторного магнитного потенциала  $A$  тока  $i$  определим характеристики ЭМП снаружи цилиндрического экрана кабеля (рис. 1, а), имеющего магнитную проницаемость  $\mu$  и охватывающего проводники 1,

$$A = \frac{\mu}{4\pi} \oint \frac{idl}{r}. \quad (8)$$

Векторный потенциал двухпроводной линии будет иметь только составляющую  $A_z$ , направленную перпендикулярно плоскости (рис. 1, б):

$$A_z = \frac{\mu I}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left( \frac{dz}{\sqrt{r_1^2 + z^2}} - \frac{dz}{\sqrt{r_2^2 + z^2}} \right) = \frac{\mu I}{2\pi} \ln \left| \frac{\sqrt{r_1^2 + z^2} + z}{\sqrt{r_2^2 + z^2} + z} \right|_0^\infty = \frac{\mu I}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1}. \quad (9)$$

Применяя так называемые круговые гармоники, полученные на основании уравнений (5), получим выражение для векторного потенциала в третьей области 3 (рис. 1, а).

$$A_{3z} = \frac{4\mu I}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \left[ (\mu_r + 1)^2 - (\mu_r - 1)^2 \left( \frac{a}{b} \right)^{4n+2} \right]^{-1} \times \frac{1}{2n+1} \left( \frac{e}{\xi} \right)^{2n+1} \cos(2n+1)\theta. \quad (10)$$

Магнитное поле кабеля определяется на основании соотношения  $B = \text{rot } A$ , выраженного в цилиндрических координатах,

$$B_{\xi} = \frac{1}{\xi} \frac{\partial A_{3z}}{\partial \theta} \quad \text{и} \quad B_{\theta} = -\frac{\partial A_{3z}}{\partial \xi}. \quad (11)$$

Таким образом, для схемы управляемых параметров (рис. 2) в месте повреждения кабеля требуется организовать растекание токов, формирующих пространственную структуру поля, определяемую природой токов (видом реактивности  $L$  и  $C$ ).

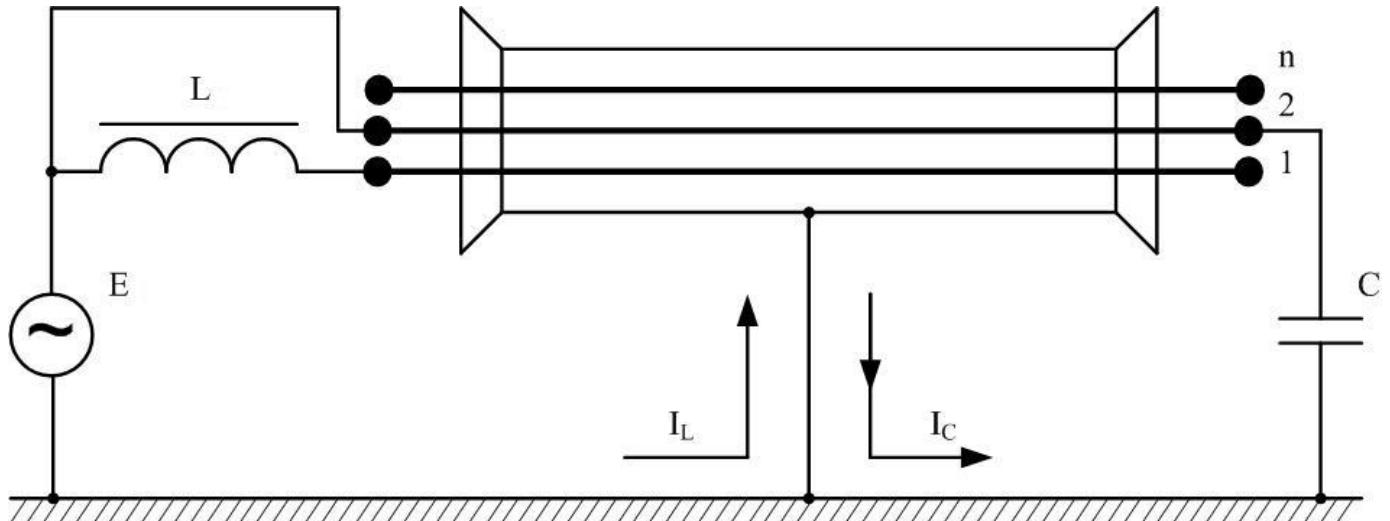


Рис. 2 – Схема включения индуктивности  $L$  и  $C$  емкости при поиске повреждения изоляции одной из жил кабеля относительно земли

Поиск повреждений [8] можно производить при рабочем напряжении на частоте промышленной 50 Гц, когда за счет тока компенсатора (конденсатора  $C$ ) индуктивной составляющей (дросселя  $L$ ) в месте повреждения изоляции формируются амплитудно-фазовые соотношения характеристик поля (значения амплитуд спектрального состава тока замыкания на землю и спектральная плотность мощности).

Ток, возвращающийся через землю, стремится приблизиться к проводнику и не может произвольно распространяться в земле. В результате фазового и пространственного смещения намагничивающих сил поле рассеяния КЛ имеет характер сложной волны, бегущей вдоль оси кабеля. Как показали эксперименты, при отыскании мест повреждения кабеля на трассах КЛ достаточно учитывать несколько первых гармоник ряда Фурье распределения поля. Расчет характеристик ЭМП и построение графического образа выполняется на персональном компьютере (ноутбуке), который выполняет функции: цифровой фильтрации аналоговых сигналов и выделения значений фазовых соотношений; определения спектральных составляющих аналоговых сигналов двух каналов; определения спектральной плотности мощности сигналов; управления интерфейсом.

Полевые испытания исследовательского прототипа устройства, в котором реализована обработка спектральных характеристик поля по прикладным программам быстрого преобразования Фурье, показали, что у всех видов повреждений кабеля формируются специфические образы, изменяемые при движении вдоль трассы прокладки КЛ (рис. 3).

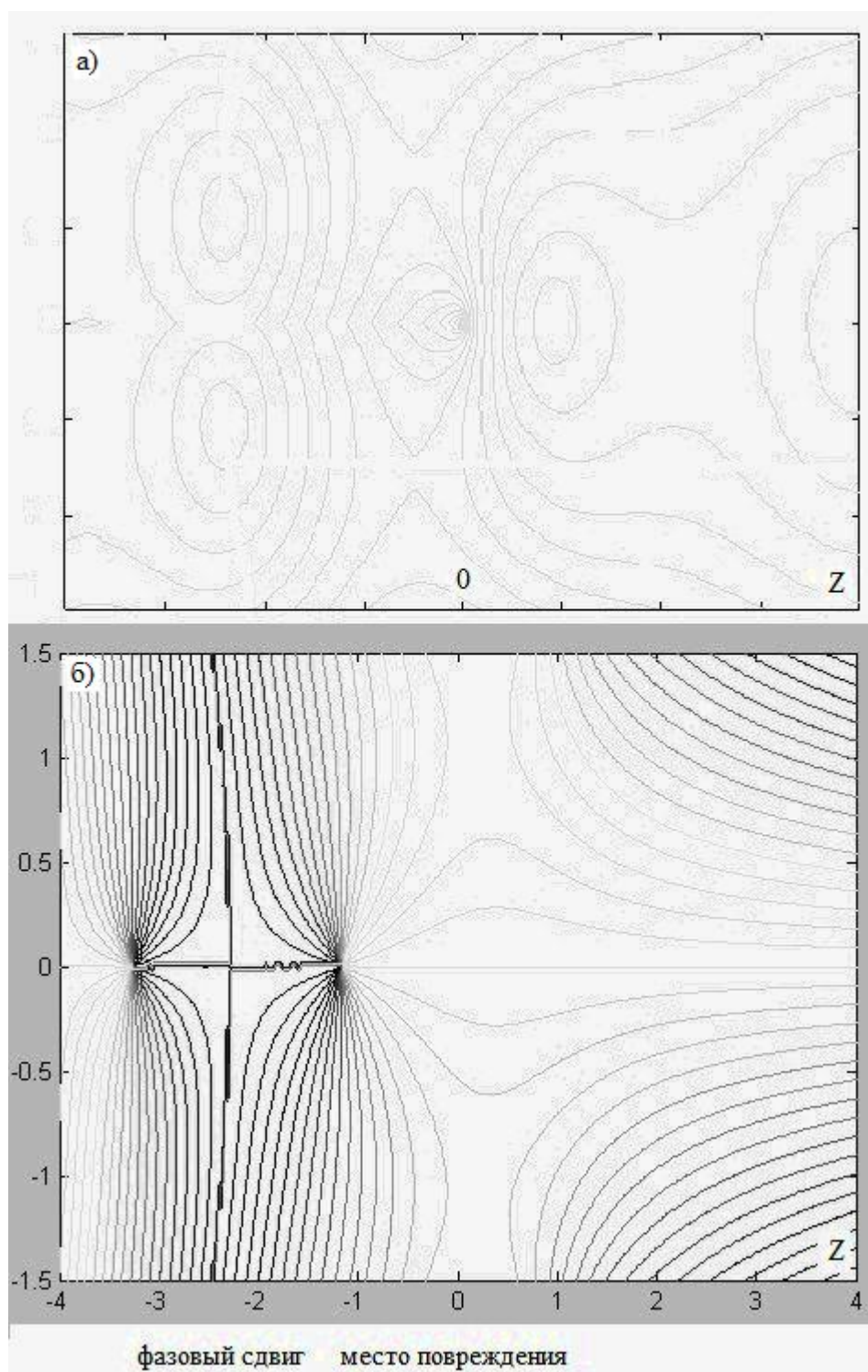


Рис. 3 – Конфигурации электромагнитного поля над местом повреждения КЛ при: а – высоком переходном сопротивлении места повреждения; б – малом переходном сопротивлении места повреждения

Графическая информация, отображаемая на экране ноутбука оператора, позволяет однозначно определить место и классифицировать причину повреждения КЛ.

#### Литература

1. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. М.: ОАО «Россети», 2013. 196 с.
2. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Нетребко С.А. Теоретический и практический аспекты повышения надежности кабельных линий электропередачи // Коллективная монография: Актуальные вопросы технических наук: Теоретический и практический аспекты. – Уфа: Азтерна, 2014. – С. 127–154.
3. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Проблемы изношенного электрооборудования в современной энергетике // Международный научно-исследовательский журнал, 2015. № 7. С. 89–91.
4. Привалов И.Н. Современные методы и технические средства для испытаний и диагностики силовых кабельных линий номинальным напряжением до 35 кВ включительно. – Санкт-Петербург: Петербургский энергетический институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов, 2008. 94 с.
5. Андре Анго. Математика для электро- и радиоинженеров. – М.: Наука, 1967. 780 с.

6. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей. – М.: Связь, 1972. 326 с.
7. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. – М.: ФМЛ, 1981. 568 с.
8. Дементьев В.С. Как определить место повреждения в силовом кабеле. М.: Энергия, 1980. 72 с.

## References

1. Polozhenie OAO «Rosseti» o edinoj tehniceskoy politike v jelek-trosetevom komplekse. M.: OAO «Rosseti», 2013. 196 s.
2. Sazykin V.G., Kudrjakov A.G. Netrebko S.A. Teoreticheskij i prakticheskij aspekty povyshenija nadezhnosti kabel'nyh linij jelektroperedachi // Kollektivnaja monografija: Aktual'nye voprosy tehniceskix nauk: Teoreticheskij i prakticheskij aspekty. – Ufa: Ajeterna, 2014. – S. 127–154.
3. Sazykin V.G., Kudrjakov A.G. Problemy iznoshennogo jelektrooborudovanija v sovremennoj jenergetike // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2015. № 7. S. 89–91.
4. Privalov I.N. Sovremennye metody i tehnicieskie sredstva dlja ispytanj i diagnostiki silovyh kabel'nyh linij nominal'nym naprjazheniem do 35 kV vkljuchitel'no. – Sankt-Peterburg: Peterburgskij jenergeticheskij institut povyshenija kvalifikacii rukovodjashhih rabotnikov i specialistov, 2008. 94 s.
5. Andre Ango. Matematika dlja jelektro- i radioinzhenierov. – M.: Nauka, 1967. 780 s.
6. Andreev V.S. Teorija nelinejnyh jelektricheskix cepej. – M.: Svjaz', 1972. 326 s.
7. Andronov A.A., Vitt A.A., Hajkin S. Je. Teorija kolebanij. – M.: FML, 1981. 568 s.
8. Dement'ev V.S. Kak opredelit' mesto povrezhdenija v silovom kabele. M.: Jenergija, 1980. 72 s.

Сюрина Е.М.<sup>1</sup>, Адамов В.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>Студент, <sup>2</sup>Кандидат технических наук, Донецкий национальный технический университет

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДСЧЕТА КЛЕТОК ЛЕЙКОЦИТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРЕПАРАТОВ КРОВИ

## Аннотация

*В работе рассмотрена технология автоматизации процесса подсчета клеток лейкоцитов на изображениях препаратов крови. Описаны основные методы выделения контуров ядер лейкоцитов и выделения цитоплазмы клеток. Также проведен анализ этих методов и выбран наиболее подходящий из них.*

**Ключевые слова:** препарат крови, бинаризация, фильтрация, выделение границ.

Siurina K.M.<sup>1</sup>, Adamov V.G.<sup>2</sup><sup>1</sup>Student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Donetsk National Technical University

## AUTOMATING OF THE PROCESS FOR CELL COUNTING OF LEUKOCYTES ON THE IMAGES OF BLOOD

## Abstract

*The article considers automating of the process for cell counting of leukocytes on the images of blood. The main methods of allocation the contours of the nuclei of leukocytes and isolation cell cytoplasm are described. Also, the analysis of these methods was done and the most appropriate one was chosen.*

**Keywords:** blood product, binarization, filtering, isolation of borders.

## Постановка задачи

Общий анализ крови – это важный диагностический метод, который показывает реакцию кроветворных органов на воздействие различных физиологических и патологических факторов на организм человека [1]. Одним из показателей, вычисляемым в ходе общеклинического исследования крови является подсчет общего количества кровяных клеток, в том числе лейкоцитов. Для этой цели существует множество методик, однако в наше время до сих пор широко используется способ ручного (мануального) метода анализа кровяного состава. Такой подход требует непосредственного участия лаборанта на протяжении всего анализа, что является трудоемкой и длительной процедурой. В связи с этим в настоящее время весьма актуальной является задача автоматизации проведения общеклинического анализа крови. Понятие «общеклиническое исследование крови» включает в себя: определение концентрации гемоглобина, подсчет количества лейкоцитов, цветового показателя лейкоцитов, скорости оседания эритроцитов (СОЭ) и процентное соотношение каждого из типов лейкоцитов (лейкоцитарной формулы) [1]. Для определения количества лейкоцитов в образце крови в данной работе предложена технология автоматизации процесса подсчета клеток лейкоцитов путем выделения контуров их ядер.

## Общая характеристика процесса

На рис.1 показаны клетки крови (тромбоциты, лейкоциты и эритроциты), лейкоциты самые крупные из них. Как известно, любую клетку можно разделить на ядро и цитоплазму. Ядро лейкоцитов – это плотное образование, которое может быть различного цвета от светло-розового до темно-фиолетового. Цитоплазма лейкоцитов не такая плотная, как ядро, и может быть от пурпурного до фиолетового цвета и часто содержит гранулы (включения).



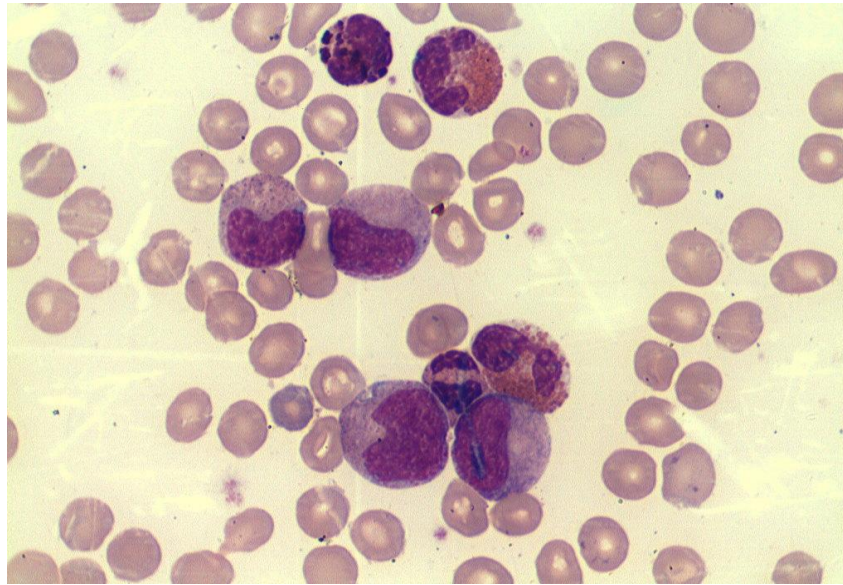


Рис. 1 – Изображение мазка крови

Автоматические методы выделения контуров не требуют прямого участия лаборанта и заключаются в проведение следующих этапов: начальная обработка изображения (предварительная), преобразование цветовой модели, применение алгоритмов выделения границ.

Для предварительной обработки важным фактором является качество исходного изображения, которое напрямую зависит от оборудования, применяемого в процессе получения снимка препарата крови. Чем выше разрешение используемого микроскопа, тем качественнее исходное изображение. Но высокоразрешающий микроскоп, как правило, является и дорогостоящим, что становится препятствием на пути получения изображения высокого качества. Таким образом, чтобы избавиться от зашумленности и мало контрастности снимка, применяют алгоритмы повышения контраста и очистки изображения от шума для последующей его обработки.

Для дальнейшего выделения объектов на изображении одним из основополагающих факторов является цвет, поэтому крайне важно выбрать правильное цветовое пространство. Человек воспринимает цвет по-разному в зависимости от различных внешних условий. Однако для человека цветовые модели YUV, HSL, RGB наиболее близки по цветовосприятию. В отличие от других систем, HSL имеет одно важное преимущество: она более близка по природе цвета к модели восприятия цвета человеком [2]. Именно поэтому для решения поставленной задачи выбрана модель HSL. Она представляет собой значение компонент тона, насыщенности и освещенности, которые позволяют контролировать цвет изображения наиболее удобным способом.

#### Выбор метода выделения ядер

Для выделения границ объектов на изображении (в данном случае контуров ядер лейкоцитов) существует немало алгоритмов, которые заключаются в применении оператора первой производной к исходному изображению, то есть в построении градиентного изображения [3]. Оператор градиента – это маска или квадратная матрица коэффициентов. По сути, это линейный фильтр изображения, который применяется для каждой точки изображения. Размер этой маски может быть любой, чаще выбираемый эмпирическим путем.

Для выбора подходящего метода выделения границ необходимо рассмотреть существующие. В данной работе анализировались методы Робертса, Лапласа, Уоллеса, Собеля, Кирша и статический метод. Все перечисленные методы работают со значением яркости точки, которое получается по формуле из значений цветовых составляющих. Иногда не требуется преобразовывать изображение к оттенкам серого, можно лишь определить значение яркости точки в тот момент времени, когда она обрабатывается, а затем полученное значение после преобразований повторить по всем цветовым каналам [4].

*Метод Робертса* – самый простой и быстрый, но при этом достаточно эффективный. Работает он с матрицей 2x2 следующего вида:

$$\begin{pmatrix} A & C \\ B & D \end{pmatrix}$$

$$A' = |A - D| + |B - C| = \sqrt{(A - D)^2 + (B - C)^2}$$

Хоть второй вариант записи работает медленнее, но с квадратным корнем формула работает точнее. Окончательное значение  $A'$  записывается в элемент A, затем рабочее окно сдвигается на один элемент вправо и так далее (слева направо и сверху вниз) [4].

*Метод Лапласа* выполняет умножение каждого элемента матрицы размером 3x3 на соответствующий элемент одной из матриц Лапласа:

$$\begin{pmatrix} A & B & C \\ D & E & F \\ G & H & I \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ -2 & 12 & -2 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 * A & -2 * B & -1 * C \\ -2 * D & 12 * E & -2 * F \\ -1 * G & -2 * H & -1 * I \end{pmatrix}$$

Затем результаты умножения складываются, и полученное значение помещается в центр (в точку E). Иногда, при необходимости, повышается порог яркости путем сложения результата с числом около 100. Затем рабочее окно сдвигается на один элемент вправо (далее – слева направо и сверху вниз) [4].

Матрицы Лапласа могут иметь следующий вид:

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Метод Уоллеса работает со следующей матрицей размером 3x3:

$$\begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 \\ A_3 & F & A_4 \\ A_5 & A_6 & A_7 \end{pmatrix}$$

$$F' = \frac{\ln\left(\frac{F}{A_1} * \frac{F}{A_3} * \frac{F}{A_5} * \frac{F}{A_4}\right)}{4}$$

Метод заключается в нахождении значения центрального пикселя по формуле выше. При этом, если знаменатель равен нулю, то к нему и к числителю добавляется единица [4].

Метод Собела работает с двумерной апертурой 3x3 следующего вида:

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ A_3 & F & A_4 \\ A_5 & A_6 & A_7 \end{pmatrix}$$

$$X = (A_3 + 2 * A_4 + A_7) - (A_1 + 2 * A_3 + A_5)$$

$$Y = (A_1 + 2 * A_2 + A_3) - (A_5 + 2 * A_6 + A_7)$$

Сначала определяются значения X и Y по формулам, приведённым выше. Затем находится новое значение центрального элемента выделением квадратного корня из суммы квадратов полученных значений переменных X и Y [4].

Метод Кирша использует матрицу 3x3 следующего вида:

$$\begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 \\ A_7 & F & A_3 \\ A_6 & A_5 & A_4 \end{pmatrix}$$

$$S_i = A_i + A_{i(+1)} + A_{i(+2)}$$

$$T_i = A_{i(+3)} + A_{i(+4)} + A_{i(+5)} + A_{i(+6)} + A_{i(+7)}$$

Сперва в цикле находятся все значения переменных  $S_i$  и  $T_i$ , где  $i$  изменяется от 0 до 7, по приведённым выше формулам, где знак «(+)» означает сложение по модулю 8. После находятся значения модуля разности  $|5 * S_i - 3 * T_i|$  для каждого  $i$  от 0 до 7 и значение максимума среди этих модулей:

$$F' = \max_{i=0...7} (|5 * S_i - 3 * T_i|)$$

Полученное  $F'$  записывается на место центрального пикселя (F), затем рабочее окно сдвигается на один элемент вправо (далее – слева направо и сверху вниз) [4].

Статистический метод является двухпроходным и применим для любой апертуры, даже для прямоугольной. Вначале вычисляется среднее значение яркости в рабочем окне:

$$\mu = \frac{1}{m * n} * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F(i, j)$$

Далее вычисляется значение среднеквадратичного отклонения значений элементов рабочего окна от среднеарифметического значения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m * n} * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (F(i, j) - \mu)^2}$$

Потом значения всех элементов рабочего окна умножаются на полученное значение отклонения:

$$F'(i, j) = \sigma F(i, j)$$

Стоит заметить, что при использовании статистического метода изменяются значения сразу всех элементов матрицы, в отличие от остальных способов, где преобразовывается значение только центрального пикселя [4].

Для того чтобы выбрать подходящий метод для задачи выделения ядер, были проведены эксперименты с каждым из представленных методов по выделению границ объектов на изображениях. Результаты приведены на рис.2.

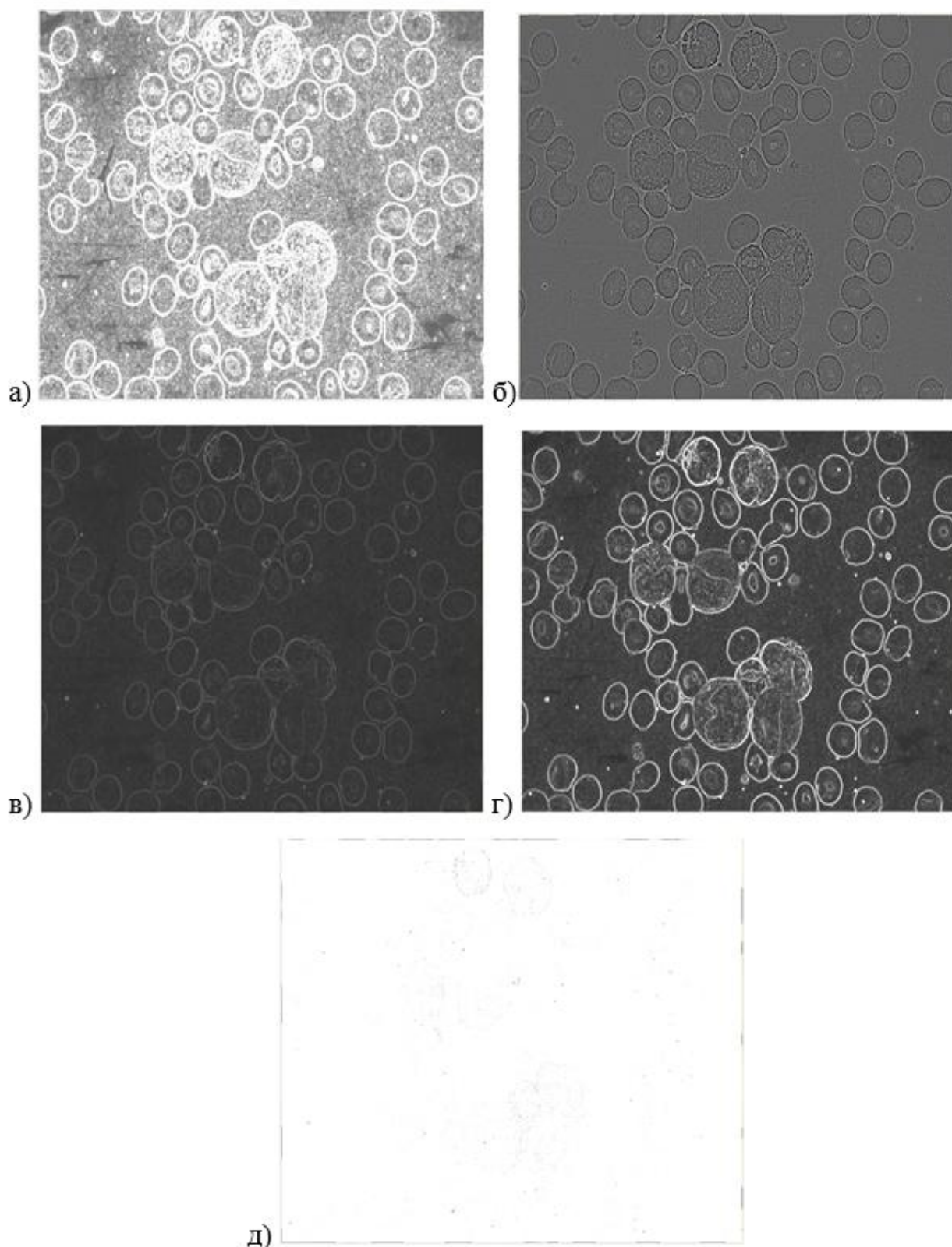


Рис. 2 – Изображения с выделенными границами, полученные методом а) Кирша, б) Лапласа, в) Робертса, г) Собеля, д) Уоллеса

По результатам экспериментов можно сделать вывод, что для решения текущей проблемы метод Уоллеса не справляется, а приемлемым результатом является изображение, полученное после обработки методом Собеля. Следовательно, для дальнейшей работы будет применяться метод Собеля.

#### Основные этапы технологии выделения цитоплазмы

Чтобы провести процесс выделения цитоплазмы клеток, воспользуемся информацией о положении ядер из предыдущего этапа и таким образом определим интервал, в котором лежит цветность ядер. Зная, что цитоплазма по цвету близка к ядру, необходимо задать отклонение цветности, и определить положение цитоплазмы.

Если полученное изображение будет иметь неровные края, применим ранговую фильтрацию, подобрав необходимые параметры.

**Заключение**

В работе рассмотрена технология автоматизации процесса подсчета клеток лейкоцитов на изображениях препаратов крови. Описаны основные методы выделения контуров на изображениях, проведены исследования этих методов применительно к поставленной задаче выделения ядер лейкоцитов для дальнейшего их подсчета. На основе полученных результатов выбран наиболее подходящий метод – метод Собеля.

Описана технология процесса подсчета лейкоцитов, которая заключается в последовательном выделении сначала ядер, затем цитоплазмы клеток. Приведенная технология может использоваться не только для подсчета количества клеток, но и для проведения автоматизированного общеклинического исследования крови, что может значительно облегчить работу лаборанта, так как не требует его непосредственного участия.

**Литература**

1. W. Kern. PDQ Hematology. – B.C. Decker. Published October 2002. – 440 Pages.
2. Технология выделения лейкоцитов на изображениях препаратов крови. Е.С. Жулькова, Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов. Институт систем обработки изображений Российской академии наук, Самарский государственный аэрокосмический университет. [Электронный ресурс] URL: <http://www.smr.ru/> (дата обращения 20.08.2015)
3. Многомасштабный подход к определению контуров объектов на цифровых изображениях. Казанов М.Д., Институт Системного Анализа Российской Академии Наук. [Электронный ресурс] URL: <http://www.cognitive.ru/> (дата обращения 20.08.2015)
4. Методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Обработка сигналов и изображений» - ДонНТУ, Донецк – 2011.

**References**

1. W. Kern. PDQ Hematology. – B.C. Decker. Published October 2002. – 440 Pages.
2. Tekhnologiya vydeleniya leykotsitov na izobrazheniyakh preparatov krovi. Ye.S. Zhul'kova, N.YU. Il'yasova, A.V. Kupriyanov. Institut sistem obrabotki izobrazheniy Rossiyskoy akademii nauk, Samarskiy gosudarstvennyy aerokosmicheskiy universitet. [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.smr.ru/> (data obrashcheniya 20.08.2015)
3. Mnogomasshtabnyy podkhod k opredeleniyu konturov ob'yektov na tsifrovyykh izobrazheniyakh. Kazanov M.D., Institut Sistemnogo Analiza Rossiyskoy Akademii Nauk. [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.cognitive.ru/> (data obrashcheniya 20.08.2015)
4. Metodicheskiye ukazaniya k vypolneniyu kursovoy raboty po kursu «Obrabotka signalov i izobrazheniy» - DonNTU, Donetsk – 2011.

**Уваров В.А.<sup>1</sup>, Староверов С.В.<sup>2</sup>, Феоктистов А.Ю.<sup>3</sup>, Юдин А.И.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>кандидат технических наук, <sup>3</sup>кандидат технических наук, <sup>4</sup>аспирант,  
Государственный технический университет им. В. Г. Шухова

**МЕТОДИКИ РАСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛА В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ***Аннотация*

*В статье рассмотрено – методики расчёта количества тепла в зависимости от состава уходящих газов.*

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, энергосбережение, промышленность.

**Uvarov V.A.<sup>1</sup>, Staroverov S.V.<sup>2</sup>, Pheoktistov A.Y.<sup>3</sup>, Yudin A.I.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>PhD in Engineering, <sup>3</sup>PhD in Engineering, <sup>4</sup>Postgraduate student,  
Shukhov State Technical University

**METHOD OF CALCULATION OF AMOUNT OF HEAT IN THE LEAVING GASES***Abstract*

*In article it is considered – method of calculation of amount of heat depending on composition of the leaving gases.*

**Keywords:** heat-and-power engineering, energy saving, industry.

**К** вопросу об использовании тепла от уходящих дымовых газов.

При разработке технологической схемы для использования тепла и углекислого газа от хвостовых поверхностей стеклоплавильных печей следует уделить особое внимание методики расчёта потенциальной тепловой мощности и составу уходящих газов в зависимости от режима работы печи.

В данной статье авторами предложено две методики расчёта тепловой мощности котла-утилизатора.

**Известны следующие исходные данные:**

Температура уходящих дымовых газов – 820 °С;

Температура уходящих газов после котла-утилизатора – 350 °С;

Расход дымовых газов при н.у. – 17187 м<sup>3</sup>/ч;

**Объёмный состав уходящих дымовых газов:**

CO<sub>2</sub> – 8,64 %;

H<sub>2</sub>O – 18,46 %;

N<sub>2</sub> – 71,18 %;

O<sub>2</sub> – 1,72 %;

**Плотность компонентов при н.у.(при 100 °С):**

CO<sub>2</sub> - 1,977 кг/м<sup>3</sup>;

H<sub>2</sub>O - 0,598 кг/м<sup>3</sup>;

N<sub>2</sub> - 1,25 кг/м<sup>3</sup>;

O<sub>2</sub> - 1,429 кг/м<sup>3</sup>;

Средняя плотность дымовых газов при н.у. – 0,308 кг/м<sup>3</sup>;

Средняя плотность дымовых газов при н.у.(сухой части) – 0,332 кг/м<sup>3</sup>;

**Массовый состав дымовых газов:**

CO<sub>2</sub> – 13,82 %;

H<sub>2</sub>O – 12,20 %;

N<sub>2</sub> – 71,99 %;

O<sub>2</sub> – 1,99 %;

**Теплоёмкость компонентов при н.у. (при 100 °С):**

CO<sub>2</sub> – 0,846 кДж/(кг·К);

H<sub>2</sub>O – 2,02 кДж/(кг·К);

N<sub>2</sub> – 1,042 кДж/(кг·К);

O<sub>2</sub> – 0,92 кДж/(кг·К);

**Теплоёмкость компонентов после печи:**

CO<sub>2</sub> – 1,204 кДж/(кг·К);

H<sub>2</sub>O – 2,186 кДж/(кг·К);

N<sub>2</sub> – 1,135 кДж/(кг·К);

O<sub>2</sub> – 1,071 кДж/(кг·К);

Средняя теплоёмкость дымовых газов при н.у. – 1,271 кДж/(кг·К);

Средняя теплоёмкость дымовых газов при н.у. (сухой части) – 1,144 кДж/(кг·К);

Энтальпия дымовых газов после печи – 1566 кДж/кг;

Энтальпия дымовых газов после печи (сухой остаток) – 1462 кДж/кг;

**Теплоёмкость компонентов после котла-утилизатора:**

CO<sub>2</sub> – 1,076 кДж/(кг·К);

H<sub>2</sub>O – 2,026 кДж/(кг·К);

N<sub>2</sub> – 1,076 кДж/(кг·К);

O<sub>2</sub> – 1,004 кДж/(кг·К);

Средняя теплоёмкость дымовых газов после котла-утилизатора – 1,190 кДж/(кг·К);

Средняя теплоёмкость дымовых газов при после котла-утилизатора (сухой части) – 1,074 кДж/(кг·К);

Энтальпия дымовых газов после котла-утилизатора – 808 кДж/кг;

Энтальпия дымовых газов после котла-утилизатора (сухой остаток) – 767 кДж/кг;

Соответственно тепловая мощность котла утилизатора – 4327 кВт;

Соответственно тепловая мощность котла утилизатора (сухой остаток) – 3964 кВт;

Основываясь на расчётах, следует учитывать теплоёмкость водяных паров в уходящих дымовых газах, т.к. погрешность составляет – 408 кВт;

Данные расчёты указывают на влияние влагосодержания дымовых газов к общему тепловому потенциалу. Однако возникает вопрос о средней теплоёмкости газов в зависимости от изменения состава газов.

Для сравнительного анализа потенциального тепла были проведены замеры состава уходящих газов и получены следующие данные:

Период проведения замера – зима

**Состав уходящих газов:**

CO<sub>2</sub> – 10,3 %;

H<sub>2</sub>O – 20,0 %;

N<sub>2</sub> – 67,00 %;

O<sub>2</sub> – 2,60 %;

**Теплоёмкость компонентов при н.у. (при 100 °С):**

CO<sub>2</sub> – 0,846 кДж/(кг·К);

H<sub>2</sub>O – 2,02 кДж/(кг·К);

N<sub>2</sub> – 1,042 кДж/(кг·К);

O<sub>2</sub> – 0,92 кДж/(кг·К);

**Теплоёмкость компонентов после печи:**

CO<sub>2</sub> – 1,204 кДж/(кг·К);

H<sub>2</sub>O – 2,186 кДж/(кг·К);

N<sub>2</sub> – 1,135 кДж/(кг·К);

O<sub>2</sub> – 1,071 кДж/(кг·К);

Средняя теплоёмкость дымовых газов при н.у. – 1,349 кДж/(кг·К);

Средняя теплоёмкость дымовых газов при н.у. (сухой части) – 1,141 кДж/(кг·К);

Энтальпия дымовых газов после печи – 1965 кДж/кг;

Энтальпия дымовых газов после печи (сухой остаток) – 1794 кДж/кг;

Соответственно тепловая мощность котла утилизатора – 5082 кВт;

Соответственно тепловая мощность котла утилизатора (сухой остаток) – 4482 кВт;

Разница составляет: 5082 - 4327 = 755 кВт;

3964 - 4482 = 518 кВт;

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при расчётах котлов-утилизаторов необходимо учитывать технологические особенности установки, от которой будет производиться отбор тепла.



### Литература

1. Уонг Х. Основные формулы по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. / Справочник. - М.: Атомиздат, 1979. - 216 с
2. Теплофизические свойства технически важных газов при высоких температурах и давлениях: Справочник / В.Н. Зубарев, А.Д. Козлов, В.М. Кузнецов и др. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 232 с.

### References

1. Wong X. Basic formulas on heat exchange for engineers: The lane with english / the Reference book. - M.: Atomizdat, 1979. - 216 pages.
2. Heatphysical properties of technically important gases at high temperatures and pressure: The reference book / V. N. Zubarev, A.D. Kozlov, V. M. Kuznetsov, etc. - M.: Energoatomizdat, 1989. - 232 pages.

### Черкашина Н. И.

Кандидат технических наук, доцент,

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

### МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОВОЛОКНА ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

*Аннотация*

*Разработан метод получения полиэдрального олигомерного алюмосилесквиоксана в присутствии вольфрамата свинца методом гетерофазного взаимодействия для их использования в качестве наполнителя терморегулирующих покрытий.*

**Ключевые слова:** терморегулирующие покрытия, композиционный материал, гидролитическая конденсация

### Cherkashina N.I.

PhD in technica, Associate professor, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhova

### THE MODIFIED NANOFIBRES FOR TEMPERATURE-CONTROLLED COVERINGS

*Abstract*

*The method of receiving a poliedralny oligomerny alyumosilsesквиоксан in the presence of a lead tungstate by method of heterophase interaction is developed for their use as a filler of temperature-controlled coverings.*

**Keywords:** temperature-controlled coverings, composite material, hydrolytic condensation

При эксплуатации космических аппаратов возникает проблема регулирования теплового режима внешней оболочки для обеспечения стабильной работы радиоэлектронного оборудования. Материалы, из которых изготовлены покрытия, должны обладать не только терморегулирующими свойствами, но и высокой стойкостью к агрессивным факторам космического пространства. Для предотвращения возникновения помех в работе бортовой аппаратуры, перегрева и потери жесткости деталей из углепластика необходимо обеспечить их терморегулирование и защиту от радиации [1-16].

В работе проведены исследования по получению радиационно-стойких полимерных композиционных материалов. В качестве связующего выбрана полиакриламидная матрица, как одна из наиболее стойких к ионизирующему излучению полимерных матриц, обладающая высокой термостабильностью свойств, а в качестве наполнителя – радиационно-защитный вольфрамат свинца, модифицированный нановолокнами алюмосилесквиоксанов.

Разработан метод получения полиэдрального олигомерного алюмосилесквиоксана в присутствии вольфрамата свинца методом гетерофазного взаимодействия [17-30].

Были синтезированы кристаллы  $PbWO_4$ , полученные осаждением из водных растворов  $Na_2WO_4$  и  $Pb(CH_3COO)_2$ . Осажденный при помощи разработанной методики нанокристаллический  $PbWO_4$ , имеет средний размер частиц около 50 нм и истинную плотность 4,8 г/см<sup>3</sup>.

Для получения алюмосилесквиоксанов в ацетоне растворяют хлорид алюминия и  $RSiCl_3$ , где R -цикло- $C_6H_{11}$ . Методом гидролитической конденсацией при комнатной температуре (20 °C) в течение 24 часов происходит синтез полиэдральных олигосилесквиоксанов частично конденсированной структуры. По данным рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии установлено, что полученным продуктом является смесь, содержащая около 13-17 % соединений с двумя группами  $OH^-$  и 43-49% соединения с тремя группами  $OH^-$ .

Данная смесь легко разделяется при помощи центрифугирования на малых оборотах 2000/мин (более тяжелое соединение уходит вниз пробирки, а более легкое поднимается вверх).

Синтез монофункциональных полиэдральных олигосилесквиоксанов конденсированной структуры осуществлялся по золь-гель технологии путем взаимодействия олигосилесквиоксанов частично конденсированной структуры с четыреххлористым силиконом ( $SiCl_4$ ) при нормальных условиях.

Для получения алюмосилесквиоксанов повышают температуру выше 65 °C и создаются условия глубокого вакуума, происходит замещение ионов  $H^+$  в группе  $OH^-$  на ион  $Al^{3+}$ . Так как ион алюминия трехвалентен, то каждый ион алюминия способен присоединить к себе до 3-х полиэдральных олигосилесквиоксанов частично конденсированной структуры (рисунок).

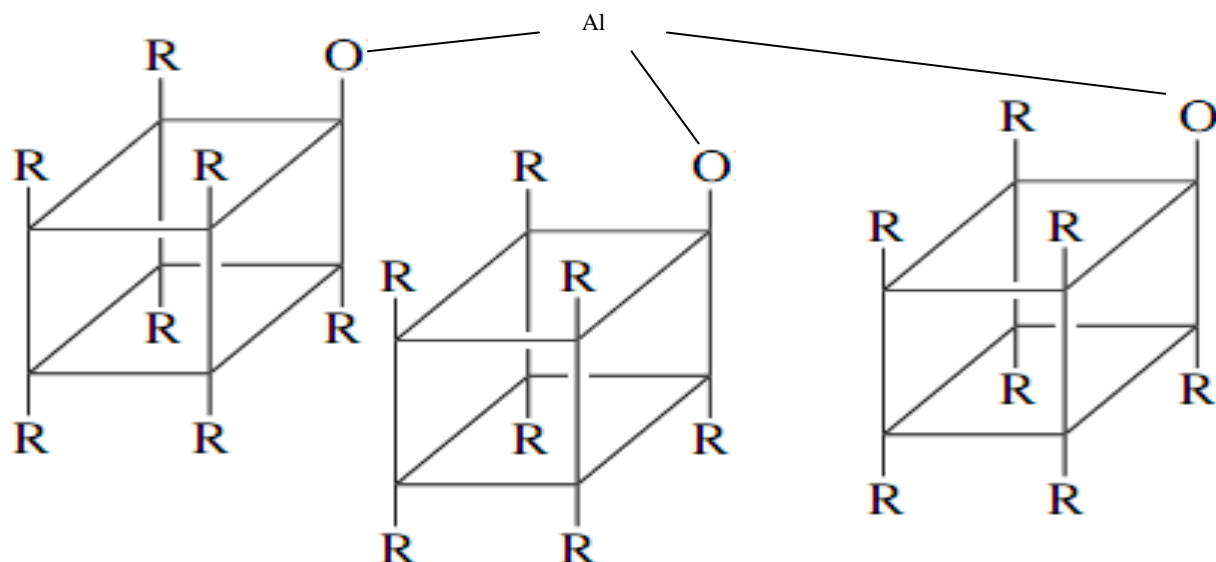


Рис. – Структурные формулы полученных алюмосилсесквиоксанов

Далее технологический процесс получения наполнителя состоит в промывке полученного золя от  $\text{SiCl}_4$  и  $\text{HCl}$  с использованием центрифугирования и дальнейшее высушивание геля в вакууме (давление не более 20 Па) – получение порошкообразного продукта.

Полученные алюмосилсесквиоксаны представляют собой осадок белого цвета. Дальнейшие действия направлены на отмывку полученного вещества от ацетона. Обычно используют центрифугирование на больших оборотах 6000/мин. для отделения твердой фазы от исходных продуктов реакции с последующей промывкой и повтором данных операций несколько раз.

При исследовании полученного модификатора–алюмосилсесквиоксана были использованы рентгенографический, ИК-спектроскопический и микроскопический методы исследования.

Установлено, что кристаллические рефлексы (пики) принадлежат полиэдральным силсесквиоксанам, которые являются наноструктурированными молекулярными системами, имеющими кристаллическую ячейку и способность агрегироваться и формировать нанокристаллы. В то же время гибридные материалы не являются индивидуальными соединениями. Согласно масс-спектроскопическим исследованиям, в нем содержатся также олигосилсесквиоксаны со значениями массы, не соответствующими полиэдральным структурам, вследствие чего профиль широкоугольной рентгеновской дифрактограммы содержит как кристаллические рефлексы (соответствующие алюминиевой составляющей), так и аморфное гало (соответствующее кремниевой составляющей).

Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ, проект № 11.2034.2014/К и гранта РФФИ, проект. № 14-41-08059.

### Литература

1. Полимерные радиационно-защитные композиты / Павленко В.И. монография // В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский. Белгород. 2009.
2. Термопластичные конструкционные композиционные материалы для радиационной защиты / Павленко В. И., Епифановский И. С., Ястребинский Р. Н., Куприева О. В. // Перспективные материалы. 2010. № 6. С. 22-28.
3. Нанонаполненные полимерные композиционные радиационно-защитные материалы авиационно-космического назначения / Едаменко О. Д., Ястребинский Р. Н., Соколенко И. В., Ястребинская А.В. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 128.
4. Радиационно-защитный композиционный материал на основе полистирольной матрицы / Павленко В. И., Едаменко О. Д., Ястребинский Р. Н., Черкашина Н. И. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2011. - № 3. - С. 113-116..
5. Высокодисперсные органосвинецсилоксановые наполнители полимерных матриц / Павленко В. И., Ястребинская А. В., Павленко З. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2010. № 2. С. 99-103.
6. Павленко В. И. Полимерные диэлектрические композиты с эффектом активной защиты / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Ястребинская А. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 62-66.
7. Thermoplastic constructional composite material for radiation protection Pavlenko V. I., Yastrebinskii R. N., Kuprieva O. V., Epifanovskii I. S. // Inorganic Materials: Applied Research. 2011. T. 2. № 2. С. 136-141.
8. Ястребинская А. В. Разработка и применение композиционного материала на основе эпоксидиановой смолы для строительных конструкций и теплоэнергетики / Ястребинская А. В., Огрель Л. Ю. // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 2. С. 173.
9. Ястребинская А. В. Коррозионностойкие полимеркомпозиты на основе эпоксидных и полиэфирных олигомеров для строительства / Ястребинская А. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н. // Перспективы развития строительного комплекса. - 2012. - Т. 1. - С. 243-247.
10. Структурообразование металлоолигомерных водных дисперсий / Ястребинский Р. Н., Павленко В. И.,



Ястребинская А. В., Матюхин П. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 121-123.

11. Механическая активация полимерных диэлектрических композиционных материалов в непрерывном режиме / Ястребинская А. В., Павленко В. И., Матюхин П. В., Воронов Д. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 74-77.

12. Огрель Л. Ю. Полимеризация эпоксидного связующего в присутствии добавки полиметилсилоксана / Огрель Л. Ю., Ястребинская А. В., Бондаренко Г. Н. // Строительные материалы. 2005. № 9. С. 82-87.

13. Огрель Л. Ю. Структурообразование и свойства легированных эпоксидных композитов / Огрель Л. Ю., Ястребинская А. В. // Строительные материалы. 2004. № 8. С. 48-49.

14. Расчеты процессов прохождения гамма-квантов через полимерный радиационно-защитный композит / Павленко В. И., Липканский В. М., Ястребинский Р. Н. // Инженерно-физический журнал. 2004. Т. 77. №1. С. 12-15.

15. Моделирование прохождения высокоэнергетических электронов в высоконаполненном полимерном композите / Соколенко И. В., Ястребинский Р. Н., Крайний А. А., Матюхин П. В., Тарасов Д. Г. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 145-148.

16. Pavlenko V. I. Simulation of the processes of gamma-radiation transport through shielding containers for radioactive waste / Pavlenko V.I., Yastrebinskii R.N., Lipkanskii V.M. // Russian Physics Journal. 2003. Т. 46. №10. С. 1062-1065.

17. Pavlenko V. I. Modeling of processes of interaction of high-energy radiations with radiation-protective oxide of iron composites / Pavlenko V. I., Yastrebinskij R. N., Degtyarev S. V. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2005. Т. 10. № 1-2. С. 46-51.

18. Матюхин П. В. Композиционный материал, стойкий к воздействию высокоэнергетических излучений / Матюхин П. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 25-27.

19. Композиционный материал для защиты от гамма-излучения / Ястребинский Р. Н., Павленко В. И., Матюхин П. В., Четвериков Н. А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 17-20.

20. Ястребинская А. В. Модифицированный конструкционный стеклопластик на основе эпоксидных олигомеров для строительных изделий: Автореф. дис. канд. техн. наук. / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород. 2004. 19 с.

21. Ястребинский Р. Н. Модифицированные железоксидные системы – эффективные сорбенты радионуклидов / Ястребинский Р. Н., Павленко В. И., Бондаренко Г. Г., Ястребинская А. В., Черкашина Н. И. // Перспективные материалы. - 2013. - № 5. - С. 39-43.

22. Перспективы создания современных высококонструкционных радиационно-защитных металлокомпозитов / Матюхин П. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Бондаренко Ю. М. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2011. - № 2. - С. 27-29.

23. Композиционный материал для радиационной защиты / Матюхин П. В., Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Бондаренко Ю. М. // Патент на изобретение, RU 2470395, 20.12.2010.

24. Матюхин П. В. Исследование механизмов модифицирования поверхности природных железорудных минералов алкилсиликонатами / Матюхин П. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. - 2005. - Т. 48. - № 4. - С. 140.

25. Павленко В. И. Радиационно-защитный бетон для биологической защиты ядерных реакторов / Павленко В. И., Епифановский И. С., Ястребинский Р. Н. // Перспективные материалы. - 2006. - № 3. - С. 22.

26. Павленко В. И. Радиационно-защитный тяжелый бетон на основе железорудного минерального сырья / Павленко В. И., Воронов Д. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2007. - № 4. - С. 40-42.

27. Радиационно-защитный бетон для биологической защиты ядерных реакторов / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Смоликов А. А., Дегтярев С. В., Воронов Д. В. // Перспективные материалы. - 2006. - № 2. - С. 47-50.

28. Павленко В. И. Тяжелый бетон для защиты от ионизирующих излучений / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Воронов Д. В. // Строительные материалы. - 2007. - № 8. - С. 48-49.

29. Павленко В. И. Исследование тяжелого радиационно-защитного бетона после активации быстрыми нейтронами и гамма-излучением / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Воронов Д. В. // Инженерно-физический журнал. - 2008. - Т. 81. - № 4. - С. 661-665.

30. Радиационно-защитный бетон для АЭС с РБМК на основе железо-серпентинитовых композиций с цементным связующим / Павленко В. И., Смоликов А. А., Ястребинский Р. Н., Дегтярев С. В., Панкратьев Ю. В., Орлов Ю. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2004. - № 8. - С. 66.

#### References

1. Polimernye radiacionno-zashhitnye kompozity / Pavlenko V.I. monografija // V. I. Pavlenko, R. N. Jastrebinskij. Belgorod. 2009.

2. Termoplastichnye konstrukcionnye kompozicionnye materialy dlja radiacionnoj zashhity / Pavlenko V. I., Epifanovskij I. S., Jastrebinskij R. N., Kuprieva O. V. // Perspektivnye materialy. 2010. № 6. S. 22-28.

3. Nanopolnennye polimernye kompozicionnye radiacionno-zashhitnye materialy aviacionno-kosmicheskogo naznachenija / Edamenko O. D., Jastrebinskij R. N., Sokolenko I. V., Jastrebinskaja A.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. № 6. S. 128.

4. Radiacionno-zashhitnyj kompozicionnyj material na osnove polistirol'noj matricy / Pavlenko V. I., Edamenko O. D., Jastrebinskij R. N., Cherkashina N. I. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. - 2011. - № 3. - S. 113-116.

5. Vysokodispersnye organosvinecsiloksanovye napolniteli polimernyh matric / Pavlenko V. I., Jastrebinskaja A. V., Pavlenko Z. V., Jastrebinskij R. N. // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki.* 2010. № 2. S. 99-103.
6. Pavlenko V. I. Polimernye dijelektricheskie kompozity s jeffektom aktivnoj zashhity / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Jastrebinskaja A. V. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* 2009. № 3. S. 62-66.
8. Jastrebinskaja A. V. Razrabotka i primenenie kompozicionnogo materiala na osnove jepoksidianovoj smoly dlja stroitel'nyh konstrukcij i teploenergetiki / Jastrebinskaja A. V., Ogrel' L. Ju. // *Sovremennye naukoemkie tehnologii.* 2004. № 2. S. 173.
9. Jastrebinskaja A. V. Korrozionnostojkie polimerkompozity na osnove jepoksidnyh i polijefirnyh oligomerov dlja stroitel'stva / Jastrebinskaja A. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N. // *Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa.* - 2012. - T. 1. - S. 243-247.
10. Strukturoobrazovanie metallooligomernyh vodnyh dispersij / Jastrebinskij R. N., Pavlenko V. I., Jastrebinskaja A. V., Matjuhin P. V. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* 2012. № 2. S. 121-123.
11. Mehanicheskaja aktivacija polimernyh dijelektricheskikh kompozicionnyh materialov v nepreryvnom rezhime / Jastrebinskaja A. V., Pavlenko V. I., Matjuhin P. V., Voronov D. V. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* 2009. № 3. S. 74-77.
12. Ogrel' L. Ju. Polimerizacija jepoksidnogo svjazujushhego v prisutstvii dobavki polimetilsiloksana / Ogrel' L. Ju., Jastrebinskaja A. V., Bondarenko G. N. // *Stroitel'nye materialy.* 2005. № 9. S. 82-87.
13. Ogrel' L. Ju. Strukturoobrazovanie i svojstva legirovannyh jepoksidnyh kompozitov / Ogrel' L. Ju., Jastrebinskaja A. V. // *Stroitel'nye materialy.* 2004. № 8. S. 48-49.
14. Raschety processov prohozhdenija gamma-kvantov cherez polimernyj radiacionno-zashhitnyj kompozit / Pavlenko V. I., Lipkansij V. M., Jastrebinskij R. N. // *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal.* 2004. T. 77. № 1. S. 12-15.
15. Modelirovanie prohozhdenija vysokojenergeticheskikh jelektronov v vysokonapolnennom polimernom kompozite / Sokolenko I. V., Jastrebinskij R. N., Krajnij A. A., Matjuhin P. V., Tarasov D. G. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* 2013. № 6. S. 145-148.
18. Matjuhin P. V. Kompozicionnyj material, stojkij k vozdeystviyu vysokojenergeticheskikh izluchenij / Matjuhin P. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* 2012. № 2. S. 25-27.
19. Kompozicionnyj material dlja zashhity ot gamma-izluchenija / Jastrebinskij R. N., Pavlenko V. I., Matjuhin P. V., Chetverikov N. A. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* 2011. № 3. S. 17-20.
20. Jastrebinskaja A. V. Modificirovannyj konstrukcionnyj stekloplastik na osnove jepoksidnyh oligomerov dlja stroitel'nyh izdelij: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. / Belgorodskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. Belgorod. 2004. 19 s.
21. Jastrebinskij R. N. Modificirovannye zhelezooksidnye sistemy – jeffektivnye sorbenty radionuklidov / Jastrebinskij R. N., Pavlenko V. I., Bondarenko G. G., Jastrebinskaja A. V., Cherkashina N. I. // *Perspektivnye materialy.* - 2013. - № 5. - S. 39-43.
22. Perspektivy sozdaniya sovremennyh vysokokonstrukcionnyh radiacionno-zashhitnyh metallokompozitov / Matjuhin P. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Bondarenko Ju. M. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* - 2011. - № 2. - S. 27-29.
23. Kompozicionnyj material dlja radiacionnoj zashhity / Matjuhin P. V., Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Bondarenko Ju. M. // *Patent na izobretenie, RUS 2470395, 20.12.2010.*
24. Matjuhin P. V. Issledovanie mehanizmov modificirovaniya poverhnosti prirodnyh zhelezorudnyh mineralov alkilsilikonatami / Matjuhin P. V., Jastrebinskij R. N. // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Himija i himicheskaja tehnologija.* - 2005. - T. 48. - № 4. - S. 140.
25. Pavlenko V. I. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja biologicheskoy zashhity jadernyh reaktorov / Pavlenko V. I., Epifanovskij I. S., Jastrebinskij R. N. // *Perspektivnye materialy.* - 2006. - № 3. - S. 22.
26. Pavlenko V. I. Radiacionno-zashhitnyj tjazhelyj beton na osnove zhelezorudnogo mineral'nogo syr'ja / Pavlenko V. I., Voronov D. V., Jastrebinskij R. N. // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo.* - 2007. - № 4. - S. 40-42.
27. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja biologicheskoy zashhity jadernyh reaktorov / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Smolikov A. A., Degtjarev S. V., Voronov D. V. // *Perspektivnye materialy.* - 2006. - № 2. - S. 47-50.
28. Pavlenko V. I. Tjazhelyj beton dlja zashhity ot ionizirujushchih izluchenij / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Voronov D. V. // *Stroitel'nye materialy.* - 2007. - № 8. - S. 48-49.
29. Pavlenko V. I. Issledovanie tjazhelogo radiacionno-zashhitnogo betona posle aktivacii bystryimi nejtronami i gamma-izlucheniem / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Voronov D. V. // *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal.* - 2008. - T. 81. - № 4. - S. 661-665.
30. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja AJeS c RBMK na osnove zhelezo-serpentinitovyh kompozicij s cementnym svjazujushhim / Pavlenko V. I., Smolikov A. A., Jastrebinskij R. N., Degtjarev S. V., Pankrat'ev Ju. V., Orlov Ju. V. // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova.* - 2004. - № 8. - S. 66.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS****Вершинин Г.А.**

Доцент, кандидат физико-математических наук, Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского  
 Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 2139)

**К АНАЛИЗУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ  
 В БИНАРНЫХ СИСТЕМАХ ПОСЛЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА**

**Аннотация**

Локально-неравновесная теория с учетом пространственно-временной нелокальности применена для анализа распределения примесных атомов в приповерхностных слоях бинарных систем после высокоскоростного затвердевания расплава. Модельные результаты сопоставляются с некоторыми литературными экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** бинарные сплавы, высокоскоростное затвердевание, концентрационные профили, локально-неравновесная теория, моделирование.

**Vershinin G.A.**

PhD in Physics and mathematics, associate Professor, Dostoevsky Omsk State University

**DISTRIBUTION ANALYSIS OF IMPURITY ATOMS IN BINARY SYSTEMS AFTER HIGH-SPEED  
 SOLIDIFICATION OF THE MELT**

**Abstract**

Locally nonequilibrium theory taking into account the space-time nonlocality is applied to analyze the distribution of the impurity atoms in the surface layers of binary systems after high-speed solidification of the melt. The model results are compared with some experimental literature data.

**Keywords:** binary alloys, high-speed solidification, the concentration profiles, locally nonequilibrium theory, modeling.

Высокая степень переохлаждения при сверхбыстрой закалке расплавов позволяет получать упрочненные материалы с улучшенными свойствами за счет образования пересыщенных твердых растворов [1, 2]. Наличие неравновесных фаз и особенности структуры быстро затвердевших сплавов определяют эксплуатационные характеристики изделий из них, в том числе повышенную твердость. В этих условиях процесс затвердевания протекает, по-видимому, вдали от локального равновесия (см. работы [3, 4] и ссылки в них), что оказывает существенное влияние на формирование микро- и макроструктуры образующейся твердой фазы и концентрационных профилей легирующих элементов. Одной из таких особенностей микроструктуры является неравномерность распределения и повышенное содержание легирующих элементов в тонком приповерхностном слое быстро затвердевших фольг бинарных сплавов [5]. В данной работе один из вариантов локально-неравновесной теории массопереноса [6] применен для описания формирования концентрационных профилей примесных атомов в бинарной системе после высокоскоростного затвердевания расплава.

**Математическая модель**

Рассмотрим квазистационарное (с постоянной скоростью  $V$ ) движение границы раздела фаз в химически инертном бинарном сплаве. Для описания высокоскоростной кристаллизации расплава воспользуемся обобщенным одномерным уравнением диффузии [6] локально неравновесной теории, которое для концентрации примеси  $C_L$  в жидкой фазе в системе координат, связанной с фронтом затвердевания  $\xi = x - Vt$ , принимает следующий вид [7]

$$V \frac{dC_L}{d\xi} + D_L (1 - \gamma_1^2) \frac{d^2 C_L}{d\xi^2} - D_L^2 \frac{\gamma_2^2}{V} \frac{d^3 C_L}{d\xi^3} = 0. \quad (1)$$

Здесь введены модельные параметры теории  $\gamma_1 = V / V_{D1}$  и  $\gamma_2 = V / V_{D2}$ , а также характерные диффузионные скорости:  $V_{D1} = (D_L / \tau_1)^{1/2}$  (скорость распространения диффузионных возмущений в системе, связанная с временной нелокальностью) и  $V_{D2} = (D_L / \tau_2)^{1/2}$  (скорость выравнивания градиента концентрации, связанная с пространственной нелокальностью);  $\tau_1$  и  $\tau_2$  - времена релаксации потока и градиента концентрации к равновесным значениям, соответственно. Температурной зависимостью коэффициента диффузии  $D_L$  в жидкой фазе в данной работе пренебрегается. Уравнение (2) дополняется граничным условием

$$\left[ VC_L(1-k) + D_L(1-\gamma_1^2) \frac{\partial C_L}{\partial \xi} - \frac{D_L^2}{V} \gamma_2^2 \frac{\partial^2 C_L}{\partial \xi^2} \right]_{\xi=0} = 0. \quad (2)$$

Коэффициент сегрегации  $k$  определяется отношением концентраций примеси в твердой и жидкой фазах вблизи фронта затвердевания. Учитывая, что на больших расстояниях от фронта кристаллизации концентрация остается постоянной, зададим еще одно граничное условие  $C(\infty) = C_0$  и будем искать решения, конечные на любых расстояниях от фронта затвердевания. Тогда из уравнения (1) совместно с указанными граничными условиями получаем для концентрационного профиля примеси в жидкой фазе выражение

$$C_L = C_0 \left( 1 + \frac{(1-k) \exp(-\beta V \xi / D_L)}{(k-1 + \beta(1-\gamma_1^2) + \gamma_2^2 \beta^2)} \right), \quad (3)$$

где

$$\beta = \left[ \sqrt{(1-\gamma_1^2)^2 + 4\gamma_2^2} - (1-\gamma_1^2) \right] / (2\gamma_2^2). \quad (4)$$

При  $\gamma_2 \rightarrow 0$ , т.е. при пренебрежении пространственной нелокальностью, решение (3) сводится к решению волнового уравнения, в котором учитывается только временная нелокальность [4]. При дополнительном условии  $\gamma_1 \rightarrow 0$  выражение (3) приводит к классическому решению локально равновесного уравнения массопереноса.

Определяя толщину диффузионного слоя  $d$  по аналогии с классическим методом, как расстояние от фронта затвердевания, на котором относительная концентрация примеси  $(C_L - C_0)/C_0$  уменьшается в  $e$  раз, из (3) получаем для нее значение

$$d^* = D_L / (\beta V). \quad (5)$$

Решение (3) также позволяет ввести эффективный коэффициент диффузии  $D_L^*$  соотношением

$$D_L^* = D_L / \beta, \quad (6)$$

который характеризует отклонение от локального равновесия изменения градиента концентрации примеси в жидкой фазе.

Одним из важных параметров, характеризующих процесс затвердевания бинарных расплавов, является коэффициент сегрегации примеси, зависящий от скорости движения фронта кристаллизации. В нашем случае при определенных предположениях он может быть представлен [8] в виде

$$k(V) = (k_e - \beta V / V_{D1}) / (1 - \beta V / V_{D1}), \quad (7)$$

где  $k_e$  - равновесный коэффициент.

### Результаты моделирования

Предсказываемые моделью концентрационные профили примесных элементов в расплаве бинарного сплава, рассчитанные по формуле (3), приведены на рисунке 1. На левой половине (а) представленные кривые (первая цифра означает номер кривой) соответствуют следующим значениям параметра  $\gamma_1$ : 1 – 1, 2 – 0.8, 3 – 0.5, 4 – 0; на правой (b) – для значений  $\gamma_2$ : 1 – 0.5, 2 – 1, 3 – 1.4. Учет только временной нелокальности массопереноса приводит к уменьшению диффузионного слоя  $d^*$  с увеличением  $\gamma_1$  (кривые 2, 3 на рис.1а), который сокращается до нуля при  $\gamma_1 \geq 1$ , т.е. диффузия впереди фронта затвердевания при  $V \geq V_{D1}$  отсутствует. При дополнительном учете пространственной нелокальности ( $\gamma_2 \neq 0$ ) диффузионный механизм переноса примеси из твердой фазы в жидкую имеет место при любой скорости движения фронта (рис.1b), что существенно сказывается на формировании микроструктуры при высокоскоростной кристаллизации сплавов. С увеличением параметра  $\gamma_2$  (или  $\tau_2$ ) значение концентрации примеси перед фронтом затвердевания также растет. Представленные результаты подтверждаются наличием резких максимумов у поверхности на ряде экспериментально полученных концентрационных профилях примесных атомов при воздействии на материалы мощными ионными и электронными пучками [9, 10].

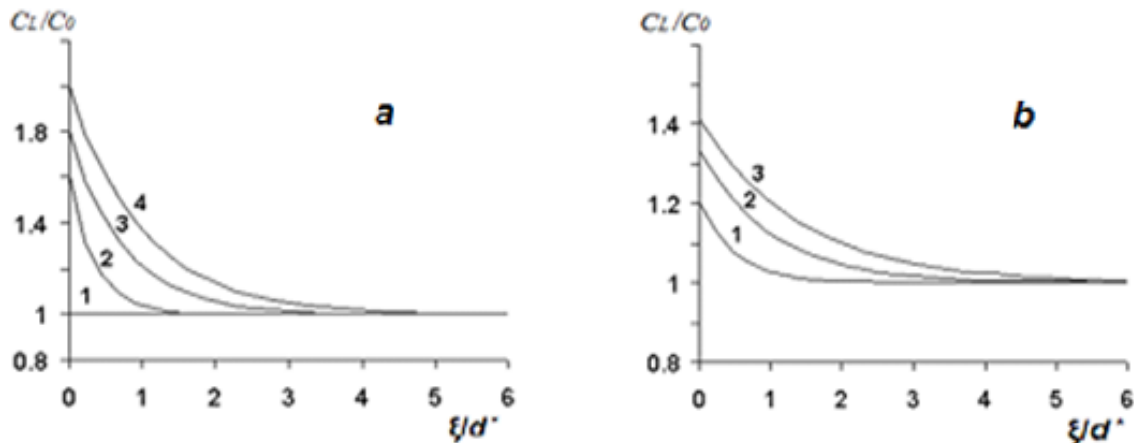


Рис. 1 – Модельные концентрационные профили примесных элементов в бинарных сплавах после затвердевания при  $k_e = 0.5$  для разных значений параметров нелокальности: (а) –  $\gamma_1 \geq 0$ ,  $\gamma_2 = 0$ ; (b) –  $\gamma_1 = 1$ ,  $\gamma_2$

На рис. 2. приведены экспериментальные концентрационные профили легирующих элементов Cu и Ge в сплавах алюминия [5], полученные после сверхбыстрого ( $10^6$  К/с) затвердевания расплавов. Сравнение их с теоретическими кривыми представленной здесь локально неравновесной теории подтверждает, что модель качественно правильно описывает распределение примесных атомов в бинарных системах при высокоскоростном затвердевании, а наблюдаемое повышенное содержание легирующих элементов именно в тонком приповерхностном слое быстро затвердевших фольг [5] указывает на относительно малую роль пространственной нелокальности в формировании концентрационных профилей. Что касается неравномерного распределения легирующих элементов по глубине некоторых затвердевших сплавов, то оно обусловлено, по-видимому, волновым механизмом массопереноса и требует дополнительного изучения.

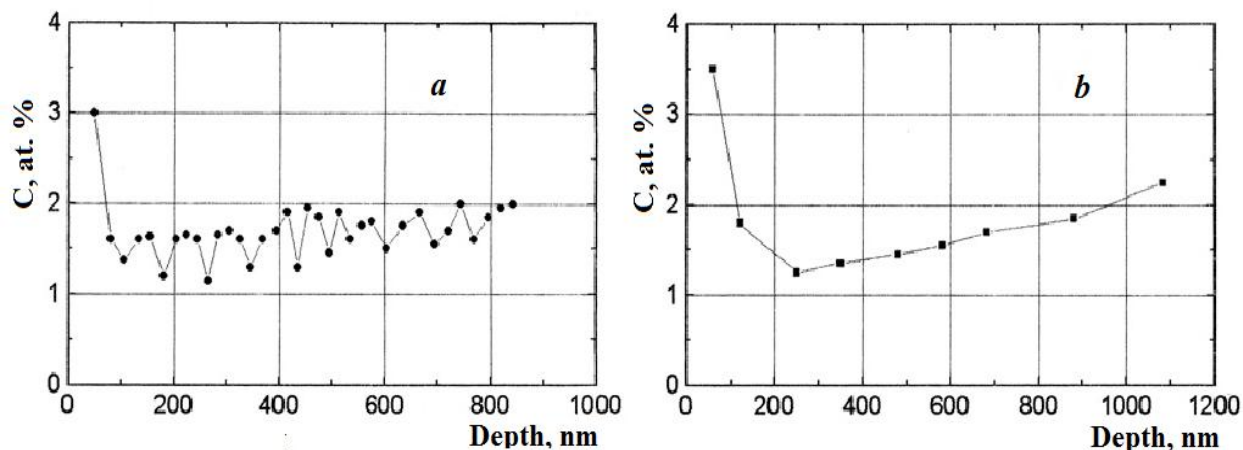


Рис. 2 – Экспериментальные [5] концентрационные профили легирующих элементов меди и германия в сплаве системы Al-Cu (a) и Al-Ge (b), соответственно, сформировавшиеся при сверхбыстром затвердевании соответствующих расплавов

### Литература

1. Шепелевич В. Г., Гутько Е.С., Ташлыкова-Бушкевич И.И. Структура и свойства быстрозатвердевших фольг сплавов алюминия, содержащих 6,0-15 ат. % Zn // Физика и химия обработки материалов. – 2009. – № 4. – С. 69-75.
2. Углов В. В., Квасов Н. Т., Петухов Ю. А., Асташинский В. М., Кузьмицкий А. М. Фазообразование и структурные изменения в системе хром–кремний, обработанной компрессионными плазменными потоками // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2010. – № 4. – С. 79–83.
3. Sobolev S.L. Local non-equilibrium diffusion model for solute trapping during rapid solidification // Acta Materialia. – 2012. – V. 60. – Issues 6–7. – P. 2711–2718.
4. Sobolev S. L. Nonlocal diffusion models: Application to rapid solidification of binary Mixtures // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2014. –V. 71 – P. 295–302.
5. Tashlykova-Bushkevich I. I., Shepelevich V. G. Dope depth distribution in rapidly solidified Al–Ge and Al–Me (Me=Fe, Cu, Sb) alloys // J. of Alloys and Compounds. – 2000. – V. 299. – P. 205–207
6. Afonkina E.A., Vershinin G.A., Gering G.I. The influence of space-time nonlocality on the formation of concentration profiles in metals under the high-power ion beams irradiation // Rus. Fiz. Khimiya Obrabotki Materialov. – 2004. – № 2. – P. 5 – 11.
7. Афонькина Е.А., Вершинин Г.А., Геринг Г. И., Шумилин В.А. Локально неравновесный массоперенос в бинарных системах при воздействии концентрированными потоками энергии // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2006. – № 4. – С. 35-40.
8. Sidorova E. A., Vershinin G. A., Gering G. I., and Shumilin V. A. Features of Local Nonequilibrium Recrystallization of Binary Alloys under the Effect of Intense Pulsed Beams of Charged Particles // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2008. –V. 2. – No. 2. – PP. 305–309.
9. Rubshtein A. P., Trakhtenberg I.Sh., and Remnev . Strengthening of Steel 3 by Exposing its Surface Covered with Boron Nitride Emulsion to High-Power Ion Beam // Proceedings of 9<sup>th</sup> Intern. Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (Tomsk, Russia, on September 21-26, 2008). Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS. 2008. 734 pp.
10. Lotkov A. I., Meisner L. L., Arysheva G.V., Artyomov N. D. Laws of Change of Topographical Parameters and Adhesive Properties of an TiNi Alloy with Mo Coatings, Modified by an Electronic Beam // 10<sup>th</sup> International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (Tomsk, Russia, on September 19-24, 2008). Proceedings. Tomsk: Publishing House of the IOA SB RAS. 2010. 783 pp.

### References

1. Shepelevich V. G., Gut'ko E.S., Tashlykova-Bushkevich I.I. Struktura i svojstva bystrozatverdevshih fol'g spлавov aljuminija, soderzhashhih 6,0-15 ат. % Zn // Fizika i himiya obrabotki materialov. – 2009. – № 4. – С. 69-75.
2. Uglov V. V., Kvasov N. T., Petuhov Ju. A., Astashinskij V. M., Kuz'mickij A. M. Fazoobrazovanie i strukturnye izmenenija v sisteme hrom–kremnij, obrabotannoj kompressionnymi plazmennymi potokami // Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovaniya. – 2010. – № 4. – С. 79–83.

3. Sobolev S.L. Local non-equilibrium diffusion model for solute trapping during rapid solidification // *Acta Materialia*. – 2012. – V. 60. – Issues 6–7. – P. 2711–2718.
4. Sobolev S. L. Nonlocal diffusion models: Application to rapid solidification of binary Mixtures // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2014. – V. 71 – P. 295–302.
5. Tashlykova-Bushkevich I. I., Shepelevich V. G. Dope depth distribution in rapidly solidified Al–Ge and Al–Me (Me=Fe, Cu, Sb) alloys // *J. of Alloys and Compounds*. – 2000. – V. 299. – P. 205–207
6. Afonkina E.A., Vershinin G.A., Gering G.I. The influence of space-time nonlocality on the formation of concentration profiles in metals under the high-power ion beams irradiation // *Fizika i himiya obrabotki materialov*. – 2004. – № 2. – P. 5 – 11.
7. Afon'kina E.A., Vershinin G.A., Gering G. I., Shumilin V.A. Lokal'no neravnovesnyj massoperenos v binarnyh sistemah pri vozdeystvii koncentrirovannyimi potokami jenerгии // *Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovanija*. – 2006. – № 4. – S. 35-40.
8. Sidorova E. A., Vershinin G. A., Gering G. I., and Shumilin V. A. Features of Local Nonequilibrium Recrystallization of Binary Alloys under the Effect of Intense Pulsed Beams of Charged Particles // *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. – 2008. – V. 2. – No. 2. – PP. 305–309.
9. Rubshtein A. P., Trakhtenberg I.Sh., and Remnev . Strengthening of Steel 3 by Exposing its Surface Covered with Boron Nitride Emulsion to High-Power Ion Beam // *Proceedings of 9<sup>th</sup> Intern. Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (Tomsk, Russia, on September 21-26, 2008)*. Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS. 2008. 734 pp.
10. Lotkov A. I., Meisner L. L., Arysheva G.V., Artyomov N. D. Laws of Change of Topographical Parameters and Adhesive Properties of an TiNi Alloy with Mo Coatings, Modified by an Electronic Beam // *10<sup>th</sup> International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (Tomsk, Russia, on September 19-24, 2008)*. Proceedings. Tomsk: Publishing House of the IOA SB RAS. 2010. 783 pp.

**Дружин Г.И.**

Кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения РАН  
*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №13-02-01159*

### СУТОЧНЫЕ ПЕРИОДЫ В ОНЧ ИЗЛУЧЕНИИ И СВЯЗЬ ИХ С РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

**Аннотация**

*На Камчатке проведена регистрация шумовых электромагнитных излучений на частотах 0.7, 1.2 и 5.3 кГц за 1997 – 2006 гг., которая показала, что в спектрах ОНЧ шумов имеются максимумы, совпадающие с суточными периодами вращения Земли относительно Солнца (1440 мин) и относительно звезд (1436 мин). Выполнены пеленгационные наблюдения за 2002-2006 гг. в полосе частот 3 – 60 кГц, которые также показали, что эти максимумы имеются в спектрах сигналов от гроз. Показано, что в принимаемых сигналах ОНЧ излучений проявляется влияние на область D ионосферы галактических рентгеновских источников.*

**Ключевые слова:** ОНЧ излучение, рентгеновские источники, периоды Земли.

**Druzhin G.I.**

PhD in Physics and Mathematics,  
Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEB RAS  
**DAILY PERIODS IN VLF RADIATION AND THEIR CONNECTION WITH X-RAY**

**Abstract**

*Registration of noise electromagnetic radiation at frequencies at 0.7, 1.2, and 5.3 kHz for 1997 - 2006 has been carried out in Kamchatka. It showed that in the spectra of the VLF noise peaks are coincident with daily periods of Earth's rotation relative to the Sun (1440 m) and relative to the stars (1436 m). Direction-finding observations for 2002-2006 in the frequency band 3 – 60 kHz were performed, which showed that these peaks are present in the spectra of the signals from thunderstorms. It is shown that the impact of the received signals of VLF emissions apparent effect on the region of the ionosphere D galactic X-ray sources.*

**Keywords:** VLF radiation, X-rays, the Earth's period.

### Введение

Излучения, приходящие к Земле от Солнца, имеют периодичность 24 ч. Этот период обнаруживается в различных измеряемых на Земле параметрах, в том числе и в вариациях естественных электромагнитных полей [1]. Известно, что рентгеновское излучение Солнца [2, 3, 4] является основным фактором, приводящим к ионизации области D ионосферы, и влияет на условия распространение радиоволн в диапазоне очень низких частот (ОНЧ). В спектрах принимаемых на Земле ОНЧ излучений можно выделить суточное вращение Солнца (~ 27 дней), вращение Луны (29,5 дней), а также недельный цикл, связанный с деятельностью человека [5]. Однако мало сведений о характеристиках ОНЧ излучений, выполненных на больших временных интервалах (больше года), где бы рассматривались суточные периоды.

Целью работы является изучение на больших временных интервалах шумовых и импульсных характеристик ОНЧ сигналов в диапазоне периодов, близких к суточному вращению Земли, и определение их возможной связи с рентгеновскими источниками излучения.

Для достижения поставленной цели мы выполнили спектральный анализ огибающей естественных ОНЧ излучений по данным регистрации на Камчатке шумовых и импульсных сигналов в диапазоне периодов, близких к суточному вращению Земли.

### Спектральные характеристики

Запись шумовых сигналов проводилась с помощью многоканального ОНЧ регистратора, находящегося на Камчатке, в экспедиционном пункте «Карымшина» ( $\varphi=52^{\circ}49' N$ ,  $\lambda=158^{\circ}07' E$ ), на фиксированных частотах в узких частотных полосах (5% - 10% от центральной частоты). ОНЧ регистратор имел стовитковую вертикально расположенную рамочную антенну размером 7,5x15 м, ориентированную в направлении восток – запад, предварительный усилитель, кабельную линию, связывающую антенну и предварительный усилитель с устройством фильтрации сигнала, выходное устройство.

Спектральный анализ был выполнен за временной промежуток  $T=10$  лет и построены периодограммы, близкие к суточному периоду на трех регистрируемых частотах (рис. 1).

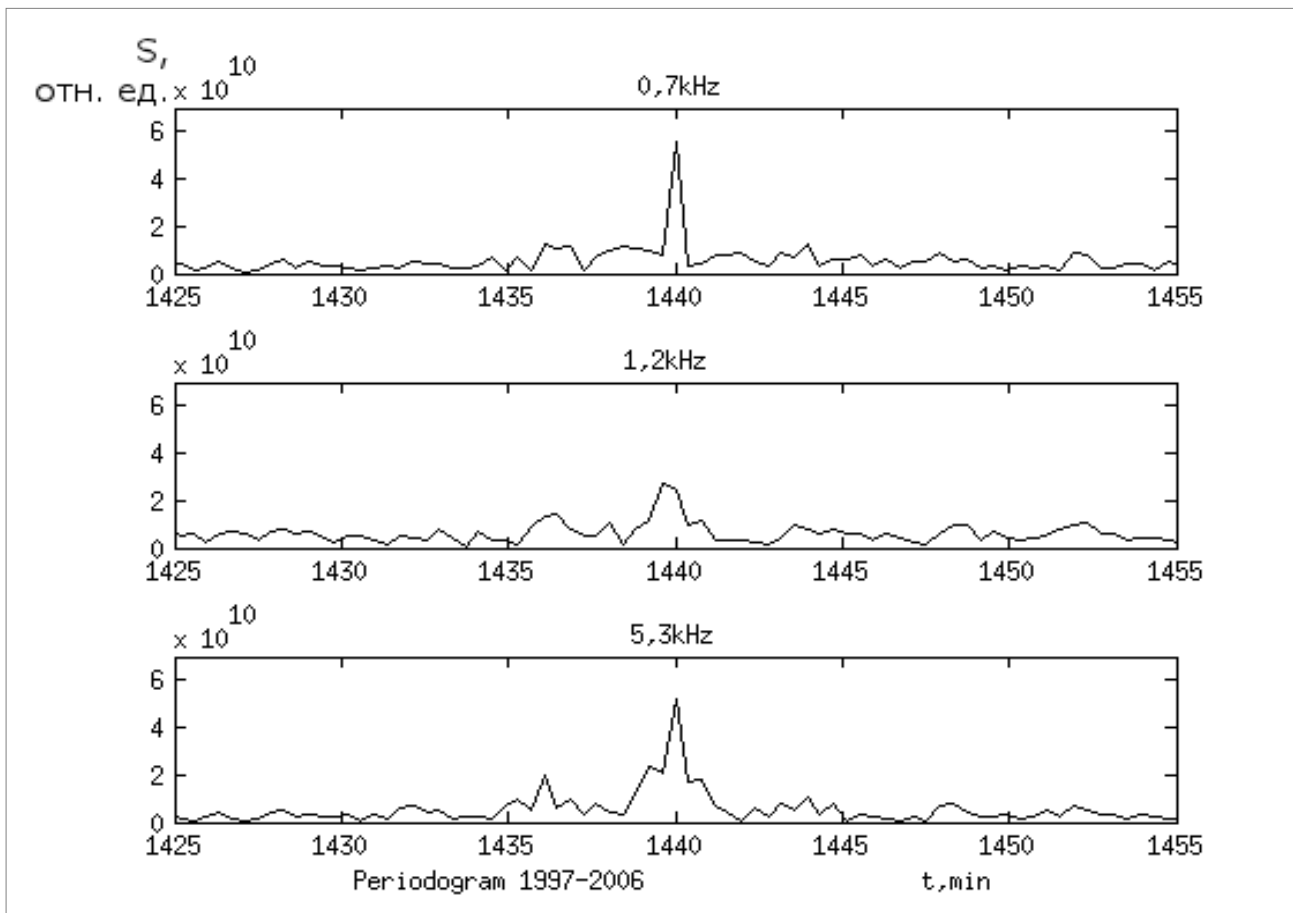


Рис. 1 – Периодограммы шумовой составляющей ОНЧ излучений за 1997 - 2006 гг.

Из рисунка видно, что имеются максимумы 1436 мин (23ч 56 мин) и 1440 мин (24 ч), которые совпадают с суточным вращением Земли относительно звезд – 1436 мин и относительно Солнца. При этом разрешающая способность по периоду составляет 0.4 мин.

Грозовые разряды принимались ОНЧ пеленгатором, работающим в диапазоне частот от 3 кГц до 60 кГц и имеющим антенную систему, состоящую из штыревой антенны и двух перпендикулярно расположенных по сторонам света стовитковых вертикальных рамочных антенн. ОНЧ пеленгатор расположен на Камчатке, в с. Паратунка ( $\varphi=52^{\circ}58' N$ ,  $\lambda=158^{\circ}15' E$ ).

Подсчитывалось почасовое количество импульсных сигналов (атмосфериков) при превышении порогового уровня 1 В/м за 2002 – 2006 гг., с азимутальных направлений:  $0^{\circ} - 90^{\circ}$ ;  $90^{\circ} - 180^{\circ}$ ;  $180^{\circ} - 270^{\circ}$ ;  $270^{\circ} - 360^{\circ}$  и был выполнен спектральный анализ (рис.2).

Из рис. 2, как и из рис.1, видно, что имеются максимумы амплитуд на периодах 1436 и 1440 мин, наибольшие значения которых наблюдались с юго-западного направления  $180^{\circ} - 270^{\circ}$ , наименьшие – с северо-восточного  $0^{\circ} - 90^{\circ}$  и северо-западного  $270^{\circ} - 360^{\circ}$  направлений. Разрешающая способность при этом составляла 0.8 мин.

Из рис. 1 и рис. 2 также видно, что уверенно выделяется составляющая с периодом 1436 мин, которая совпадает с периодом вращения Земли относительно звезд.



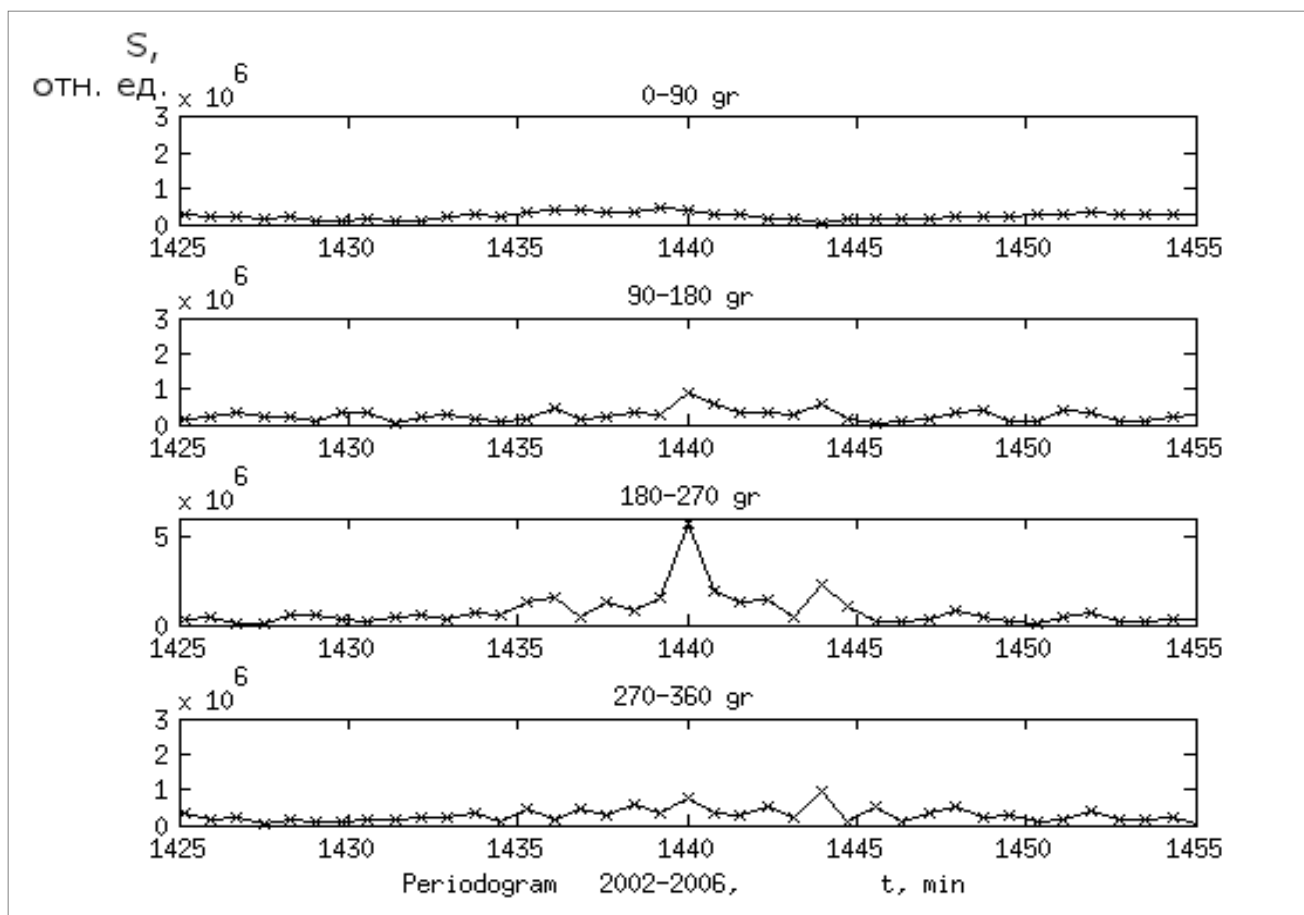


Рис. 2 – Периодограммы за 2002-2006 гг., полученные с помощью ОНЧ пеленгатора

### Источники рентгеновского излучения

Рассмотрим, смогут ли рентгеновские источники галактического происхождения повлиять на процесс ионизации ионосферы, чтобы его можно было зарегистрировать. Влияние рентгеновского излучения Солнца на область D ионосферы и на условия прохождения ОНЧ излучений приведено в ряде работ, например в [3, 6], а влиянием галактических рентгеновских источников занимались мало.

По оценкам С.Л. Мандельштама [7], у границы земной атмосферы поток рентгеновского излучения от Солнца составляет  $10^{-4}$  эрг/(см<sup>2</sup>с), в диапазоне 1 – 10 ангстрем. В то же время от самого сильного галактического источника, в созвездии Скорпиона, иSco X-1, поток –  $5 \cdot 10^{-7}$  эрг/(см<sup>2</sup>с). Всего насчитывается порядка сотни дискретных рентгеновских источников. Слабое излучение наблюдается и из рентгеновского хребта Галактики, из протяженной области с шириной полосы 1 – 2 град. вдоль галактической плоскости [2].

Кроме этого, у границы земной атмосферы на рентгеновский диапазон приходится всего  $\sim 10^{-10}$  от полного потока ( $1,5 \cdot 10^6$  эрг/(см<sup>2</sup>с)) электромагнитного излучения Солнца, а от галактики –  $10^{-3} - 10^{-4}$  светимости относительно оптического диапазона [7].

Из оценок следует, что рентгеновское излучение галактики, несмотря на то, что оно слабее солнечного, может влиять на уровень ионизации области D ионосферы и привести к появлению максимума в амплитуде на периоде 1436 мин (рис. 1 и рис. 2).

### Источники электромагнитного излучения

Рассмотрим другую причину, которая может привести к появлению максимума на периоде 1436 мин. Из рис. 1 и рис. 2 видно, что имеется дополнительный максимум на периоде 1444 мин, отстоящий от основного также на 4 мин.

Рассмотрим этот случай более детально. Известно, что при нелинейном взаимодействии двух частот могут возникнуть комбинационные частоты. Так, если одна частота суточная и равна  $1/1440$  1/мин ( $f_1 = 1157,4 \cdot 10^{-8}$  Гц), а другая – годовая  $1/(1440 \cdot 365)$  1/мин ( $f_2 = 3,17 \cdot 10^{-8}$  Гц), могут возникнуть частоты  $f_3 = (f_1 - f_2) = 1154,23 \cdot 10^{-8}$  Гц и  $f_4 = (f_1 + f_2) = 1160,57 \cdot 10^{-8}$  Гц, что соответствует периодам 1436 и 1444 мин. Амплитуды на этих периодах должны быть одинаковы. В нашем же случае при приеме шумового ОНЧ- сигнала эти амплитуды разные и амплитуда на периоде 1436 мин выше амплитуды на периоде 1444 мин (рис. 1).

Известно, что основными источниками естественного электромагнитного излучения являются грозные разряды. На Северо-Востоке России ОНЧ регистратор принимает шумовые ОНЧ излучения в основном от мировых очагов гроз [8], хотя некоторый вклад дают и местные грозы. Поэтому на амплитуду шумового поля значительно влияют условия распространения сигналов, которые зависят от уровня ионизации области D ионосферы. ОНЧ пеленгатор принимает излучения от гроз с более близких расстояний [9] (местные грозы). Здесь на амплитуду поля большее влияние оказывает не условия распространения, а интенсивность грозных источников. И если на рис. 1 амплитуды на периодах 1436 и 1444 разные, то в отличие от этого, на рис. 2 с азимутальных направлений  $90^\circ - 180^\circ$ ;  $180^\circ - 270^\circ$ ;  $270^\circ - 360^\circ$  амплитуды сравнимы. Это может свидетельствовать о том, что в этом случае значительный вклад в амплитуду этих составляющих вносит годовой период. С азимутального же направления  $0^\circ - 90^\circ$  амплитуда

небольшая, поскольку гроз в северо-восточном направлении мало. С этого направления, возможно, излучения приходят с более далеких расстояний и влияние условий распространения на амплитуду сказывается больше. Здесь амплитуды на периодах 1436 и 1444 разные и амплитуда на периоде 1436 мин больше.

Все это свидетельствует о том, что галактическое рентгеновское излучение воздействует на параметры области D ионосферы, и это воздействие проявляется в параметрах принимаемых ОНЧ сигналов.

#### Заключение

Таким образом, регистрация шумовых электромагнитных излучений на частотах 0.7, 1.2 и 5.3 кГц за 1997 – 2006 гг. показала, что в спектрах ОНЧ шумов имеются максимумы, которые совпадают с суточными периодами вращения Земли относительно Солнца (1440 мин) и относительно звезд (1436 мин). Пеленгационные наблюдения, выполненные за 2002-2006 гг. в полосе частот 3 – 60 кГц, также показали, что эти максимумы имеются и в спектрах импульсных сигналов от гроз. Показано, что в принимаемых сигналах ОНЧ излучений проявляется влияние на область D ионосферы галактических рентгеновских источников.

#### Литература

1. Дружин Г.И., Мельников А.Н., Чернева Н.В. Проявление суточных периодов Земли в ОНЧ-излучениях // Доклады Академии Наук, 2014, Т. 457, № 1, С. 92-94.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
3. Мурзаева Н.Н. // Связь ОНЧ излучения верхней атмосферы с другими геофизическими явлениями. Якутск: изд. ЯФ СО АН СССР. 1977. С. 21-24.
4. Муллаяров В.А., Каримов Р.Р., Козлов В.И., Мурзаева Н.Н. Связь грозовой деятельности с солнечной активностью по наблюдениям фоновое ОНЧ-излучения // Метеорология и гидрология. 1998. № 8. С.48-56
5. Козлов В.И., Муллаяров В.А. Грозовая активность в Якутии. Якутск: изд. ЯФ СО РАН. 2004. 104 с.
6. Митра А. Воздействие солнечных вспышек на ионосферу Земли. М.: Мир. 370 с. 1977.
7. <http://w-rabbit.narod.ru/raznoe/rentgen.htm>
8. Дружин Г.И., Шапаев В.И. Роль мировой грозовой активности в формировании амплитуды регулярного шумового фона // Геомагнетизм и аэрномия. 1988. Т. 28. № 1. С.81-86.
9. Дружин Г.И., Чернева Н.В., Мельников А.Н. Грозовая активность по наблюдениям ОНЧ-излучения на Камчатке // Геомагнетизм и аэрномия. 2010. Т. 49. № 8. С. 1305-1307.

#### References

1. Druzhin G.I., Mel'nikov A. N., Cherneva N.V. Manifestation of daily periods of Earth VLF radiation // Doklady Earth Sciences, 2014, T. 457, N 1, P. 92-94.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
3. Murzaeva N.N. // Connection VLF radiation of the upper atmosphere with other geophysical phenomena. Yakutsk: YB SB AS USSR. 1977. P. 21-24.
4. Mullayarov B.A., Karimov P.P., Kozlov B.I., Murzaeva N.N. The relationship of lightning activity with solar activity from observations of the background VLF radiation // Meteorology and Hydrology. 1998. N 8. P. 48-56.
5. Kozlov B.I., Mullayarov B.A. Thunderstorm activity in Yakutia. Yakutsk: YB SB RAS. 2004. 104 p.
6. Mitra A. Effects of solar flares on Earth's ionosphere. M.: World. 370 p. 1977.
7. <http://w-rabbit.narod.ru/raznoe/rentgen.htm>
8. Druzhin, G. I., and V. I. Shapayev, The role of global thunderstorm activity in the formation of the amplitude of the regular noise background // Geomagnetism and Aeronomy. 1988. T. 28. P. 81-86.
9. Druzhin G.I., Cherneva N.V., Melnikov A.N. Thunderstorm activity according to VLF observations at Kamchatka // Geomagnetism and Aeronomy. 2010. T. 49. № 8. P. 1305-1307.

**В контакте**

Получить актуальную информацию, задать вопросы и узнать свежие новости о Международном научно-исследовательском журнале Вы сможете на официальной странице ВКонтакте

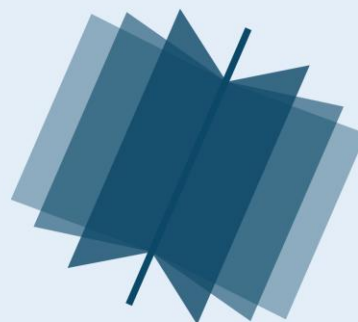
<http://vk.com/public43173774>

#### Опубликовать статью ВАК / Научный журнал

О компании:

Почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)

МНИЖ предоставляет возможность опубликовать свои научные достижения аспирантам, преподавателям вузов, студентам, лицам, имеющим ученую степень, общественным деятелям, деятелям культуры и образования, политикам, экономистам России, стран СНГ и дальнего зарубежья.



Малеев В.А.

г. Курган, Россия

ЧАСТЬ: №4.А МТВП, ТП(ПВД)

## ВЫВОД ЧЕТЫРЁХ СИЛ ЧЕРЕЗ ИХ ПОТЕНЦИАЛЫ. МАНИПУЛЯЦИИ СО СФЕРОИД

Аннотация

Представляем читателю Ключевые Теорий Мироздания [10] том-2, куда войдут и части данной работы: №4А, №4Б, №4В т. МТВП;ТП(ПВД). Где в №4.А мы осуществим вывод четырёх сил через их потенциалы, а в частях №4Б и №4В так же подробно рассмотрим потенциал, как фигуру вращения (сфероид).

**Ключевые слова:** Потенциал, спин, заряд, сфероид, би- эфирные пространства, волновые пространственные среды.

Maleev V.A.

Kurgan, Russia

PART: №4.A: MNMF;TP(STM)

## CONCLUSION OF FOUR FORCES THROUGH THEIR POTENTIALS. MANIPULATIONS WITH A SPHERE

Abstract

We represent to the reader of Key Theories of the Universe that-2, where parts will enter: №4.A,B,C t. MNMF;TP(STM) in the first chapters of which we will carry out the conclusion of four forces through their potentials, and similarly in detail will consider potential, as figure of rotation (spheroid).

**Keywords:** Potential, spin, charge, spheroid, by- ethers spaces waves spatial environments.

## Глава - №1. Вывод четырёх сил через их потенциалы.

В данной работе в духе традиций т. ТП(ПВД), см. [2], [6], [7], [8] мы продолжим рассматривать «Ф»-формальные и «П»-преонные объекты  $\Phi(2m;1s)$ , размерность которых эквивалентна размерностям:

$$\left| \Phi_{2m}^{1s} \right| = \left| \varphi_{2m}^{1s} \right| = \left| (\vec{v}^2)_{2m}^{1s} \right| = \left| C_{E/m}^{v2} \right|_{2m}^{1s} \rightarrow \left\{ \left( \frac{E_m^{i=0;n}}{m_T} \right)_{1m}^{0s} \right|_{2m}^{1s} = \left| \frac{(\Phi)_{3m}^{1s}}{(E)_{1m}^{0s}} \right|_{2m}^{1s} = \left| \frac{(\Phi)_{5m}^{2s}}{(\Phi)_{3m}^{1s}} \right|_{2m}^{1s} = \left| \frac{(\Phi)_{7m}^{3s}}{(\Phi)_{5m}^{2s}} \right|_{2m}^{1s} \right\} 0.0$$

- потенциала, энергоёмкости, квадрата скорости, и размерности самого фотона. Но в процессе наших изысканий мы постараемся обобщить подход, переформулируя скажем термин той же энергоёмкости – в термин полноразмерного движения... Кроме того, тема потенциалов, как формальных квантов:  $\left| \varphi_{2m}^{1s} \right| = \left| (\vec{v}^2)_{2m}^{1s} \right|$  корнями

своими обращается к теме «эфира». И чтобы читатель имел более полное и эрудированное представление обо всех возможных нюансах, видах и формах материи, подпадающей под «определение» или градацию: «вакуума» и «эфира», нам видимо стоит в качестве вступления вновь озвучить некоторые моменты т. МТВП (необходимые нам для дальнейшего повествования). Так согласно ф. 2.24) /см. ниже/ в системе «МУС», т.е. в Массовой Унификационной Симметрии, в которой:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) \bar{m}_{(-1m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(-1m)}^{("P")} \times \bar{m}_{(-1m)}^{("F")}}, \text{при} :: [\bar{m}_{(-1m)}^{("P")} = \bar{m}_{(-1m)}^{("F")}] \\ 2) \bar{m}_{(-1m)}^{("PF")} = \bar{m}_{(m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(m)}^{("P")} \times \bar{m}_{(m)}^{("F")}}, \text{при} :: [\bar{m}_{(m)}^{("P")} \neq \bar{m}_{(m)}^{("F")}] \end{array} \right\} 0.0^*$$

- все частицы а) материи и б) поля:  $[a) : \bar{m}_{(m)}^{("P")} \neq \bar{m}_{(m)}^{("F")}]$ , среднегеометрически эквивалентные своим в)

$\bar{m}_{(m)}^{("PF")}$  - вакуумным прото-частицам, и через равенства масс этих м-мерных вакуумных ВЯ - ячеек образуют некую симметрию по массовому признаку – МУС (массовая унификационная симметрия), т.к. массы их равны Планковским:  $\bar{m}_{(-1m)}^{("PF")} = \bar{m}_{(m)}^{("PF")}$ . Вакуум, согласно ф. 2.24), как выделенная группа «ПФ» - частиц существует в 12-ти мерностных ипостасях: (хотя не повторяющихся мерностей всего  $9=12-3$ , где 3-это три вычета повторяющихся в триплетах мерностей: 1м, 3м, 5м). Пока здесь речь идёт о «преонной стадии», термин «преоны» – это перво- частицы. При этом, т.к. массы всех их (т.е. частиц вакуумной группы)  $\bar{m}_{(m)}^{("PF")} = \bar{m}_{\text{Планка}}^{("PF")}$ , равны Планковским, то можно выделить 4-четыре триплетных группы в каждой из которых чётный вакуумный квант равен среднегеометрическому своей нечётной пары (это справедливо с позиций среднеарифметического их мерностных индексов, напр.  $2=(1+3)/2$ , и т.д.). А поэтому правильнее было бы показать, что м-вакуум, как источник для своих м-преонных и м-формальных квантов, на которые он распадается, в действительности «группируется» 3-«триплетно», скажем:

$$1) \bar{m}_{(0m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(-1m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(1m)}^{("PF")}}; \text{или} :: 2) \bar{m}_{(2m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(1m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(3m)}^{("PF")}} \dots, \text{ так в 1-м гравитационном триплете}$$

«ПФ»:: хроно-инерционду  $\bar{m}_{(0m)}^{("PF")}$  /КАК действительному источнику всех ИНЕРЦИОННЫХ МАСС во Вселенной, при его возбуждении.../ соответствует произведение  $\sqrt{\bar{m}_{(-1m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(1m)}^{("PF")}}$  не чётных (-1м;1м) вакуумных квантов, являющихся источниками, соответственно (ВНИМАНИЕ):  $\bar{m}_{(-1m)}^{("PF")}$  - зарядовой гравитации и  $\bar{m}_{(1m)}^{("PF")}$  - волнового поля вакуума 1-го м-триплета (КОТОРОЕ неразрывно связано с ПОТЕНЦИАЛАМИ; о чём см. далее...). И поскольку каждая из этих вакуумных частиц:  $(\bar{m}_{(0m)}^{("PF")})^2$  и  $\bar{m}_{(-1m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(1m)}^{("PF")}$  порождает свои «П»+«Ф» преон-

формальные пары объектов («П»инерция+«Ф»поле), то видимо стоит полагать существование дублирующих эквивалентов скажем у любого преонного кванта. Так:  $\left(\bar{m}_{(0,m)}^{("PF")}\right)^2 \sim 2$  шт и  $\left(\bar{m}_{(-1,m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(1,m)}^{("PF")}\right) \sim 2$  шт, т.е. (2+2=4). Но, как форма реальности /одномоментно/ может существовать либо состояние материи, порождаемое чётным хроно полем:  $\left(\bar{m}_{(0,m)}^{("PF")}\right)^2 \sim 2$  шт, либо порождаемое не чётной вакуумной м-парой:  $\left(\bar{m}_{(-1,m)}^{PF} \cdot \bar{m}_{(1,m)}^{PF}\right) \sim 2$  шт. В любом случае мы имеем 3-три дублирующих вида (но из них мы рассмотрим 2-два) или способа представления (!!!описания!!!) одних и тех же закономерностей во Вселенной, где во взаимодействие входят следующие биннеры /силы/:

1)а::заряды (например - масса)--///-б::напряжённости (например - ускорение).

2)а::«Волновые поля» или «заряды м-пространств»--///-б::и их потенциалы.

Т.е. вполне определённо можно сказать, что для сл. 2) проявления потенциалов и возбуждения «волновых полей» в 4-х м-триплетях предусмотрен свой тип («не чётного») вакуума: ТР::{1~ $\bar{m}_{(1,m)}^{PF}$ ; 2~ $\bar{m}_{(3,m)}^{PF}$ ; 3~ $\bar{m}_{(5,m)}^{PF}$ ; 4~ $\bar{m}_{(7,m)}^{PF}$ }. 3)4) ...И соответствие их в: (1 и 2), выражаемое через хронополе! Но эта тема («хронополя») особенная (и в то же время – даже рядовая, если разобраться), и ей в своё время мы посвятим целую часть теории.

Главное здесь мы выяснили, что Природа, как минимум трижды дублирует свой язык (законов) управления явлениями очевидно через акты силы (при том, что мы намеренно не смешиваем /во избежание усложнений/ перечисленные типы с «фото- обменными силовыми взаимодействиями»), обставленные энерго- импульсным антуражем, которому неизменно сопутствует движение, и которое, рассматривая с позиций потенциалов, мы так же неизбежно должны выстроить эту силовую схему, которая включает в себя потенциалы. Чем мы далее и займёмся, используя формализм, предлагаемый т. МТВП. Скажем больше, что у нас есть основания подозревать, что потенциалы (4-х мерностных триплетов) в силовом взаимодействии играют схожую с константами взаимодействий (например - G) РОЛЬ! Памятуя, что, скажем G, - это квадрат потенциала, именуемый в ТП(ПВД) ИНДУКЦИЕЙ гр. поля. То же можно сказать и про другие константы, которые так же выражаются через потенциалы в своих степенях. Но задача не столь тривиальна, как кажется, т.к. нам необходимо силу выразить через без массовые пространства /ЭФИРЫ/, выступающие в роли ЗАРЯДОВ (эквивалентных как бы своим преонным аналогам). Добавим ко всему (в удовольствие приверженцев эфирных моделей), что правильнее было бы и сам индукционный механизм А) потенциалов и Б) констант взаимодействия считать проявлениями: эфирно-объективации, и одновременно формирующими свойства в отношении механизма и интенсивности силового взаимодействия, ибо мало интересен сам по себе неведомый ни кому эфир, который ни как себя не проявляет. Хотя далее мы так же укажем на предполагаемые фигуры: Ф(м) – объекты, претендующие на роль эфиров... Однако... Тирады про вакуум и эфир можно продолжать бесконечно и это может занять довольно много времени и места. А поэтому постараемся здесь быть более экономными.

Приступим к главному. Начнём без вступления с рассмотрения цитат, к которым далее будут даны комментарии и суммирующий вывод. Речь пойдёт об:  ${}^{\Phi*}\Phi_{3,m}^{1s} = {}^{\Phi*}\Phi_{3,m}^{1s}$  - эквивалентности представления трёхмерного пространства /А ТАК ЖЕ СИЛЫ/ в «Ф»-формальной группе через: 1) «П»-преонное (масс содержащие) элементы и 2) через «Ф»-формальные т.е. пространственные величины...

1. МТВП №2:: Итак, цитата - про то, как кванты не чётных ВАКУУМНЫХ групп (а массы всех их соответствуют Планковской массе) формируют ВАКУУМНЫЕ группы чётных мерностей (м), являющиеся потенциальными носителями собственных (м-1) – зарядов в каждом из 3-х мерностных триплетов.

«...мы видим, что каждый элемент (П;Ф;ПФ) чётной мерности (как квадрат массы) представим в виде произведения двух масс смежных не чётных мерностей, при сохранении равенства как мерностей, так и спинов!

$$\left[ \begin{array}{l} 1: \bar{m}_{(0,m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(-1,m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(1,m)}^{("PF")}} \\ 2: \bar{m}_{(2,m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(1,m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(3,m)}^{("PF")}} \\ 3: \bar{m}_{(4,m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(3,m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(5,m)}^{("PF")}} \\ 4: \bar{m}_{(6,m)}^{("PF")} = \sqrt{\bar{m}_{(5,m)}^{("PF")} \times \bar{m}_{(7,m)}^{("PF")}} \end{array} \right] \quad (2.24)$$

**Вывод:** Трёхмерная унификационная симметрия содержит в себе ЧЕТЫРЕ ОРДИНАТНЫХ ТРИПЛЕТНЫХ ГРУППЫ (4-группы мерностных квантов):...

2. Из ТП(ПВД) №2.А.: Про 4-четыре СИЛЫ и 4-е их КОНСТАНТЫ взаимодействия.

«...Итак имеем формулы 4-х видов сил:

$$\left. \begin{aligned}
& 1) \left[ \left| \vec{F}^{i=0} \right|_{0M}^{0s} = \frac{\left| {}^{1/P} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} \times \left( {}^{\Pi} M_{-1M}^{-1s} \times {}^{\Pi} m_{-1M}^{-1s} \right)}{\left( {}^{\perp} R \right)^2} \right] : (-1M) \text{ гравитация} \\
& 2) \left[ \left| \vec{F}^{i=0} \right|_{0M}^{0s} = \frac{\left( {}^{\Pi} E_{1M}^{0s} \times {}^{\Pi} E_{1M}^{0s} \right)}{\left( {}^{\perp} \vec{v} \right)^4} : (1M) \text{ электромагнетизм} \right. \\
& \quad \left. \frac{\left( {}^{\perp} \vec{v} \right)^4 \times \left( {}^{\perp} R \right)^2}{\left( {}^{\perp} \vec{v} \right)^4} \right] \\
& 3) \left[ \left| \vec{F}^{i=0} \right|_{0M}^{0s} = \frac{\left( \left| {}^{1/P} \left[ \frac{1}{F} \sim G_{0M}^{0s} \right]_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{0M}^{0s} \right)^2 \times \left( {}^{\Pi} \Phi_{3M}^{1s} \times {}^{\Pi} \Phi_{3M}^{1s} \right)}{\left\{ \left| {}^{1/P} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} = \left( {}^{\perp} \vec{v} \right)^4 \right\} \times \left( {}^{\perp} R \right)^2} : (3M) \text{ сильное : (u;d)} \right. \\
& 4) \left[ \left| \vec{F}^{i=0} \right|_{0M}^{0s} = \frac{\left( {}^{\Pi} \Phi_{5M}^{2s} \times {}^{\Pi} \Phi_{5M}^{2s} \right)}{\left\{ \left( \left| {}^{1/P} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} \right)^2 = \left( {}^{\perp} \vec{v} \right)^8 \right\} \times \left( {}^{\perp} R \right)^2} : (5M) \text{ сильное : (c)} \right]
\end{aligned} \right\} 12.6)$$

Здесь

константами

взаимодействия

являются:

$$1) \left| {}^{1/P} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s};$$

$$2) \left| \frac{\left( {}^{\perp} \vec{v} \right)^4}{\left( {}^{\perp} \vec{v} \right)^4} \right|_{0M}^{0s};$$

$$3) \left( \left| {}^{1/P} \left[ \frac{1}{F} \sim G_{0M}^{0s} \right]_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{0M}^{0s} \right)^2 \div \left| {}^{1/P} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} ; 4) \left| 1 \div \left( \left| {}^{1/P} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} \right)^2 \right|_{-8M}^{-4s} !!!...»$$

3. Далее: МТВП №2.1 а, цитируем:

«...И тогда в формуле силы:  $\vec{F}_{cp} = M_0 m_A G / R_{0A}^2$  масса:  $(M_0 \rightarrow \Phi_{-1M}^{-1s})$  «взаимодействует» (сочетается) с  $(G \rightarrow \Phi_{4M}^{2s})$  - гравитационной постоянной; а результатом их произведения **ТОЖЕ** является :  $(M_0 \times G \rightarrow \Phi_{-1M}^{-1s} \times \Phi_{4M}^{2s} \Rightarrow \Phi_{3M}^{1s})$  **именно (3м)-трёхмерный зарядовый квант!!!** Так, что есть все основания полагать, скажем: и прямое и обратное следствие из этого факта. А именно, что не только произведение константы:  $\alpha_{(M)}$  - конкретного (м)-мерного зарядового взаимодействия на (м)-мерный  $z_{(M)}$  - зарядовый квант ( $M_0$  или  $M_A$ ) порождает квант трёхмерного пространства -  $\Phi_{3M}^{1s}$  !!!; но ещё и - кванты:  $\Phi_{3M}^{1s}$  - трёхмерного пространства (как кванты «глобальной» массово-мерностной унификации - ММУС (см. часть №2) сами потенциально содержат и готовы распасться на одну из таких мерностных пар:

$$\left\{ \alpha_{(M)} \times z_{(M)} \Rightarrow \Phi_{3M}^{1s} \right\} : \left\{ M_0 \times G \Rightarrow \Phi_{3M}^{1s} \right\} \sim \left\{ M_A \times G \Rightarrow \Phi_{3M}^{1s} \right\} \quad 2.1.4.е,ж)$$

Можно сказать и так, что вблизи цСМП и ССМП или его (их) аналога иной мерности (в том числе и отличной от: (-1м)) при взаимодействии этих потенциалов с константами их сил формируется соответствующая данной паре «среда» 3м-пространственных квантов! А это значит, что имея в наличие (скажем внутри материала) какую то конкретную, характерную для данного взаимодействия пространственную «среду» (или перефразируя – «вакуумную среду»), можно «спровоцировать» также и появление соответствующих потенциалов: цСМП и ССМП (точнее их м-зарядовых аналогов)! Такая «схема» в плоскости практического применения по сути и может являться универсальным накопителем значительного м-мерного зарядового потенциала, содержащегося в пространстве конкретной: 3м-«среды», ... со всеми вытекающими энергетическими перспективами! **Таким образом, наличие пространства: (3м; 3м\*;...3м\*\*) является достаточным условием наличия:**

1) «П»-преонного (инерционного) типа (массового) заряда М(А), входящего в произведение:

$$(M_A \times G \rightarrow {}^{\Pi} \Phi_{-1M}^{-1s} \times {}^{1/P} \Phi_{4M}^{2s} \Rightarrow {}^{0=\Phi} \Phi_{3M}^{1s})$$

2) «Ф»-формального (пространственного) типа заряда – R(A0), входящего в произведение

$$({}^{\Phi} \Phi_{3M}^{1s} = \vec{v}_A^2 \times R_{0A}) \dots$$

Таким образом, пространство:  $\Phi_{3M}^{1s}$  разложимо на:  $(1/R)_{-1M}^{0s}$  - пространственный зарядовый элемент (в составе бинера силы) и произведение квадрата скорости ( $v^2$ , который можно рассматривать, как потенциал, и в частности: грави- потенциал, электро- потенциал, «кварко»- потенциал) на квадрат расстояния ( $S:2m;0s$ ) или поверхность в

общем случае.

Далее очевидно, что формулу 2.1.4.г) можно переписать уже в виде равенства двух 3м-трёхмерных квантов «глобальной унификации», см. ф-лу 2.1.4.з.и).

$$\left\{ \begin{array}{l} M_A^* G = (\vec{v}_A^*)^2 R_{0A}^* \\ \Phi_{3M}^{*1s} = \Phi_{3M}^{*1s} \end{array} \right\} \quad 2.1.4.з.и)$$

То есть фактически мы имеем ни что иное, как процесс **виртуального** образования и исчезновения квантов 3м-трёхмерного пространства практически из ничего, - из 1-единичной абстракции, см. ф-лу 2.1.4.к.л).

$$\left\{ \kappa : 1 = \frac{(\vec{v}_A^*)^2 R_{0A}^*}{M_A^* G} - 1 \right\} = \frac{\Phi_{3M}^{*1s}}{\Phi_{3M}^{*1s}} \quad 2.1.4.к.л)$$

//Причём выражению записанному в виде произведения (скалярная форма) эквивалентна форме записи в виде суммы (назовём это зарядовой формой записи или квази- векторной формой; так например суммируя проявляющиеся силы (как вектора) можно вести речь либо о совершаемой работе (Е- энергии, не являющейся векторной величиной) по преодолению сил реакции, либо об импульсе, являющемся векторной величиной).//

$$\left\{ \mu : |M_A^* G| - |(\vec{v}_A^*)^2 R_{0A}^*| = 0 \right\} = \left\{ \mu : |\Phi_{3M}^{*1s}| - |\Phi_{3M}^{*1s}| = 0 \right\} \quad 2.1.4.м.н)$$

...»

А ТЕПЕРЬ ВНИМАНИЕ! Если всё же универсализировать подход, то (для 4-четырёх мерностных триплетов в системе цСМП) данная формула 1Аб.-Абстрактного вакуума выразится (ЧЕРЕЗ ПОТЕНЦИАЛЫ), вопреки нашим ожиданиям, несколько иначе нежели чем через 3м-кванты. Так как всё таки не получается в данном случае полностью универсализировать триплетную систему до ММУС – 3м трёхмерной, получая однако в числителях и знаменателях одинаковые кванты 2-х «Ф»-пространственных групп для которой введём обозначение (в дополнение к группам «П», «Ф» и «ПФ», ещё и) → «2ЭФ» - пространственного-(«Ф») бинер-(2) эфира-(Э), т.е.:

$$\langle 2ЭФ(R) \rangle :: \left\{ \left\{ \Phi_{3M}^{*1s}, \Phi_{1M}^{*0s}, \Phi_{-1M}^{*-1s}, \Phi_{-3M}^{*-2s} \right\} \right\} \text{ и } \langle 2ЭФ(M) \rangle :: \left\{ \left\{ \Phi_{3M}^{*1s}, \Phi_{1M}^{*0s}, \Phi_{-1M}^{*-1s}, \Phi_{-3M}^{*-2s} \right\} \right\} \text{ - в обоих}$$

случаях полностью идентичные др. другу, которые в общем то и следует ПРИЗНАТЬ ЗА некоторые БИ-ЭФИРНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СРЕДЫ в своих м-триплетах!!!). Так через эти: «2ЭФ» - Би Формальные

ЭФИРЫ, расщепляемые на «Ф»-пространственные заряды:  $\Phi_{1M}^{*0s}, \Phi_{3M}^{*1s}, \Phi_{5M}^{*2s}, \Phi_{7M}^{*3s}$  и ИХ потенциалы:  $|\varphi^1|_{2M}^{1s}$ ;

$|\varphi^{-1}|_{-2M}^{-1s}; |\varphi^{-3}|_{-6M}^{-3s}; |\varphi^{-5}|_{-10M}^{-5s}$  на самом деле: 1)  $\Phi_{3M}^{*1s}$  - реализуется «волновая гравитация»; через 2) эфир:  $\Phi_{1M}^{*0s}$  -

реализуется «волновое электричество» 2-го триплета; через 3) эфир:  $\Phi_{-1M}^{*-1s}$  - реализуется «сильно-волновое»

взаимодействие 3-го триплета; и через: 4) эфир:  $\Phi_{-3M}^{*-2s}$  - объёмный концентратор реализуется «суперсильно-волновое» взаимодействие 4-го мерностного триплета.

$$\left[ \begin{array}{l} 1\ddot{y}(TP) :: \left\{ \left\{ \Phi_{3M}^{*1s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{1M}^{*0s} \cdot \Phi_{2M}^{*1s} \right) \div \left\{ \left\{ \Phi_{3M}^{*1s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{-1M}^{*-1s} \cdot \Phi_{4M}^{*2s} \right) \Bigg] = 1Ab. \\ 2\ddot{y}(TP) :: \left\{ \left\{ \Phi_{1M}^{*0s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{3M}^{*1s} \cdot |\varphi^{-1}|_{-2M}^{-1s} \right) \div \left\{ \left\{ \Phi_{1M}^{*0s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{1M}^{*0s} \cdot \Phi_{0M}^{*0s} \right) \Bigg] = 1Ab. \\ 3\ddot{y}(TP) :: \left\{ \left\{ \Phi_{-1M}^{*-1s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{5M}^{*2s} \cdot |\varphi^{-3}|_{-6M}^{-3s} \right) \div \left\{ \left\{ \Phi_{-1M}^{*-1s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{3M}^{*1s} \cdot \Phi_{-4M}^{*-2s} \right) \Bigg] = 1Ab. \\ 4\ddot{y}(TP) :: \left\{ \left\{ \Phi_{-3M}^{*-2s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{7M}^{*3s} \cdot |\varphi^{-5}|_{-10M}^{-5s} \right) \div \left\{ \left\{ \Phi_{-3M}^{*-2s} \right\} \right\} \sim \left( \Phi_{5M}^{*2s} \cdot \Phi_{-8M}^{*-4s} \right) \Bigg] = 1Ab. \end{array} \right. \quad 0.1)$$

То есть по большому счёту имеют место быть 4-четыре «Ф»-пространственные /ЭФИРНЫЕ/ среды (ЗАМЕТЬТЕ, что НЕ в вакуумной «ПФ»-группе, а именно в группе – «Ф») – в парном исполнении: А) «2ЭФ»R::

$\Phi_{3M}^{*1s}, \Phi_{1M}^{*0s}, \Phi_{-1M}^{*-1s}, \Phi_{-3M}^{*-2s}$  - для 4-х квантов, сформированных произведением «Ф»-формальных /т.е. R-

пространственных/ величин; и Б) «2ЭФ»M::  $\Phi_{3M}^{*1s}, \Phi_{1M}^{*0s}, \Phi_{-1M}^{*-1s}, \Phi_{-3M}^{*-2s}$  - для 4-х квантов, сформированных

преон-антипреонным ( $\Pi^1/\Pi$ )=Ф произведением. И хотя представленное здесь выражение ф. 0.1) не основано (или не содержит) 3м-унификаций (ММУС), но скажем по секрету, что оно (выр. 0.1) имеет прямое и непосредственное отношение к «Схеме Трёхмерной Адаптации» /не путать с ММУС/ элементарных частиц до 1/2 полуспинных – фермионов (это окончательная форма принимаемая элементарными частицами в текущей (м...М)-конфигурации нашей мат. Вселенной); но данной теме необходимо отводить даже более одной части в теории: МТВП...

Так же здесь для сл. Б) величины:  $\Phi_{-1M}^{*-1s} \dots \Phi_{5M}^{*2s}$ , - это преонные заряды (знаменателя; хотя дроби можно и перевернуть), а элементы обратной «П»-преонности типа:  $\Phi_{4M}^{*2s} \dots \Phi_{-8M}^{*-4s}$  являются известными константами 4-х

взаимодействий (см. ф. 12.б), представляющими из себя ту или иную степень классического гравии потенциала  $|\varphi_{2M}^{1s}| = |\vec{v}^2|$ , что «в сумме факта» можно рассматривать, как индукцию м-поля. (Размерности потенциалов всегда меньше размерностей своих зарядов и своих эфиров, и всегда потенциалы /и в частности в роли констант

взаимодействия/  $|\varphi_{2,m}^{1s}|^n = |\vec{v}^2|^n$  в своих /отриц-/ степенях оказываются циркуляторно /как ОПМ – операторы приращения мерностей/ встроенными в мерностную ткань своих эфиров «2ЭФ»R /«2ЭФ»M/ при воздействии на свои же заряды, когда последние взаимодействуют между собой!!! Тогда, как для сл. А) величины:  $\Phi_{R,1m}^{0s} \cdot \Phi_{R,3m}^{1s} \cdot \Phi_{R,5m}^{2s} \cdot \Phi_{R,7m}^{3s}$  являются «ВОЛНОВЫМИ /пространственными/ зарядами» в группе: «Ф». (При этом не стоит путать их с напряжённостями полей «П»-зарядов правой части:  $(\Phi_{R,1m}^{-1s} \cdot \Phi_{R,1m}^{0s} \cdot \Phi_{R,3m}^{1s} \cdot \Phi_{R,5m}^{2s})^{-1}$  /при её «перевёртывании»/, которые входят в выражения своих сил, как биннеры для своих преонных зарядов, например:  $F=ma, \dots$  и т.д.). А Ф)-формальные потенциалы  $|\varphi_{2,m}^{1s}| = |\vec{v}^2|$  в нарастающих отрицательных степенях /1;-1;-3;-5/ типа:  $|\varphi_{2,m}^1|^{1s}; |\varphi_{2,m}^{-1}|^{-1s}; |\varphi_{2,m}^{-3}|^{-3s}; |\varphi_{2,m}^{-5}|^{-5s}$  - являются, соответственно АНАЛОГАМИ соответствующих им КОНСТАНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ:  $\rightarrow (\frac{1}{\pi} \Phi_{4,m}^{2s} \dots \frac{1}{\pi} \Phi_{8,m}^{-4s})$ . И если пары типа Б)::  $(\frac{\pi}{Z=M} \Phi_{-1,m}^{-1s} \cdot \frac{1}{\pi} \Phi_{4,m}^{2s}), (\frac{\pi}{Z} \Phi_{1,m}^{0s} \cdot \frac{1}{\pi} \Phi_{0,m}^{0s}), (\frac{\pi}{Z} \Phi_{3,m}^{1s} \cdot \frac{1}{\pi} \Phi_{-4,m}^{-2s}), (\frac{\pi}{Z} \Phi_{5,m}^{2s} \cdot \frac{1}{\pi} \Phi_{-8,m}^{-4s})$  входят в известные **силы 4-х** взаимодействий (см. ф. 12.б), то пары типа А)::  $(\Phi_{R,1m}^{0s} \cdot \varphi_{2,m}^{1s}), (\Phi_{R,3m}^{1s} \cdot |\varphi_{2,m}^{-1}|^{-1s}), (\Phi_{R,5m}^{2s} \cdot |\varphi_{2,m}^{-3}|^{-3s}), (\Phi_{R,7m}^{3s} \cdot |\varphi_{2,m}^{-5}|^{-5s})$  должны (НЕТ! – просто обязаны!) представлять ЭКВИВАЛЕНТНОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ЭТИХ !!!сил!!! ЧЕРЕЗ ПОТЕНЦИАЛЫ группы - «Ф»!!! Например:

$$\left. \begin{aligned} 1) \left[ \frac{\pi}{\pi} \vec{F}_{0m}^{0s} = \left( \frac{1}{\frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s}} \right) \times \left\{ \frac{(\Phi_{R,1m}^{0s} \times \Phi_{R,1m}^{0s}) \cdot \varphi_{2,m}^{1s}}{(R_{1,m}^{0s})^2} = \Phi_{2,m}^{1s} \right\} : (-1m) \text{гравитация} \right] \\ 2) \left[ \frac{\pi}{\pi} \vec{F}_{0m}^{0s} = \left( \frac{1}{\frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s}} \right) \times \left\{ \frac{(\Phi_{R,3m}^{1s} \times \Phi_{R,3m}^{1s}) \cdot |\varphi_{2,m}^{-1}|^{-1s}}{(R_{1,m}^{0s})^2} = \Phi_{2,m}^{1s} \right\} : (1m) \text{электром} - m \right] \\ 3) \left[ \frac{\pi}{\pi} \vec{F}_{0m}^{0s} = \left( \frac{1}{\frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s}} \right) \times \left\{ \frac{(\Phi_{R,5m}^{2s} \times \Phi_{R,5m}^{2s}) \cdot |\varphi_{2,m}^{-3}|^{-3s}}{(R_{1,m}^{0s})^2} = \Phi_{2,m}^{1s} \right\} : (3m) \text{сильное} : (u; d) \right] \\ 4) \left[ \frac{\pi}{\pi} \vec{F}_{0m}^{0s} = \left( \frac{1}{\frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s}} \right) \times \left\{ \frac{(\Phi_{R,7m}^{3s} \times \Phi_{R,7m}^{3s}) \cdot |\varphi_{2,m}^{-5}|^{-5s}}{(R_{1,m}^{0s})^2} = \Phi_{2,m}^{1s} \right\} : (5m) \text{сильное} : (c) \right] \end{aligned} \right\} 0.2)$$

//Внимание! Тут необходимо сразу заметить, что для взаимодействующих «Ф»-формальных /пространственных/ зарядов, обладающих потенциалами, величина:  $(R_{1,m}^{0s})^2$  - есть квадрат расстояния между зарядами начиная с момента «перекрытия» /МЕЖДУ/: 2) парой 3м-шаров:  $(\Phi_{R,3m}^{1s} \times \Phi_{R,3m}^{1s})$  во 2-м мерностном триплете; 3) или парой 5м-шаров:  $(\Phi_{R,5m}^{2s} \times \Phi_{R,5m}^{2s})$  в 3-м мерностном триплете; 4) или двух 7м- шаров:  $(\Phi_{R,7m}^{3s} \times \Phi_{R,7m}^{3s})$  в 4-м мерностном триплете; 1) а для 1-го мерностного триплета, т.е. для гравитации, где пространственными псевдо- шаром являются  $(\Phi_{R,1m}^{0s} \times \Phi_{R,1m}^{0s})$  - линейные объекты, речь идёт видимо об линейном расстоянии между центральными зарядами /при перекрытии таковых, как в их «эффеktivном качестве»/. Из чего следует, что, как минимум «**потенциальные**» взаимодействия во: 2-м, 3-м и 4-м триплетах (которые можно даже классифицировать, как: **псевдо близкодействующие**) возможны, если области взаимодействующих м-шаров пересекаются!!! Т.е. скажем, для той же гравитации:  $R_{1,m}^{0s} \leq \Phi_{R,1m}^{0s} + \Phi_{R,1m}^{0s}$  данный радиус не может превышать суммы радиусов взаимодействующих псевдо шаров!!!

Кроме того (как ещё одна существенная и даже уникальная особенность) здесь в силовом взаимодействии (если конечно сила – есть величина «П»-преонная) так же везде неизбежно принимает участие «**анти гравии фотон**»::  $\frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s}$ , стоящий в знаменателе  $\frac{\pi}{\left( \frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s} \right)}$ , что говорит о том, что для проявления силы данный **квант не вводят в**

**систему, а «выводят» /вычитают/ из неё (до «получения» в мерностной реакции продукта – самой силы, см. ф.**

**0.2).** //Формально подобный квант :  $\frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s}$  можно получить из  $|\varphi_{2,m}^{1s}|$ -потенциала или: (согласно т. МТВП №3.Б, см.

[4]) из «Ф»-формального фотона  $\Phi_{2,m}^{1s}$  в размерности потенциала, посредством деления его на силу (что эквивалентно её вычету из системы, или – «излучения» её во вне, но тоже до получения самого продукта):

$$\left\{ \left[ \Phi_{2,m}^{1s} \div \frac{\pi}{\pi} \vec{F}_{0m}^{0s} = \frac{\pi}{\pi} \Phi_{1,m}^{0s} \times \left| \frac{\vec{v}_{1,m}^{1/2s}}{\vec{p}_{0m}^{-1/2s}} \right|^{1s} \div \frac{\pi}{\pi} \vec{F}_{0m}^{0s} \right] = \left[ |\varphi_{2,m}^{1s}| \div \frac{\pi}{\pi} \vec{F}_{0m}^{0s} \right] \rightarrow \frac{1}{\pi} \Phi_{2,m}^{1s} \right\} 3Б.7**)//$$

Однако далее:



О **потенциалах** (кстати, как НЕ о зарядах, а в роли **КОНСТАНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**) можно сказать, что:  $(\Phi_{2m}^{1s})^{1;-1;-3;-5}$ , - чем больше отрицательная размерность потенциала-концентратора /для триплетов: 2), 3), 4)/, тем меньше сила при равных исходных значениях квадратов скоростей:  $\Phi_{2m}^{1s} = (\vec{v}^2)_{2m}^{1s}$ . **Потенциалы, как внутри эфирные циркуляции, как в размерности квадрата скорости, так и в отрицательных степенях**  $(\Phi_{2m}^{1s} = (\vec{v}^2)_{2m}^{1s})^{-k; \{-1;-3;-5\}}$  здесь (**ВНИМАНИЕ**) выступают в роли некой эфирной связующей среды (/чаще – в отрицательной размерности скорости/ «послойно» встроенной, но в абсолютном смысле не вносящей вклад ни в свои пространственные зарядовые «шароиды» ни в «2ЭФ»R – своё бинер- эфирное пространство), проводящей, передающей или усиливающей /уменьшающей/ данное взаимодействие (подобно гравитационной постоянной - G)!!!

А вот в роли взаимодействующих зарядов кстати «Ф»-формальной природы  $(\Phi_R \Phi_{1m}^{0s} \times \Phi_R \Phi_{1m}^{0s}); (\Phi_R \Phi_{3m}^{1s} \times \Phi_R \Phi_{3m}^{1s}); (\Phi_R \Phi_{5m}^{2s} \times \Phi_R \Phi_{5m}^{2s}); (\Phi_R \Phi_{7m}^{3s} \times \Phi_R \Phi_{7m}^{3s})$  - выступают волновые поля, как количества м-пространств вращения («ВОЛНОВЫЕ ЗАРЯДЫ», несущие смысл пространственных **ОБЪЁМНЫХ сфероидов-/шароидов-/ вращения**), которые в каждом из своих триплетов стоят, как «над зарядами» силовых полей м:(-1,1,3,5), так и над их носителями м:(0,2,4,6). Они схожи с соответствующими фотоподобными квантами, но имеют на 1-единицу большую мерность чем у фотоподобных квантов:  $\Phi_{0m}^{0s} \Phi_{2m}^{1s} \Phi_{4m}^{2s} \Phi_{6m}^{3s}$ . Кроме всего прочего имеется и одна характерная замечательная особенность такого представления взаимодействия! И заключается эта особенность в том,

что для всех триплетов (или скажем на примере 2-го мерностного триплета:  $\left\{ \frac{(\Phi_R \Phi_{3m}^{1s} \times \Phi_R \Phi_{3m}^{1s}) \cdot |\phi^{-1}|_{-2m}^{-1s}}{(R_{1m}^{0s})^2} = \Phi_{2m}^{1s} \right\}$  - **вся**

правая часть, т.е. пара взаимодействующих зарядов, потенциал и квадрат расстояния в знаменателе сводятся к

«Ф»-формальному фотону -  $\{\Phi_{2m}^{1s} = \phi_{2m}^{1s}\}$ , т.е. к классическому гр. потенциалу или  $C_{E/m}^{v2} = \frac{(E_m^{i=0;n})_{1m}^{0s}}{(m_T)_{-1m}^{-1s}}$ .

**энергоёмкости/ энергоёмкостной индукции (в размерности кв. скорости)!!!**

$$\left\{ \begin{array}{l} 1TP): \left[ \Pi \left| \vec{F} \right|_{om}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2m}^{1s}} \right) \times \{ \Phi_{2m}^{1s} = {}_{1TP} C_{E/m}^{v2} \} \right] : (-1m) \text{ гравитация} \\ 2TP): \left[ \Pi \left| \vec{F} \right|_{om}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2m}^{1s}} \right) \times \{ \Phi_{2m}^{1s} = {}_{2TP} C_{E/m}^{v2} \} \right] : (1m) \text{ электром} - m \\ 3TP): \left[ \Pi \left| \vec{F} \right|_{om}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2m}^{1s}} \right) \times \{ \Phi_{2m}^{1s} = {}_{3TP} C_{E/m}^{v2} \} \right] : (3m) \text{ сильное} : (u; d) \\ 4TP): \left[ \Pi \left| \vec{F} \right|_{om}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2m}^{1s}} \right) \times \{ \Phi_{2m}^{1s} = {}_{4TP} C_{E/m}^{v2} \} \right] : (5m) \text{ сильное} : (c) \end{array} \right\} 0.2^*)$$

А ЭТО (замечательный факт, позволяющий /в принципе/, при рассмотрении силового взаимодействия, вместо всей этой части использовать  $\left| C_{E/m}^{v2} \right|_{2m}^{1s} = \{ \Phi_{2m}^{1s} = \phi_{2m}^{1s} \}$  - **ЭНЕРГОЁМКОСТЬ** /или Э.Ё. индукцию/, т.е. используя везде один и тот же набор размерностных физ. величин - энергию и массу), и в свою очередь открывает перед нами огромнейшие **УНИФИКАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ** – транспонирования между собой этих 4-х видов взаимодействия (как и их квантового представления между собой) в 4-х триплетах!!! Упрощается и сама форма представления силы через потенциалы в энергоёмкостной форме.

А главное, ЭТО ТО, что мы достигли понимания **ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ** выражаемых СИЛ в «П»-преонных (телесных) терминах и в терминах «Ф»-пространственных потенциалов!!! **Т.е. в пору говорить не просто об инерционной (ТЕЛЕСНОЙ) функции материи, НО правильное говорить об данном феномене эквивалентности, как об феномене: !!!«ПОЛЕ-ТЕЛО»!!!** Когда обычная форма преонной материи транспонируется в несколько иную «потенциал-волновую» или «потенциал-пространственную» форму, которая, тем не менее, имеет преонную составляющую (в представлении силы) в виде упомянутого уже нами «кванта вычета фото-антигравитона»:

$$\left[ \Pi \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2m}^{1s}} \right) \sim \Pi \Phi_{-2m}^{-1s} \right] 0.3)$$

- эквивалентного (по результатам реакции и мерностного баланса) некому преону-«концентратору»  $\Pi \Phi_{-2m}^{-1s}$  - в отрицательной (-2м) размерности. И более того если мы суммируем его действие на соответствующие пространственные заряды («волновых полей»), то окажется, что мы получаем взаимодействие привычных (причём преонных /точнее: П+Ф/) **зарядов, НО - ЧЁТНОЙ м:(0;2;4;6) МЕРНОСТИ** в 4-х мерностных триплетах (напр-р В-магнитных преонов  $\Pi \Phi_{2m}^{1/2s}, \Phi_{2m}^{1/2s}$  во 2-м мерностном триплете):

$$\left[ \begin{aligned} & \Pi \Phi_{-2M}^{-1s} \times \left\{ \left( \Phi_{R1M}^{0s} \times \Phi_{R1M}^{0s} \right); \left( \Phi_{R3M}^{1s} \times \Phi_{R3M}^{1s} \right); \left( \Phi_{R5M}^{2s} \times \Phi_{R5M}^{2s} \right); \left( \Phi_{R7M}^{3s} \times \Phi_{R7M}^{3s} \right) \right\} \rightarrow \\ & \rightarrow \left\{ \left( \Pi \Phi_{0M}^{-1/2s} \times \Phi_{R0M}^{-1/2s} \right); \left( \Pi \Phi_{2M}^{1/2s} \times \Phi_{R2M}^{1/2s} \right); \left( \Pi \Phi_{4M}^{3/2s} \times \Phi_{R4M}^{3/2s} \right); \left( \Pi \Phi_{6M}^{5/2s} \times \Phi_{R6M}^{5/2s} \right) \right\} = \text{групп. "П"} \end{aligned} \right] \quad (0.4)$$

На самом деле ЭТО важнейшее ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ положение, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ скажем из пары магнитных «П»-преонов (точнее: П+Ф) в обратном порядке  $\Pi \Phi_{2M}^{1/2s}; \Phi_{2M}^{1/2s}$  //а к таковым без учёта 3м-адаптации с уверенностью можно отнести  $\frac{1}{2}(s)$ -полуспиновой электрон и его нейтрино, а вообще все 3м-адаптированные преонные фермионы имеют  $\frac{1}{2}(s)$  – половинный спин, и следовательно 2м-второе измерение в 3м-адаптированной системе// - ПОЛУЧИТЬ или превратиться в:  $\left( \Phi_{R3M}^{1s} \times \Phi_{R3M}^{1s} \right)$  - пространственную зарядовую пару за вычетом некоего  $\Pi \left( \frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s} \right)^{-1} \sim \Pi \Phi_{-2M}^{-1s}$  - фото антигравитона. Что само по себе является колоссальной и заманчивой перспективой и возможностью преодоления ограничительных рамок той же инерции корпускулярных состояний, как минимум...!!!

Кроме того, уникальной является так же возможность НАКОНЕЦ ТО: **3м-УНИФИЦИРОВАТЬ** представленную нами систему (до: **ММУС - статуса**)! Делается это просто посредством «среднегеометризации» симметричных друг другу триплетов:

ТР::  $(1 \cdot 4)^{1/2}$  и ТР::  $(2 \cdot 3)^{1/2}$ .

$$\left. \begin{aligned} 1.4) \quad & \left[ \Pi \vec{F}_{0M}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2M}^{1s}} \right) \times \left\{ \frac{\sqrt{\left( \Phi_{R1M}^{0s} \times \Phi_{R1M}^{0s} \right) \cdot \Phi_{2M}^{1s} \times \left( \Phi_{R7M}^{3s} \times \Phi_{R7M}^{3s} \right) \cdot |\varphi^{-5}|_{-10M}^{-5s}}}{(R_{1M}^{0s})^2} = \Phi_{2M}^{1s} \right\} \right] \rightarrow \\ & \rightarrow \left[ \Pi \vec{F}_{0M}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2M}^{1s} \cdot (R_{1M}^{0s})} \right)^{-1s} \times \left\{ \frac{\left( \Phi_{R4M}^{3/2s} \times \Phi_{R4M}^{3/2s} \right) \cdot \varphi_{-4M}^{-2s}}{(R_{1M}^{0s})} = \frac{\Phi_{4M}^{1s}}{(R_{1M}^{0s})} = \{ \Phi_{3M}^{1s} \} \right\} \right] \text{ТР: гр. + с.силн.} \\ 2.3) \quad & \left[ \Pi \vec{F}_{0M}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2M}^{1s}} \right) \times \left\{ \frac{\sqrt{\left( \Phi_{R3M}^{1s} \times \Phi_{R3M}^{1s} \right) \cdot |\varphi^{-1}|_{-2M}^{-1s} \times \left( \Phi_{R5M}^{2s} \times \Phi_{R5M}^{2s} \right) \cdot |\varphi^{-3}|_{-6M}^{-3s}}}{(R_{1M}^{0s})^2} = \Phi_{2M}^{1s} \right\} \right] \rightarrow \\ & \rightarrow \left[ \Pi \vec{F}_{0M}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2M}^{1s} \cdot (R_{1M}^{0s})} \right)^{-1s} \times \left\{ \frac{\left( \Phi_{R4M}^{3/2s} \times \Phi_{R4M}^{3/2s} \right) \cdot \varphi_{-4M}^{-2s}}{(R_{1M}^{0s})} = \frac{\Phi_{4M}^{1s}}{(R_{1M}^{0s})} = \{ \Phi_{3M}^{1s} \} \right\} \right] \text{ТР: эл.м + сильн.} \end{aligned} \right\} \quad (0.5)$$

В принципе, как бы и прежнее выражение можно свести к данному результату:

$$\Pi \vec{F}_{0M}^{0s} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2M}^{1s} \cdot (R_{1M}^{0s})} = \frac{1}{\{ 1/\Pi \Phi_{3M}^{1s} \}} \right) \times \left\{ \frac{\Phi_{4M}^{1s}}{(R_{1M}^{0s})} = \{ \Phi_{3M}^{1s} \} \right\}, \text{ но межтриплетное: 2.4) и 2.3) усреднение само по себе}$$

имеет некую: **4-х мерную (односпиновую) УНИФИКАЦИЮ до «Формального Ф(4м)-ГЛЮОНА»:**

$\left[ \left( \Phi_{R4M}^{3/2s} \times \Phi_{R4M}^{3/2s} \right) \cdot \varphi_{-4M}^{-2s} = \Phi_{4M}^{1s} - "с" \text{ ПОЛЕ.кварка}!!! \right]$ . //И ЕСЛИ ОН РЕАЛЕН, то волновые поля взаимодействующих объектов, вместе с потенциалами будут в НЕГО проваливаться – переходить, и такая унификация открывает возможности межтриплетных преобразований при осущ-и силового вз-вия.// Этот квант выполняет роль, объединяющую такие пары взаимодействий, как: **1.4)** волновая «энерго-гравитация» (в 1-гравит. триплете) и супер сильное взаимодействие в 4-м «супер сильном» триплете; а так же: **2.3)** волновое поле (в 2- Эл.м. триплете) и волновое кварковое поле в 3- «сильном» триплете.

И тогда **!СИЛУ!** можно так же трактовать /или определить/, как ПРОИЗВЕДЕНИЕ:: А) точнее в данном:

$\left\{ \frac{1}{\Pi} \Phi_{3M}^{1s} \right\}^{-1} \times \left\{ \Phi_{3M}^{1s} \right\}$  - случае, как отношение 3м-формального кванта к 3м-«фото-антигравитону, или, Б) как

произведение линейной плотности:  $\frac{\Phi_{4M}^{1s}}{(R_{1M}^{0s})}$  - 4м кванта (суммирующего в себе потенциалы и пространственные

заряды) на линейную плотность кванта вычета «фото-антигравитона»:  $\left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2M}^{1s} \cdot (R_{1M}^{0s})} = \frac{\Pi \Phi_{-2M}^{-1s}}{(R_{1M}^{0s})} \right)$ :

$$\left[ \Pi \vec{F}_{0M}^{0s} = \left\{ \frac{1}{\Pi \Phi_{3M}^{1s}} \right\}^{-1} \times \left\{ \Phi_{3M}^{1s} \right\} = \left( \frac{1}{1/\Pi \Phi_{2M}^{1s} \cdot (R_{1M}^{0s})} = \frac{\Pi \Phi_{-2M}^{-1s}}{(R_{1M}^{0s})} \right) \times \frac{\Phi_{4M}^{1s}}{(R_{1M}^{0s})} \right] \quad (0.6)$$

Здесь, как 3м-квант:  $\left\{ \Phi_{3M}^{1s} \right\}$  так и 4м-квант:  $\Phi_{4M}^{1s}$  можно считать унификаторами (т.е. некими унифицирующими поли- составными эфирами: «N:ЭФ(4м)»...!)?

Кроме того, приравнивая выражения 12.6) и 0.2) (при условии равенства сил через заряды и потенциалы), мы получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) \left[ \left( \frac{1}{\frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s}} \right) = \frac{\left| \frac{1}{\Pi} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} \times \left( \frac{\Pi M_{-1M}^{-1s} \times \Pi m_{-1M}^{-1s}}{\left( \Phi_R \Phi_{1M}^{0s} \times \Phi_R \Phi_{1M}^{0s} \right) \cdot \Phi_{2M}^{1s}} \right) \right] : (-1M) \text{гравитация} \\ 2) \left[ \left( \frac{1}{\frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s}} \right) = \frac{\left( \frac{\Pi E_{1M}^{0s} \times \Pi E_{1M}^{0s}}{\left( \frac{\Pi \vec{v}}{\perp} \right)^4} \times \left( \Phi_R \Phi_{3M}^{1s} \times \Phi_R \Phi_{3M}^{1s} \right) \cdot \left| \Phi^{-1} \right|_{-2M}^{-1s} \right)}{\left( \frac{\Pi \vec{v}}{\perp} \right)^4} \right] : (1M) \text{элект-изм} \end{array} \right\} \quad 0.7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3) \left[ \left( \frac{1}{\frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s}} \right) = \frac{\left( \left( \frac{1}{\Pi} \left[ \frac{1}{F} \sim G_{0M}^{0s} \right]_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right)_{0M}^{0s} \right)^2 \times \left( \Phi_R \Phi_{3M}^{1s} \times \Phi_R \Phi_{3M}^{1s} \right)}{\left\{ \left| \frac{1}{\Pi} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} = \left( \frac{\Pi \vec{v}}{\perp} \right)^4 \right\} \times \left( \Phi_R \Phi_{5M}^{2s} \times \Phi_R \Phi_{5M}^{2s} \right) \cdot \left| \Phi^{-3} \right|_{-6M}^{-3s}} \right] : (3M) \text{сильное} : (u; d) \\ 4) \left[ \left( \frac{1}{\frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s}} \right) = \frac{\left( \Phi_R \Phi_{5M}^{2s} \times \Phi_R \Phi_{5M}^{2s} \right)}{\left\{ \left( \left| \frac{1}{\Pi} G_{2(\Pi+\Phi)}^{**} \right|_{4M}^{2s} \right)^2 = \left( \frac{\Pi \vec{v}}{\perp} \right)^8 \right\} \times \left( \Phi_R \Phi_{7M}^{3s} \times \Phi_R \Phi_{7M}^{3s} \right) \cdot \left| \Phi^{-5} \right|_{-10M}^{-5s}} \right] : (5M) \text{сильное} : (c) \end{array} \right\} \quad 0.7^*)$$

- величину **вычета «фото-антигравитона»**  $\left[ \left( \frac{1}{\frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s}} \right) \sim \Pi \Phi_{-2M}^{-1s} \right]$ , или непосредственно величину

исчезнувших/«испарившихся» из эфирного пространства  $\left( \frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s} \right)$  2м-антигравитационных квантов, точнее уровень

излучения обратных ему кв.  $\Pi \left( \frac{1}{\frac{1}{\Pi} \Phi_{2M}^{1s}} \right) \sim \Pi \Phi_{-2M}^{-1s}$  из системы!!! Короче говоря, так мы можем рассчитать и

предполагаемый уровень антигравитации в какой-то системе выполненной на основе одного из 4-х мерностных триплетов...

Так, что современная физика несколько опрометчиво поступила, отмахнувшись или уклонившись от использования такого инструмента, как потенциал:  $\left| \Phi_{2M}^{1s} \right| = \left| \vec{v}^2 \right|$ . И мы здесь не можем не принять такой подарок из рук академической афиц- науки. Мы обязаны изучить все стороны их природы и начнём делать это именно со: «сферы» - математических абстракций..., т.е. обратимся просто к:  $\left| \Phi_{2M}^{1s} \right| = \left| \vec{v}^2 \right| = \Phi_{2M}^{1s} - / \text{сфероидам} /$  - геометрическим объектам в размерности потенциала, а далее возможно обобщим таковое рассмотрение на потенциалы в произвольных (положительных и отрицательных) степенях и размерностях...

#### Литература

1. Международный научно-исследовательский журнал 2012. №6(6), стр. (9-14). МТВП часть №1.
2. Международный научно-исследовательский журнал 2012. №7(7), стр. (9-21). ТП(ПВД) часть №1.
3. Международный научно-исследовательский журнал 2013. №2(9), стр. (12-22). МТВП часть №2, часть №3(а).
4. Международный научно-исследовательский журнал 2013. №3(10), стр. (22-37). МТВП часть №3(б).
5. Международный научно-исследовательский журнал 2013. №4(11), стр. (28-35). МТВП часть №2.1.(а).
6. Международный научно-исследовательский журнал 2013. №5(12), стр. (11-30). ТП(ПВД) часть №2.А.
7. Международный научно-исследовательский журнал 2013. №8(15), стр. (32-55). ТП(ПВД) часть №2.Б.
8. Международный научно-исследовательский журнал 2013. №11(18), стр. (11-31). ТП(ПВД) часть №3.А.
9. Международный научно-исследовательский журнал 2014. №4(23), стр. (24-63). АМТ(ИМИ) часть №1.А.
10. LAP LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-54520-7 КЛЮЧЕВЫЕ ТЕОРИИ МИРОЗДАНИЯ.

#### References

1. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2012. №6(6), str. (9-14). MTVP chast' №1.
2. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2012. №7(7), str. (9-21). TP(PVD) chast' №1.
3. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2013. №2(9), str. (12-22). MTVP chast' №2, chast' №3(a).
4. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2013. №3(10), str. (22-37). MTVP chast' №3(b).
5. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2013. №4(11), str. (28-35). MTVP chast' №2.1.(a).
6. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2013. №5(12), str. (11-30). TP(PVD) chast' №2.A.
7. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2013. №8(15), str. (32-55). TP(PVD) chast' №2.B.
8. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2013. №11(18), str. (11-31). TP(PVD) chast' №3.A.

9. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal 2014. №4(23), str. (24-63). AMT(IMI) chast' №1.A.  
10. LAP LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-54520-7 KLJuChEVYE TEORII MIROZDANIJa.

**Митихин В.Г.**

Кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

ФГБНУ «Научный центр психического здоровья», Москва

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-00282

## **К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ**

**Аннотация**

*В статье рассматриваются примеры анализа многокритериальных задач принятия решений с иерархической структурой, представленные в ряде работ, опубликованных в известных, научных российских изданиях. Разобраны ошибки авторов этих работ, связанные с использованием аппарата метода анализа иерархий и его модификаций.*

**Ключевые слова:** многокритериальные задачи, принятие решений, метод анализа иерархий.

**Mitikhin V.G.**

PhD in Physics and mathematics, leading researcher

FSBNI «Mental health research center», Moscow

## **ON THE ANALYSIS OF DECISION-MAKING PROBLEMS WITH THE HIERARCHICAL STRUCTURE**

**Abstract**

*This article discusses examples of the analysis of multi-criteria decision-making problems with the hierarchical structure shown in a number of papers published in well-known, Russian scientific publications. Collated mistakes authors of these works related with using tools Analytic Hierarchy Process and its modifications.*

**Keywords:** multi-criteria problem, decision-making, analytic hierarchy process.

Иерархические структуры – методологическая основа для решения задач оптимального выбора альтернатив посредством их многокритериального оценивания. Метод анализа иерархий (МАИ или в оригинальном названии автора метода Т. Саати [1-2] – Analytic Hierarchy Process – АНП) вырос в настоящее время в обширный междисциплинарный раздел теории принятия решений, имеющий убедительные математические и психофизические обоснования и многочисленные приложения. На основе МАИ разработана широко известная программная система Expert Choice (см., например, [3] и там же обширная библиография по зарубежным публикациям МАИ).

Следует отметить, что в начале 70-х годов отечественные авторы Б.Н. Брук и В.Н. Бурков [4] предложили метод обработки экспертной информации для упорядочения объектов, который фактически составляет основу аппарата МАИ. Таким образом, более сорок лет МАИ используется во всем мире (см., например, [1-3] и библиографию в этих работах) для поиска решений в разнообразных ситуациях: от управления на межгосударственном уровне до решения отраслевых и частных проблем практически во всех областях: бизнес, промышленность, здравоохранение, образование и т.д. Число статей прикладного характера с решениями задач из разных областей на основе МАИ измеряется тысячами. Начиная с 1988 г. (раз в два года) проводится Международный симпозиум, посвященный МАИ (International Symposium on Analytic Hierarchy Process, ISANP), последний (13-ый по счету) состоялся в июне 2014 г. в Вашингтоне (США).

Однако периодически в научной и методической литературе появляются публикации, в которых рассматриваются «контрпримеры» (в этом плане показательны работы [5-6]), целью которых является демонстрация несостоятельности теоретической базы МАИ (разбор этих работ содержится в наших статьях [7-8]), или «примеры» [9-11] использования МАИ, содержащие досадные неточности и ошибки, искажающие возможности МАИ.

Основные положения МАИ, которые обсуждаются в этих (объединим их в категорию «примеры») примерах: фундаментальная шкала МАИ, дескриптивный и нормативный подходы при сравнении элементов иерархии, свертка по критериям.

Анализ указанных примеров-задач показал, что все основные противоречия для этих задач – мнимые и являются следствием заблуждений авторов относительно использования фундаментальной шкалы МАИ, а также отсутствием понимания условий применения дескриптивного и нормативного подходов в МАИ. Этих ошибок можно было бы избежать при условии внимательного прочтения нескольких страниц работы Т. Саати [2, с. 38-46].

### **1. Фундаментальная шкала МАИ**

Как известно, для решения задач в рамках МАИ экспертами формируются так называемые матрицы парных сравнений  $A = (a_{ij})$ . Элементы матриц  $A$  получаются на основе измерения предпочтений экспертов в шкале отношений, в частности, используется универсальная фундаментальная шкала (в первую очередь она используется для сравнения объектов по качественным критериям). Фундаментальная шкала измерения результатов парных сравнений, используемая в МАИ, была получена на основе базовых соотношений модели нервного возбуждения, которые приводят к известному психофизиологическому закону «стимул-реакция». Эффективность этой шкалы была проверена во многих приложениях (см., прежде всего, работы [1-3]), а также путем сравнения с другими шкалами при решении тестовых практических задач, решения которых были заранее известны.

Для облегчения работы эксперта основные деления фундаментальной шкалы имеют соответствующую смысловую интерпретацию: 1 – равная важность; 3 – слабое превосходство; 5 – превосходство; 7 – сильное превосходство; 9 – абсолютное превосходство; 2, 4, 6, 8 – промежуточные случаи. Шкала содержит и соответствующие обратные значения (для измерения результатов обратных парных сравнений).

Формальное применение фундаментальной шкалы МАИ, которая является шкалой отношений, приводит к следующим типичным примерам (цитируем, например, из работы [9, с. 130]): «...пусть, например, объект  $p_1$

абсолютно превосходит объект  $p_2$  и  $a_{12} = 9$  согласно шкале. Пусть также объект  $p_2$  абсолютно превосходит объект  $p_3$  и, следовательно,  $a_{23} = 9$ . Спрашивается, какое число назовет пользователь в качестве  $a_{13}$  – тоже 9 или 81? Последнее число в шкале отсутствует».

Простое решение этого противоречия состоит в том, что, что если эксперт использует классическую фундаментальную шкалу (1; 9), то он обязан использовать абсолютную степень превосходства (т.е., назвать число 9). При этом, вообще говоря, возникает рассогласование результатов измерений, но это явление связано практически с любыми измерениями, тем более с измерениями на уровне психофизиологических реакций. Если же есть возможность использовать обычную шкалу отношений (например, объекты сравниваются на основе количественного критерия типа «расстояние»), то результат может измеряться в обычной шкале отношений (при этом результат измерения может оказаться практически любой положительной величиной) и при этом возникают «идеально согласованные» матрицы парных сравнений.

Дополнительно отметим, что в МАИ имеются приемы (см., [2]), позволяющие, с одной стороны, осмысленно расширить границы фундаментальной шкалы и перейти от классического случая (1; 9) к интервалу (1;  $\infty$ ), а с другой – повысить точность измерения на любом интервале оценок, используя, например, значения 1.1, 1.2, ..., 1.9 на интервале (1; 2). Ознакомиться с этими процедурами можно по работе Т. Саати [1, с. 38]. Такой подход можно использовать для выявления тонких различий объектов сравнения, а также для еще более тонких, например, на интервале (1.1 ; 1.2).

Отметим, что отсутствие четко описанного измерительного инструмента (доступного любому пользователю) для сравнения объектов, аналогичного фундаментальной шкале МАИ, помешало авторам пионерской работы [4] внедрить свой метод в практику решения многокритериальных задач и, фактически, уступить приоритет в пользу МАИ. В аналогичной ситуации оказались авторы работы [12], предлагающие использовать свой «метод важности критериев», который следует расценивать как весьма неудачную (как по названию, так и по содержанию, на что указывает наш анализ [7-8]) модификацию МАИ, для решения многокритериальных задач. Критику МАИ и, в частности, фундаментальной шкалы, авторы [12] строят на своих ошибочных работах [5-6] и некоторых «требованиях математической теории измерений», известных только этим авторам, но никакого разумного измерительного инструмента (доступного любому пользователю) они предложить не могут. Для иллюстрации «доказательного стиля» авторов работ [5-6; 12] можно привести прямую цитату (например, из работы [6, с. 77]), касающуюся измерений в шкале порядка: «Предположим, что имеется информация о том, что рост предпочтений вдоль шкалы критериев замедляется: при переходе от шкальной оценки  $m$  к оценке  $g$  предпочтения возрастают больше, чем при переходе от оценки  $g$  к  $e$ ...». Весьма интересно, как авторы делают эти измерения в *порядковой* шкале и ещё интереснее, как они смогут изложить этот алгоритм измерения неискушенному пользователю? Но такие измерения роста предпочтений четко описываются в шкале отношений, к которой относится и фундаментальная шкала МАИ, которую авторы указанных работ не считают «научно обоснованной».

Непонимание авторами примеров из работ [5-6; 9; 12] сути и возможностей фундаментальной шкалы, элементарно описанных Т. Саати в [2] буквально на 2-х страницах, приводит их к выводу о несостоятельности МАИ.

## 2. Дескриптивный и нормативный подходы в МАИ

Аргументируя свой выбор дескриптивного подхода для решения примера в статье [5], авторы в следующей статье [6] ссылаются на классическую «задачу о покупке дома» из книги Т. Саати [2, с. 40-44], которая, якобы решается «параллельно двумя подходами». По мнению авторов [6] –упомянутые в книге [2] подходы не что иное, как дескриптивный и нормативный подходы и по логике авторов [5-6] – это означает, что выбор подхода решения задачи в рамках МАИ произволен, если сам Т. Саати подобное демонстрирует.

Здесь авторы статьи [6] допустили элементарную ошибку, они не разобрались в ситуации: «задача о покупке дома» решена с помощью одного дескриптивного подхода, но с использованием двух способов (названные в книге [2, с. 44] – распределенный способ и идеальный способ) вычисления глобальных приоритетов. Различие этих способов состоит в том, что в идеальном способе перед заключительной операцией вычисления глобальных приоритетов (суммирование весов альтернатив по критериям с учетом веса каждого критерия) добавляется нормирование весов по каждому критерию с помощью деления на максимальный вес альтернативы по соответствующему критерию. То есть, при этом нормировании альтернативы получают предварительные веса (по каждому критерию) относительно наилучшей альтернативы (из рассматриваемых альтернатив). Эта операция нормирования и была ошибочно воспринята авторами [6] за использование нормативного подхода.

Для наглядности приведем в таблице 1 основные этапы для дескриптивного (описательного) и нормативного подходов в задачах, решаемых на основе МАИ.

Таблица 1 – Основные этапы для дескриптивного и нормативного подходов МАИ

Этапы Подход	1. Сравнение альтернатив по критериям	2. Сравнение уровней шкал критериев	3. Парное сравнение критериев	4. Вычисление глобальных приоритетов
дескриптивный	есть	нет	есть	есть
нормативный	нет	есть	есть	есть

То есть, первым отличительным признаком нормативного подхода (по сравнению с дескриптивным подходом) является отсутствие этапа 1 (парные сравнения альтернатив по критериям). В «задаче о покупке дома» любой внимательный читатель обнаружит этап 1 (т.е., признак дескриптивного подхода!) в книге [2, с. 43] и, соответственно, не найдет этапа 2.

Добавим, что для корректного применения нормативного подхода должно выполняться необходимое условие: шкалы критериев, а точнее уровни этих шкал, должны быть однозначно описаны. В «задаче о покупке дома» это условие не выполняется, например, для первого критерия: «Размер дома» – это составной, размытый критерий,

который включает: число и размер комнат, подсобную и общую площадь, поэтому в такой постановке задачи возможно использование только дескриптивного подхода.

В книге Т. Саати [2, с. 45-46] сразу после «задачи о покупке дома» приводится «задача о повышении зарплаты служащим», которая решается с помощью нормативного подхода.

Мы приведем по этому поводу лишь одно предложение из работы Т. Саати [2, с. 45]: «Нормативный подход проявляется в использовании экспертных суждений для создания шкалы интенсивностей (лингвистических стандартов), которую можно применять для раздельной оценки вариантов по одному».

Возвращаясь к примеру-1, подробно описанному в статьях [5-8], отметим, что критерии  $f_1$  и  $f_2$  имеют общую ординальную (порядковую) шкалу оценок (однозначных уровней шкалы):  $e$  – отлично,  $g$  – хорошо,  $m$  – посредственно, т.е., такие оценки с очевидностью предполагают сравнение рассматриваемых вариантов с некоторым стандартом по этим критериям. Поэтому выбор здесь нормативного подхода адекватен задаче и, кроме того, обеспечивает ряд полезных характеристик решения и процесса решения, среди которых – сохранение порядка ранжировок при добавлении или удалении альтернатив, сокращение объема операций для получения решения. Поясним последнее: для примера-1 в статье [5] нужно было ранжировать 4 альтернативы, при этом дескриптивный подход потребовал обработки 2-х матриц размера 4 (матрицы парных сравнений 4-х альтернатив по 2-м критериям). Нормативный подход, предложенный в нашей работе [7] для решения этой задачи, использовал обработку лишь одной матрицы размера 3 (матрица парных сравнений 3-х уровней шкалы). Если бы в этой задаче нужно было ранжировать полное число альтернатив, а их – 9, то дескриптивный подход потребует обработки уже 2-х матриц 9-го порядка, а нормативный подход использует ту же самую матрицу 3-го порядка. Очевидно, что рост числа критериев обеспечивает рост числа возможных альтернатив по экспоненте, что делает весьма проблематичным в таких ситуациях использование дескриптивного подхода (и ординальных теорий типа «теории важности критериев»). Напротив, при нормативном подходе максимальный размер матриц парных сравнений при создании шкал интенсивностей определяется только числом уровней шкалы критерия, которое на практике, как правило, не более 10.

Для того чтобы вскрыть основную ошибку авторов [5-6] при решении примера-1 отметим существенный момент приведенного в [5-6] ошибочного решения. А именно: параметры решения  $a$  и  $b$  ( $a$  – степень превосходства в предпочтительности оценки  $e$  над оценкой  $g$ ;  $b$  – степень превосходства оценки  $g$  над оценкой  $m$ ). При этом,  $a > 1$  и  $b > 1$ ) определяют только взаимное соотношение оценок общей ординальной шкалы критериев. Но важная информация о том, что в этой ординальной шкале существует максимальная, абсолютно лучшая оценка ( $e$  – отлично) при выбранном в [5-6] варианте дескриптивного подхода не используется. Для учета этого обстоятельства и получения корректного решения примера-1 необходимо использование нормативного подхода МАИ, что и было сделано нами в работе [7].

### 3. Линейная свертка по критериям в МАИ

Решение многокритериальных задач в МАИ основано на использовании линейной свертки критериев. Здесь мы не будем обсуждать теоретические аспекты условий обоснованности (или необоснованности) этого приема. Цель нашей работы – обсуждение соответствующих «контрпримеров». В частности, в работе [10], посвященной изложению «упрощенного варианта МАИ» на основе нелинейной свертки критериев, рассматривается пример, решение которого на основе «классического» варианта МАИ приводит к результату, противоречащему (по мнению автора [10]) здравому смыслу. Приведем этот пример и его решение в авторской формулировке:

«Предположим, что задача состоит в выборе (например, с целью приобретения) прямоугольного земельного участка из следующих трех вариантов:  $10 * 10$ ;  $5 * 20$  и  $7 * 15$ , измерение производится в каких-то единицах длины. Очевидно, площади двух первых участков одинаковы и меньше площади третьего участка. Нетрудно проверить (например, чисто геометрически), что третий участок (площадь которого максимальна!) ни при каких положительных весах  $w_1, w_2$  критериев, которыми являются длина и ширина участка (выделено курсивом нами), не может оказаться выбранным, если выбор осуществляется при помощи линейной свертки критериев».

На наш взгляд, «противоречие здравому смыслу» здесь базируется на элементарной логической ошибке автора [10]. Действительно, выбор участков производится по критериям длины и ширины, а результат оценивается по другому критерию – площади участка. Заметим, что это качественно другой важный критерий (как с точки зрения обычного пользователя, так и по физической размерности), который в процессе выбора не принимается в расчет (если же площадь участка учитывать в процессе выбора, то никаких противоречий не возникает). В рамках рассматриваемого примера, используя логику автора [10] можно привести еще более яркое «противоречие здравому смыслу»: если сделать участки очень узкими (при той же площади), то можно получить результат в виде участка, на котором в буквальном смысле нельзя стоять без нарушения его границ.

В заключение опишем ещё один пример, который из-за продемонстрированной авторами работы [11] алогичности (понятной на уровне элементарного владения русским языком) стоит вне всякой корректности использования МАИ. Тема статьи [11] достаточно серьёзная: «О стратегии развития и модернизации РАН» и не оставляет возможности для шуток в духе Мигдала-Ландау. Авторы достаточно интересно и грамотно описывают альтернативные стратегии развития и модернизации РАН и предлагают использовать МАИ для решения поставленной задачи выбора оптимальной стратегии. Они приводят следующие соображения в качестве обоснования выбора метода решения: «Метод особенно хорош для решения сложных проблем группой людей и применяется много лет в сотнях зарубежных организаций. Его особенности, достоинства и недостатки также обсуждаются в ряде работ, из которых мы рекомендуем недавние статьи Подиновских». Эти статьи [5-6] выше мы уже обсуждали и для удобства читателя напомним только их названия: «О некорректности метода анализа иерархий» и «Еще раз о некорректности метода анализа иерархий», из которых уже с очевидностью следует, что Подиновские имеют совершенно определенное мнение о МАИ. Остается загадкой, что побудило авторов [11] рекомендовать для знакомства с МАИ статьи [5-6], которые находятся в явном диссонансе (уже хотя бы по названиям!) с работой [11].

### Литература

1. Saaty T.L. The analytic hierarchy process. – N.-Y.: McGraw Hill, 1980. – 288 p.
2. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Изд. ЛКИ, 2008. – 360 с.
3. Ishizaka A., Labib A. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations, ORInsight, 22(4), p. 201–220, 2009.
4. Брук Б.Н., Бурков В.Н. Методы экспертных оценок в задачах упорядочения объектов // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1972, № 3, с. 29 – 39.
5. Подиновский В.В., Подиновская О.В. О некорректности метода анализа иерархий // Проблемы управления. 2011, № 1, с. 8 – 13.
6. Подиновский В.В., Подиновская О.В. Еще раз о некорректности метода анализа иерархий // Проблемы управления. 2012, № 4, с. 75 – 78.
7. Митихин В.Г. Об одном контрпримере для метода анализа иерархий // Проблемы управления. 2012, № 3, с. 77–79.
8. Митихин В.Г. Еще раз о корректности метода анализа иерархий. Материалы IV межд. научно-практ. конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня», 20-21.10.2014, North Charleston, USA, т. 1, с. 188-194.
9. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005, 416 с.
10. Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2004, т. 44, № 7. с. 1261-1270.
11. Вайнмахер А.М., Шмерлинг Д.С. О стратегии развития и модернизации РАН. Материалы XII-го Всероссийского совещания по проблемам управления, Москва 16-19 июня 2014, с. 8004-8011.
12. Подиновская О.В., Подиновский В.В. Анализ иерархических многокритериальных задач принятия решений методами теории важности критериев // Проблемы управления. 2014, № 6, с. 2 – 8.

### References

1. Saaty T.L. The analytic hierarchy process. – N.-Y.: McGraw Hill, 1980. – 288 p.
  2. Saaty, T. L. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process (Second ed.). Pittsburgh, USA, 2001, 350 p.
  3. Ishizaka A., Labib A. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations, ORInsight, 22(4), p. 201–220, 2009.
  4. Bruk B.N., Burkov V.N. Metody ekspertnykh otsenok v zadachakh uporyadocheniya ob"ektov // Izvestiya AN SSSR. Tekhnicheskaya kibernetika. 1972, № 3, s. 29 – 39.
  5. Podinovski V.V., Podinovskaya O.V. On the theoretical incorrectness of the analytic hierarchy // Control Sciences, 2011, № 1, p. 8-13.
  6. Podinovski V.V., Podinovskaya O.V. Another note on the incorrectness of the analytic hierarchy // Control Sciences, 2012, № 4, p. 8-13.
  7. Mitikhin V.G. On a counterexample for the analytic hierarchy process // Control Sciences, 2012, № 3, p. 77-79.
  8. Mitikhin V.G. Eshche raz o korrektnosti metoda analiza ierarkhii. Materialy IV mezhd. nauchno-prakt. konferentsii «Fundamental'nye i prikladnye nauki segodnya», 20-21.10.2014, North Charleston, USA, t. 1, s. 188-194.
  9. Chernorutskii I.G. Metody prinyatiya reshenii. – SPb.: BKhV-Peterburg, 2005, 416 s.
  10. Nogin V.D. Uproshchennyi variant metoda analiza ierarkhii na osnove nelineinoi svertki kriteriev // Zh. vychisl. matem. i matem. fiz., 2004, t. 44, № 7. s. 1261-1270.
  11. Vainmakher A.M., Shmerling D.S. O strategii razvitiya i modernizatsii RAN. Materialy XII-go Vserossiiskogo soveshchaniya po problemam upravleniya, Moskva 16-19 iyunya 2014, s. 8004-8011.
  12. Podinovskaya O.V., Podinovski V.V. Analysis of hierarchical multicriterial decision making problems using methods of criteria importance theory // Control Sciences, 2014, № 6, p. 2-8.
-



Нейматов Н.А.

Диссертант, Институт Математики и Механики НАН Азербайджана

НЕКОТОРЫЕ ВАРИАНТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫХ  
ФУНКЦИЙ ВЕСОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

Аннотация

В работе построены некоторые функциональные пространства дифференцируемых функций многих переменных и построенных весовых пространств.

**Ключевые слова:** пространства, вес, вектор, полурога, полунорма.

Neymatov N.A.

Author of dissertation, Institute of Mathematics and Mechanics of NAN of Azerbaijan

SOME OPTIONS OF INTEGRATED REPRESENTATIONS DIFFERENTIABLE  
FUNCTIONS OF WEIGHT SPACES

Abstract

In work some functional spaces of differentiable functions of many variables and the constructed weight spaces are constructed.

**Keywords:** spaces, everything, a vector, semihorns, seminorm.

## § 1. Построение усредняющей функции

Предполагаем, что функция  $f = f(x)$  ( $x = (x_1, \dots, x_n) \in E_n$ ) достаточно гладкой в точках  $x \in G \subset E_n$ .  
Займемся построением усредняющей функции. Положим, что

$$K_\delta = K_\delta(t) \quad (\delta = +1 \text{ либо } \delta = -1) \quad (1.1)$$

является достаточно гладкой, финитной в  $E_1$ , такой что носитель этой функции подчиняется условиям:

$$\begin{cases} \text{supp } K_\delta(t) \subset (0, 1] & \text{при } \delta = +1, \\ \text{supp } K_\delta(t) \subset [-1, 0) & \text{при } \delta = -1, \end{cases} \quad (1.2)$$

при этом положим, что

$$\int_{E_1} K_\delta(t) dt = 1. \quad (1.3)$$

Обозначим через

$$\eta_\delta(t) = \frac{t^{\gamma-1}}{(\gamma-1)!} \int_{-1}^t K_\delta(\xi) d\xi, \quad (1.4)$$

где  $\gamma > 0$  - является достаточно большим целым числом.

Теперь положим, что вектор  $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_n)$  с координатами

$$\delta_k = +1 \text{ либо } \delta_k = -1 \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (1.6)$$

Пусть

$$\omega_{\delta_k}(t_k) = D^{\gamma_k} \eta_{\delta_k}(t_k) \quad (1.7)$$

при этом (см. (1.4))

$$\eta_{\delta_k}(t_k) = \frac{t_k^{\gamma_k-1}}{(\gamma_k-1)!} \int_{-1}^{t_k} K_{\delta_k}(\xi_k) d\xi_k. \quad (1.8)$$

Пусть (см. (7), (8))

$$\omega_\delta(t) = \prod_{k=1}^n \omega_{\delta_k}(t_k) \quad (1.9)$$

при  $t = (t_1, \dots, t_n)$ .

Положим, что вектор-функция

$$\Psi(x, h) = (\Psi_1(x, h), \dots, \Psi_n(x, h)) \quad (1.10)$$

с координатами – функциями

$$\Psi_k = \Psi_k(x, h) \quad (x \in E_n, h > 0) \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (1.11)$$

удовлетворяет условия:

1)  $\Psi_k = \Psi_k(x, h) > 0$ ,  $\lim_{h \rightarrow 0+} \Psi_k(x, h) = 0$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ );

2)  $\Psi_k = \Psi_k(x, h)$  являются непрерывными по  $x \in E_n$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ );

3)  $\Psi_k = \Psi_k(x, h)$  являются дифференцируемыми по  $h > 0$ , при этом (при всех  $k = 1, 2, \dots, n$ )  $\frac{\partial}{\partial h} \Psi_k(x, h) > 0$

(конечны) при  $x \in E_n$ ,  $h > 0$ .

Теперь обозначим через

$$\frac{1}{\Psi(x, h)} \omega_{\delta} \left( \frac{y}{\Psi(x, h)} \right) = \prod_{k=1}^n \frac{1}{\Psi_k(x, h)} \omega_{\delta_k} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, h)} \right) \quad (1.12)$$

при  $x, y \in E_n$ , где

$$\frac{y}{\Psi(x, h)} = \left( \frac{y_1}{\Psi_1(x, h)}, \dots, \frac{y_k}{\Psi_k(x, h)} \right). \quad (1.13)$$

Пусть вектор

$$v = (v_1, \dots, v_n) \quad (1.14)$$

является вектором с целыми неотрицательными координатами (т.е.  $v_k \geq 0$  ( $k = 1, \dots, n$ )-целые).

Приведено усреднение достаточно гладкой функции

$$D^v f(x) = D_1^{v_1} \dots D_n^{v_n} f(x_1, \dots, x_n) = \frac{\partial^{|v|} f(x_1, \dots, x_n)}{\partial x_1^{v_1} \dots \partial x_n^{v_n}}, \quad (1.15)$$

с помощью ядра (1.12), равенством:

$$F(x; \Psi(x, h)) = (D^v f(x))_{\Psi(x, h)} \stackrel{\text{def}}{=} \int_{E_n} D^v f(x+y) \frac{1}{\Psi(x, h)} \omega_{\delta} \left( \frac{y}{\Psi(x, h)} \right) dy. \quad (1.16)$$

Заметим, что после замены переменных

$$\frac{y_k}{\Psi_k(x, h)} = y_k^* \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (1.17)$$

имеем

$$\int_{E_n} D^v f(x+y) \frac{1}{\Psi(x, h)} \omega_{\delta} \left( \frac{y}{\Psi(x, h)} \right) dy = \int_{E_n} D^v f(x+y^* \Psi(x, h)) \omega_{\delta}(y^*) dy^*, \quad (1.18)$$

где  $y^* \Psi(x, h) = (y_1^* \Psi_1(x, h), \dots, y_n^* \Psi_n(x, h))$ . Из (1.18) получим

$$\lim_{h \rightarrow 0+} F(x; \Psi(x, h)) = \lim_{h \rightarrow 0+} \int_{E_n} D^v f(x+y^* \Psi(x, h)) \omega_{\delta}(y^*) dy^* = D^v f(x) \int_{E_n} \omega_{\delta}(y^*) dy^*. \quad (1.19)$$

Легко убедиться (см. (1.3)) в том, что

$$\int_{E_n} \omega_{\delta}(y^*) dy^* = 1. \quad (1.20)$$

Из двух равенств (1.19), (1.20) следует, что

$$\lim_{h \rightarrow 0+} F(x; \Psi(x, h)) = D^v f(x) \quad (1.21)$$

в некоторой точке  $x \in E_n$ .

Теперь приведем вторичные усреднения функций  $y = D^v f(x)$ , равенством

$$\begin{aligned} \check{F}(x; \Psi(x, h)) &= (F(x; \Psi(x, h)))_{\Psi(x, h)} = \\ &\stackrel{\text{def}}{=} \int_{E_n} dz \int_{E_n} D^v f(x+y+z) \frac{1}{\Psi(x, h)} \omega_{\delta} \left( \frac{y}{\Psi(x, h)} \right) \frac{1}{\Psi(x, h)} \omega_{\delta} \left( \frac{z}{\Psi(x, h)} \right) dy \end{aligned} \quad (1.22)$$

Аналогично доказательству равенства (1.21) можно убедиться в том, что

$$\lim_{h \rightarrow 0+} \check{F}(x; \Psi(x, h)) = D^v f(x). \quad (1.23)$$

## § 2. Основное тождество.

Из основной формулы интегрального исчисления

$$\int_{h_0}^h \frac{\partial}{\partial v} \check{F}(x; \Psi(x, v)) dv = \check{F}(x; \Psi(x, h)) - F(x; \Psi(x, h_0)) \quad (2.1)$$

при  $h_0 \rightarrow 0+$  следует основное тождество

$$D^v f(x) = \check{F}(x; \Psi(x, h)) - \int_0^h \frac{\partial}{\partial v} \check{F}(x; \Psi(x, v)) dv. \quad (2.2)$$

Равенство (2.2) является основой при доказательстве интегрального представления функции  $f = f(x)$ .

2.1. Заметим, что (после простых рассуждений) выражение

$$\frac{\partial}{\partial v} \check{F}(x; \Psi(x, v))$$

из равенства (2.2) записывается (см. 1.22) в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \nu} \check{F}(x; \Psi(x, \nu)) = \int_{E_n} dz \int_{E_n} D^\nu f(x + y + z) \left[ \frac{\partial}{\partial \nu} \left\{ \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{z}{\Psi(x, \nu)} \right) \right\} \right] \times \\ \times \left\{ \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{y}{\Psi(x, \nu)} \right) \right\} dy + \int_{E_n} dz \int_{E_n} D^\nu f(x + y + z) \left[ \frac{\partial}{\partial \nu} \left\{ \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{y}{\Psi(x, \nu)} \right) \right\} \right] \times \\ \times \left\{ \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{z}{\Psi(x, \nu)} \right) \right\} dy, \end{aligned}$$

откуда следует, что в последнем равенстве, в правой части стоит сумма двух одинаковых интегральных выражений, т.е.

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \nu} \check{F}(x; \Psi(x, \nu)) = 2 \int_{E_n} \int_{E_n} D^\nu f(x + y + z) \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{z}{\Psi(x, \nu)} \right) \times \\ \times \frac{\partial}{\partial \nu} \left\{ \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{y}{\Psi(x, \nu)} \right) \right\} dy dz. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Если учесть равенства

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \nu} \left\{ \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{y}{\Psi(x, \nu)} \right) \right\} = \\ = \sum_{k=1}^n \left\{ \prod_{j \neq k} \frac{1}{\Psi_j(x, \nu)} \omega_{\delta_j} \left( \frac{y_j}{\Psi_j(x, \nu)} \right) \right\} \frac{\partial}{\partial \nu} \left\{ \frac{1}{\Psi_k(x, \nu)} \omega_{\delta_k} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) \right\}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

тогда имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \nu} \check{F}(x; \Psi(x, \nu)) = 2 \sum_{k=1}^n \int_{E_n} \int_{E_n} D^\nu f(x + y + z) \frac{1}{\Psi(x, \nu)} \omega_\delta \left( \frac{z}{\Psi(x, \nu)} \right) \times \\ \times \left\{ \prod_{j \neq k} \frac{1}{\Psi_j(x, \nu)} \omega_{\delta_j} \left( \frac{y_j}{\Psi_j(x, \nu)} \right) \right\} \frac{\partial}{\partial \nu} \left[ \frac{1}{\Psi_k(x, \nu)} \omega_{\delta_k} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) \right] dy. \end{aligned} \quad (2.5)$$

В этом равенстве (2.5), из интегральных операторов, стоящих в правой части, выделяем под интегральный множитель

$$J_k = \frac{\partial}{\partial \nu} \left[ \frac{1}{\Psi_k(x, \nu)} \omega_{\delta_k} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) \right], \quad (2.6)$$

который перепишем в виде:

$$J_k = \frac{1}{y_k} \frac{\partial}{\partial \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right)} \left\{ \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \omega_{\delta_k} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) \right\} \frac{\partial}{\partial \nu} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) \quad (2.7)$$

следовательно, имея в виду, что

$$\frac{\partial}{\partial \nu} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) = - \frac{y_k \frac{\partial}{\partial \nu} \Psi_k(x, \nu)}{(\Psi_k(x, \nu))^2}$$

получим

$$J_k = - \frac{\frac{\partial}{\partial \nu} \Psi_k(x, \nu)}{(\Psi_k(x, \nu))^2} \frac{\partial}{\partial \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right)} \left\{ \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \omega_{\delta_k} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) \right\}. \quad (2.8)$$

Теперь обозначим через  $\xi_k = \frac{y_k}{\Psi_k(x, \nu)}$ , тогда равенство (2.8) переобозначается в виде

$$J_k = - \frac{\frac{\partial}{\partial \nu} \Psi_k(x, \nu)}{(\Psi_k(x, \nu))^2} \frac{\partial}{\partial \xi_k} \left\{ \xi_k \omega_{\delta_k}(\xi_k) \right\}. \quad (2.9)$$

Второй множитель, в правой части равенства (2.9), преобразуется следующим образом (см. (1.7))

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial \xi_k} \{ \xi_k \omega_{\delta_k}(\xi_k) \} &= \xi_k \omega'_{\delta_k}(\xi_k) + \omega_{\delta_k}(\xi_k) = \xi_k \left( \eta_{\delta_k}^{(\gamma_k)}(\xi_k) \right)' + \eta_{\delta_k}^{(\gamma_k)}(\xi_k) = \\
&= \xi_k \left( \eta'_{\delta_k}(\xi_k) \right)^{(\gamma_k)} + \gamma_k \left( \eta'_{\delta_k}(\xi_k) \right)^{(\gamma_k-1)} - (\gamma_k - 1) \eta_{\delta_k}^{(\gamma_k)}(\xi_k) = \\
&= \left( \xi_k \eta'_{\delta_k}(\xi_k) \right)^{(\gamma_k)} - (\gamma_k - 1) \eta_{\delta_k}^{(\gamma_k)}(\xi_k) = D^{\gamma_k} \left\{ \xi_k \eta'_{\delta_k}(\xi_k) - (\gamma_k - 1) \eta_{\delta_k}(\xi_k) \right\}
\end{aligned} \quad (2.10)$$

т.е. имеет место равенство  $\frac{\partial}{\partial \xi_k} \{ \xi_k \omega_{\delta_k}(\xi_k) \} = D^{\gamma_k} \left\{ \xi_k \eta'_{\delta_k}(\xi_k) - (\gamma_k - 1) \eta_{\delta_k}(\xi_k) \right\}$ .

Выражение в фигурных скобках, правой части равенства (2.10), имеет следующий вид (см. (1.8)):

$$\begin{aligned}
\xi_k \eta'_{\delta_k}(\xi_k) - (\gamma_k - 1) \eta_{\delta_k}(\xi_k) &= \xi_k \left\{ \frac{(\gamma_k - 1) \xi_k^{\gamma_k-2}}{(\gamma_k - 1)!} \int_{-1}^{\xi_k} K_{\delta_k}(t) dt + \frac{\xi_k^{\gamma_k-1}}{(\gamma_k - 1)!} K_{\delta_k}(\xi_k) \right\} - \\
&- (\gamma_k - 1) \left\{ \frac{\xi_k^{\gamma_k-1}}{(\gamma_k - 1)!} \int_{-1}^{\xi_k} K_{\delta_k}(t) dt \right\} = \frac{\xi_k^{\gamma_k}}{(\gamma_k - 1)!} K_{\delta_k}(\xi_k) \stackrel{dif}{=} \sigma_{\delta_k}(\xi_k).
\end{aligned} \quad (2.11)$$

Из двух равенств (2.9) и (2.11) имеет:

$$J_k = - \frac{\partial}{\partial v} \frac{\Psi_k(x, v)}{(\Psi_k(x, v))^2} \sigma_{\delta_k}^{(\gamma_k)} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, v)} \right), \quad (2.12)$$

где функция  $\sigma_{\delta_k} = \sigma_{\delta_k}(\xi_k)$  определена равенством (2.11) является достаточно гладкой и финитной функцией в  $E_1$ . В равенстве (2.5), учитывая (2.12), получим

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial v} \check{F}(x; \Psi(x, v)) &= -2 \sum_{k=1}^n \frac{\frac{\partial}{\partial v} \Psi_k(x, v)}{\Psi_k(x, v)} \int_{E_n} \int_{E_n} D^v f(x + y + z) \times \\
&\times \left\{ \frac{1}{\Psi(x, v)} \omega_{\delta} \left( \frac{z}{\Psi(x, v)} \right) \left[ \frac{1}{\Psi_k(x, v)} \sigma_{\delta_k}^{(\gamma_k)} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, v)} \right) \right] \right\} \prod_{j \neq k} \left\{ \frac{1}{\Psi_j(x, v)} \omega_{\delta_j} \left( \frac{y_j}{\Psi_j(x, v)} \right) \right\} dy dz.
\end{aligned} \quad (2.13)$$

Этого равенство (2.13) записываем коротко в виде

$$\frac{\partial}{\partial v} \check{F}(x; \Psi(x, v)) = -2 \sum_{k=1}^n \frac{\frac{\partial}{\partial v} \Psi_k(x, v)}{\Psi_k(x, v)} Q_k(x, v; f), \quad (2.14)$$

где

$$\begin{aligned}
Q_k(x, v; f) &= \int_{E_n} \int_{E_n} D^v f(x + y + z) \left\{ \frac{1}{\Psi(x, v)} \omega_{\delta} \left( \frac{z}{\Psi(x, v)} \right) \right\} \times \\
&\times \left\{ \frac{1}{\Psi_k(x, v)} \sigma_{\delta_k}^{(\gamma_k)} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, v)} \right) \prod_{j \neq k} \frac{1}{\Psi_j(x, v)} \omega_{\delta_j} \left( \frac{y_j}{\Psi_j(x, v)} \right) \right\} dy dz.
\end{aligned} \quad (2.15)$$

при всех  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Заметим, что интегральные операторы  $Q_k(x, v; f)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) из (2.15) представляются в виде произведений интегральных операторов, точнее представляются в виде последовательного применения «одномерных интегральных операторов» в виде:

$$Q_k(x, v; f) = Q_{k,1} \cdots Q_{k,n} f(x) \quad (k = 1, 2, \dots, n), \quad (2.16)$$

где при каждом  $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ .

$$\begin{aligned}
Q_{k,j} g(\dots, x_j, \dots) &= \int_{E_1} \int_{E_1} D_j^{v_j} g(\dots, x_j + y_j + z_j, \dots) \frac{1}{\Psi_j(x, v)} \omega_{\delta_j} \left( \frac{y_j}{\Psi_j(x, v)} \right) \times \\
&\times \frac{1}{\Psi_j(x, v)} \omega_{\delta_j} \left( \frac{z_j}{\Psi_j(x, v)} \right) dy_j dz_j
\end{aligned} \quad (2.17)$$

в случае  $j \neq k$ , а в случае  $j = k$  имеем

$$Q_{k,k} g(\dots, x_k, \dots) = \int_{E_1} \int_{E_1} D_k^{v_k} g(\dots, x_k + y_k + z_k, \dots) \frac{1}{\Psi_k(x, v)} \sigma_{\delta_k}^{(\gamma_k)} \left( \frac{y_k}{\Psi_k(x, v)} \right) \times$$

$$\times \frac{1}{\Psi_k(x, v)} \omega_{\delta_k} \left( \frac{z_k}{\Psi_k(x, v)} \right) dy_k dz_k. \quad (2.18)$$

2.2. Преобразования интегральных операторов  $Q_{k,j}(x, v; f) (j \neq k)$  и  $Q_{k,k}(x, v; f)$  при всех  $k = 1, 2, \dots, n$  (см. (2.17) и (2.18)). Напомним, что при каждом  $k \in \{1, 2, \dots, n\}$

$$Q_k = Q_k(x, v; f) = Q_{k,1} \cdots Q_{k,n} f(x). \quad (2.19)$$

Пусть

$$\left. \begin{aligned} m^k &= (m_1^k, \dots, m_n^k) \\ N^k &= (N_1^k, \dots, N_n^k) \end{aligned} \right\} (k = 1, 2, \dots, n) \quad (2.20)$$

«целочисленные неотрицательные векторы», т.е.

$$\left\{ \begin{aligned} m_j^k &\geq 0 \\ N_j^k &\geq 0 \end{aligned} \right. (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.21)$$

являются целыми при всех  $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ . Положим, что

$$m_k^k + N_k^k > 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (2.22)$$

Пусть «целочисленный неотрицательный вектор»

$$v = (v_1, \dots, v_n) \quad (2.23)$$

связан с векторами (2.20) условием «\* -согласования» в виде

$$\left\{ \begin{aligned} v_k &< m_k^k + N_k^k, \\ v_j &\geq m_j^k + N_j^k \quad (j \neq k) \end{aligned} \right\} (k = 1, 2, \dots, n). \quad (2.24)$$

В равенствах (2.19) фиксируем некоторое число  $k \in \{1, 2, \dots, n\}$  и каждый интегральный оператор из

$$\left\{ \begin{aligned} Q_{k,j} g(\dots, x_j, \dots) \quad (j \neq k), \\ Q_{k,k} g(\dots, x_k, \dots) \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

преобразуем в отдельности.

1. Преобразование интегрального оператора  $Q_{k,k} g$ .

2. Преобразования интегральных операторов  $Q_{k,j} g (j \neq k)$ .

3. В условиях  $m_k^k - v_k > 0$ , производя замену переменных  $y_k + z_k = y_k^*$ , после соответствующих преобразований.

4. При фиксированном  $k \in e_n = \{1, 2, \dots, n\}$  в случае  $j \neq k$ , в предположении  $N_j^k = 0 (j \neq k)$  в условиях  $v_j \geq m_j^k (j \neq k)$ , после замены переменных  $y_i + z_i = y_j^* (j \neq k)$ , имеем

$$Q_{k,j} g(\dots, x_j, \dots) = \frac{(-1)^{m_j^k - v_j} c_j^*}{(\Psi_j(x, v))^{1 - m_j^k + v_j}} \int_{E_1} D_j^{m_j^k} g(\dots, x_j + y_j^*, \dots) \Phi_{k, \delta_j} \left( \frac{y_j^*}{\Psi_j(x, v)} \right) dy_j^*, \quad (2.26)$$

где ядро определяется формулой

$$\Phi_{k, \delta_j}(y_j^*) = \int_{E_1} \omega_{\delta_j}^{(v_j - m_j^k)}(y_j^* - z_j) \omega_{\delta_j}(z_j) dz_j \quad (2.27)$$

при  $N_j^k = 0 (j \neq k) (k \in e_n = \{1, 2, \dots, n\})$ .

5. Преобразование интегрального оператора при  $N_k^k \neq 0 (k \in e_n = \{1, 2, \dots, n\})$ .

6. Преобразование интегрального выражения, при  $N_j^k \neq 0 (j \neq k) (k \in \{1, 2, \dots, n\})$ , ведется аналогичными рассуждениями, приведенными при преобразовании интегрального оператора при  $N_k^k \neq 0$ .

7. Теперь окончательную форму интегральных операторов

$$Q_k(x, v; f) = Q_{k,1} \cdot Q_{k,2} \cdots Q_{k,n} f \quad (2.28)$$

получаем применением (последовательно) интегральных операторов  $Q_{k,j} g(\dots, x, \dots)$ , определенных первов равенствами

$$Q_{k,k}g(...,x_k,...) = \frac{(-1)^{m_k^k - \nu_k} c_k}{(\Psi_k(x, \nu))^{1-m_k^k + \nu_k}} \int_{E_1} D_k^{m_k^k} g(...,x_k + y_k^*,...) \Phi_{k,\delta_k} \left( \frac{y_k^*}{\Psi_k(x, \nu)} \right) dy_k^* \quad (2.29)$$

$$Q_{k,j}g(...,x_j,...) = \frac{(-1)^{m_j^k - \nu_j} c_j^*}{(\Psi_j(x, \nu))^{1-m_j^k + \nu_j}} \int_{E_1} D_j^{m_j^k} g(...,x_j + y_j^*,...) \Phi_{k,\delta_j} \left( \frac{y_j^*}{\Psi_j(x, \nu)} \right) dy_j^* \quad (2.30)$$

в случае  $N_j^k = 0$  и определенных равенствами

$$Q_{k,k}g(...,x_k,...) = \frac{(-1)^{m_k^k - \nu_k} (N_k^k)^{N_k^k}}{(\Psi_k(x, \nu))^{2-m_k^k + \nu_k}} \times \\ \times \int_{E_1} dz_k \int_{E_1} \Delta_k^{N_k^k} \left( \frac{z_k}{N_k^k} \right) D_k^{m_k^k} g(...,x_k + y_{k,N_k^k},...) \Phi_{k,\delta_k,N_k^k} \left( \frac{y_{k,N_k^k}}{\Psi_k(x, \nu)}; \frac{z_k}{\Psi_k(x, \nu)} \right) dy_{k,N_k^k} \quad (2.31)$$

$$Q_{k,j}g(...,x_j,...) = \frac{(-1)^{m_j^k - \nu_j} (N_j^k)^{N_j^k}}{(\Psi_j(x, \nu))^{2-m_j^k + \nu_j}} \times \\ \times \int_{E_1} dz_j \int_{E_1} \Delta_j^{N_j^k} \left( \frac{z_j}{N_j^k} \right) D_j^{m_j^k} g(...,x_j + y_{j,1},...) \Phi_{k,\delta_j,N_j^k} \left( \frac{y_{j,N_j^k}}{\Psi_j(x, \nu)}; \frac{z_j}{\Psi_j(x, \nu)} \right) dy_{j,N_j^k} \quad (2.32)$$

в случае  $N_j^k \neq 0$ . После соответствующих вычислений имеем окончательную форму интегральных операторов в виде:

$$Q_k(x, \nu; f) = \frac{(-1)^{|m^k - \nu|} c_k}{\prod_{j=1}^n (\Psi_j(x, \nu))^{1-m_j^k + \nu_j} \prod_{j \in \mathcal{E}_{N^k}} \Psi_j(x, \nu)} \times \\ \times \int_{E_{\mathcal{E}_{N^k}}} dz \int_{E_n} \left\{ \Delta_j^{N_j^k} \left( \frac{z}{N_j^k} \right) D_j^{m_j^k} f(x + y) \right\} \Phi_{k,\delta} \left( \frac{y}{\Psi(x, \nu)}; \frac{z}{\Psi(x, \nu)} \right) dy. \quad (2.33)$$

### Литература

1. С.Л.Соболев. Некоторые применения функционального анализа в математической физике. Из-во ЛГУ, 1950 г.
2. О.В.Бесов, В.П.Ильин, С.М.Никольский. Интегральные представления функций и теоремы вложения. Москва, из-во «Наука», 1975 г.
3. С.М.Никольский. Приближение функций многих переменных и теоремы вложения. Москва, из-во «Наука», 1977 г.
4. Ф.Г.Максудов, А.Дж.Джабраилов. Метод интегральных представлений в теории пространств. Баку, из-во, «Элм», 2000 г.
5. А.Дж.Джабраилов. Теория пространств дифференцируемых функций. Труды ИММАН Азерб.Республики (вып.ХП), Баку, «Элм», 2005 г.
6. Т.И.Аманов. Пространства дифференцируемых функций с доминирующей смещенной производной. Алма-Ата, «Наука», 1976 г.

### References

1. S.L.Sobolev. Nekotorye primenenija funkcional'nogo analiza v matematicheskoj fizike. Iz-vo LGU, 1950 g.
2. O.V.Besov, V.P.Il'in, S.M.Nikol'skij. Integral'nye predstavlenija funkcij i teoremy vlozhenija. Moskva, iz-vo «Nauka», 1975 g.
3. S.M.Nikol'skij. Priblizhenie funkcij mnogih peremennnyh i teoremy vlozhenija. Moskva, iz-vo «Nauka», 1977 g.
4. F.G.Maksudov, A.Dzh.Dzhabrailov. Metod integral'nyh predstavlenij v teorij prostranstv. Baku, iz-vo, «Jelm», 2000 g.
5. A.Dzh.Dzhabrailov. Teorija prostranstv differenciruemyh funkcij. Trudy IMMAN Azerb.Respubliki (vyp.XII), Baku, «Jelm», 2005 g.
6. T.I.Amanov. Prostranstva differenciruemyh funkcij s dominirujushhej smeshhennoj proizvodnoj. Alma-Ata, «Nauka», 1976 g.

Пивцаев А.А.<sup>1</sup>, Разов В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, лаборант, <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент,  
Дальневосточный федеральный университет

**ВРЕМЯ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНИЯ В АНТИОКСИДАНТАХ И КАНЦЕРОГЕНАХ**

*Аннотация*

*Метод позитронной аннигиляционной временной спектроскопии в изучении времени жизни позитрония в веществах канцерогенах и антиоксидантах. Данный метод основывается на электрофильной природе канцерогенов и полной противоположности им – антиоксидантам, и чувствительности метода ПАВС - изменение времени жизни позитрония, в зависимости от электронной плотности окружения. Рассматриваются различия аннигиляционных временных характеристик некоторых канцерогенов и антиоксидантов.*

**Ключевые слова:** канцерогены, антиоксиданты, позитроний, позитронная аннигиляционная временная спектроскопия.

Pivtsaev A.A.<sup>1</sup>, Razov V.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Postgraduate student, laboratorian, <sup>2</sup> PhD in Physics and mathematics, associate professor, Far Eastern federal university

# LIFETIME OF POSITRONIUM IN ANTI-OXIDANTS AND CARCINOGENS

## Abstract

*The method of positron annihilation lifetime spectroscopy in the study of the lifetime of positronium in the substance is carcinogenic and anti-oxidants. This method is based on the nature of the electrophilic carcinogens and a complete contrast - antioxidants, and the sensitivity of the method PAVS - change in the lifetime of positronium, depending on the electron density of the environment. We discuss the differences annihilation temporal characteristics of some carcinogens and antioxidants.*

**Keywords:** carcinogens, antioxidants, positronium, positron annihilation lifetime spectroscopy.

Биохимические исследования [1] показали, что канцерогенно-мутагенное действие проникших в организм самых разных химических соединений в первую очередь обусловлено их сильной электрофильностью, т. е. способностью эффективно акцептировать электроны биологически важных молекул - ДНК, ферментов. Как известно, свободные радикалы образуются в организме в результате метаболизма кислорода и представляют собой молекулы с не спаренным электроном на молекулярной или внешней атомной орбите и обладающие высокой реакционной способностью. Благодаря высокой электрофильности, свободные радикалы оказывают повреждающее действие на белки и липиды клетки и клеточных мембран, в частности, могут вызывать модификацию нуклеиновых кислот и ферментов, изменение структур и свойств гормонов и их рецепторов.

Существуют и вещества, останавливающие свободнорадикальные реакции – это вещества антиоксиданты. И нами предположено, что если все канцерогены являются сильно электрофильными, то время жизни позитрония (Ps), в таких веществах, должно быть мало по сравнению с его собственным и со временем жизни в других веществах, не относящихся к канцерогенам. В антиоксидантах время жизни Ps должно быть значительно выше его собственного времени жизни.

В нашей лаборатории была исследована и показана возможность использования метода позитронной аннигиляционной временной спектроскопии (ПАВС) для быстрого и эффективного выявления канцерогенных свойств веществ, по значению долгоживущей временной компоненты  $\tau_3$  атома позитрония [2]. Граничным значением между веществами канцерогены и не канцерогены является  $\tau_3 = (1,005 \pm 0,005)$  нс. Данное значение было получено при исследовании явных канцерогенов, сильных и слабых электрофилов.

Ряд начинался (слева) с очень сильных канцерогенов [3], первым из которых стоит  $C_{21}H_{20}BrN_3$ , с  $\tau_3 = 0,590$  нс, а последним из них  $AlF_3$ , с  $\tau_3 = 0,990$  нс (очень слабый канцероген). Затем располагается группа веществ, которые не являются канцерогенами. Начинается она  $C_2H_6OS$ , с  $\tau_3 = 1,115$  нс, и завершает её -  $CH_2Cl_2$ , с  $\tau_3 = 1,475$  нс. Примерной границей (маркёром) между этими двумя группами – канцерогены и не канцерогены, является значение  $\tau_3 = (1,005 \pm 0,005)$  нс.

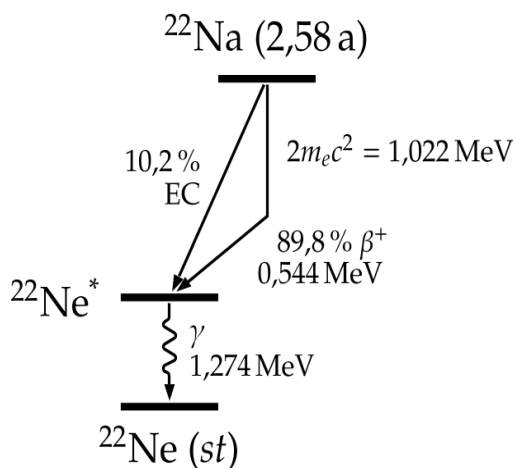
И в дальнейшем исследовании было предположено, что время жизни позитрония в антиоксидантах должно быть гораздо больше, чем в канцерогенах. Это явление должно быть схоже с предотвращением свободнорадикальных реакций, путём отдачи позитрону своего электрона, для образования позитрония.

В данной работе методом ПАВС исследовались канцерогены и антиоксиданты для того, чтобы: рассмотреть различие временных характеристик позитрония в данных веществах.

## Материалы и методы.

Метод позитронной аннигиляционной временной спектроскопии (ПАВС) основан на измерении времени жизни позитрония – время между образованием позитрония и уничтожением позитрония с испусканием двух гамма квантов. Позитроний (Ps) это водородоподобный атом позитрон-электрон, который образует позитрон с электронами окружения при попадании в исследуемое вещество.



Рис.1 – Схема распада источника  $^{22}\text{Na}$ 

Для использования метода ПАВС необходим спектрометр быстро-быстрых совпадений PAL «ORTEC», содержащий источник позитронов  $^{22}\text{Na}$ , рисунок 1.

Суть метода в определении времени жизни позитрония - в измерении скорости счета запаздывающих совпадений между ядерным  $\gamma$ -квантом с энергией 1,28 МэВ (старт – начало отсчета времени) и одним из  $\gamma$ -квантов с энергией 0,511 МэВ, испущенных при аннигиляции позитрония (стоп-сигнал). Получаемый при съеме спектр представляет собой суперпозицию нескольких спектров с различными временами жизни, рис.2. Спектр обрабатывается программой Palsfit. [4]

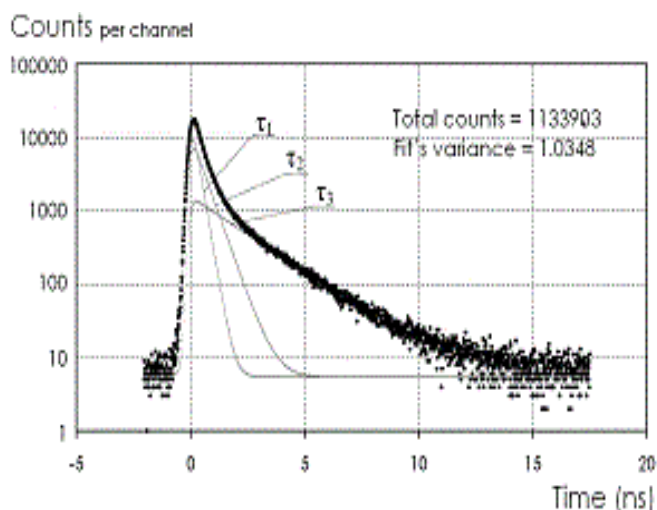


Рис. 2 – Аннигиляционный спектр

Для решения поставленной цели были выбраны канцерогены:  $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{BrN}_3$ ,  $\text{CCl}_4$ , и антиоксиданты: витамин Е и бета-каротин, и нейтральное вещество  $\text{H}_2\text{O}$ , в котором время жизни позитрония близко к собственному.

Измерения проводились на спектрометре быстро-быстрых совпадений PAL «ORTEC», использовался радиоактивного источника  $^{22}\text{Na}$  с активностью ~300 кБк, аппаратное разрешение, рассчитанное по временной линии  $^{60}\text{Co}$ , составило  $187 \pm 7$  пс.

### Результаты

Полученные, после обработки спектров, аннигиляционные временные данные веществ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение времени жизни  $\tau_3$  позитрония

Вещество	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{BrN}_3$	$\text{CCl}_4$	$\text{H}_2\text{O}$	Betta-carrotin	Vitamin E
$\tau_3$ (нс)	0,591	0,909	1,230	2,011	2,101

### Обсуждения

Исходя из полученных выше данных видно, что метод позитронной аннигиляционной временной спектроскопии эффективно определил все исследованные вещества – канцерогены, нейтральное и антиоксиданты, по значению долгоживущей временной компоненты  $\tau_3$ .

Практические данные подтверждают теоретические предположения. При попадании в антиоксидант к позитрону присоединяется электрон окружения (электрон самого вещества) и и более на него практически ничего не воздействует. Таким образом время жизни Ps значительно выше собственного времени жизни и тем более в канцерогенах. При попадании позитрона в канцероген ему самостоятельно необходимо «оторвать» электрон от атома,

у которого итак их недостает и вследствие чего происходит потеря энергии позитрона. Вследствие этого образованный позитроний имеет маленькую энергию и быстро происходит аннигиляция – уничтожение Ps.

Всё вышесказанное указывает на то, что метод ПАВС «видит» различия электронных плотностей канцерогенов и антиоксидантов, а так же подтверждает процессы, происходящие в свободнорадикальных реакциях за счёт антиоксидантов.

### Литература

1. E. C. Miller, Cancer Res. 38, 1479 (1978)
2. Pivtsaev A. A., Razov V. I. A study of chemical carcinogens by the positron annihilation lifetime spectroscopy. Journal of applied spectroscopy. V. 80, № 5, 2013. 806 – 809.
3. U.S.Department of Health and Human Services National Toxicology Program, Report on Carcinogens, Twelfth Edition, 2011Nechaev A. P. and other, Pischevaya himiya, SPB: GIOR, 2007 g.
4. <http://www.palsfit.dk>

**Соколов Г.М.**

Профессор доктор технических наук

Поволжский государственный технологический университет

### ТРИГОНОМЕРИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ. ЭЛЕМЕНТАРНОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПОСЛЕДНЕЙ (ВЕЛИКОЙ) ТЕОРЕМЫ П. ФЕРМА

**Аннотация**

*Рассмотрено тригонометрическое отображение действительных чисел. На основании этого получено элементарное доказательство последней (великой) теоремы П. Ферма.*

**Ключевые слова:** действительные, числа, теорема, Ферма.

**Sokolov G.M.**

Professor, PhD in Engineering

Volga State University of Technology

### TRIGONOMETRICAL REPRESENTATION OF REAL NUMBERS ELEMENTARY LAST (GREAT) P. FERMAT'S THEOREM PROOF

**Abstract**

*Trigonometrical representation of real numbers has been considered. On the grounds of that the elementary last (Great) P. Fermat's theorem proof has been achieved.*

**Keywords:** real, numbers, theorem, Fermat.

**Теорема.** Если  $a, b, c$  – положительные целые числа, то  $a^n + b^n \neq c^n$  при  $n > 2$ , где  $n$  – целое положительное число.  
Напишем выражение

$$a^n + b^n = c^n, \quad (1)$$

откуда

$$c = \sqrt[n]{a^n + b^n}. \quad (1')$$

Смысл доказательства теоремы состоит в том, что следует установить, при каких целочисленных значениях  $n$  в выражении (1) совмещаются одновременно целые числа  $a, b, c$ .

Рассмотрим один из трех равнозначных случаев. Установим, при каких целочисленных значениях  $n$  в выражении (1) при целых  $a, b$  число  $c$  является целым. (В двух других при целых  $a, c$  в отношении целостной совместимости аналогично исследуется число  $b$  или при целых  $b, c$  исследуется  $a$ ).

Справедливы неравенства  $c = \sqrt[n]{a^n + b^n} < a + b$ ,  $c = \sqrt[n]{a^n + b^n} > a - b$ . Следовательно, числа  $a, b, c$  выражают стороны треугольника (рис.1-а).

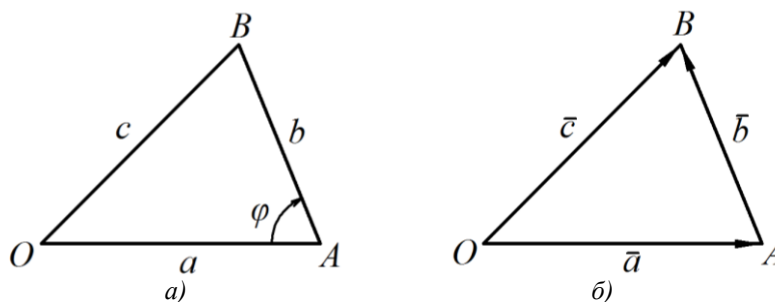


Рис. 1. Числа  $a, b, c$  как стороны треугольника

В векторной форме (рис. 1-б)

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}. \quad (2)$$

В дальнейшем вектор  $\bar{a}$  считаем постоянным и  $0 < b \leq a$ .

По теореме косинусов

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}, \quad (3)$$

откуда с учетом (1')

$$\varphi = \arccos \frac{a^2 + b^2 - (a^n + b^n)^{2/n}}{2ab}, \text{ то есть } \varphi = \varphi(a, b, n). \quad (4)$$

При  $n = 1; 2$  угол  $\varphi$  не зависит от  $a, b$

$$\varphi(1) = \pi, \quad \varphi(2) = \pi/2. \quad (4')$$

При  $n = 1$  равенство (1) имеет вид

$$a + b = c.$$

При  $n = 2$  в соответствии с теоремой Пифагора имеем

$$a^2 + b^2 = c^2.$$

В обоих случаях годограф вектора  $\bar{c}$  является прямой, совпадающей с вектором  $\bar{b}$  (прямые 1 (AK) и 2 (AG) на рис. 3).

В остальных случаях ( $n \neq 1; 2$ ) при постоянных  $n$  он является криволинейным.

Рассмотрим случай  $b = a$ . В равнобедренном треугольнике OAB (рис. 2)  $OB = c$ ,  $OA = AB = a$ ,  $\alpha = \varphi/2$ . Обозначим  $m = n$ .

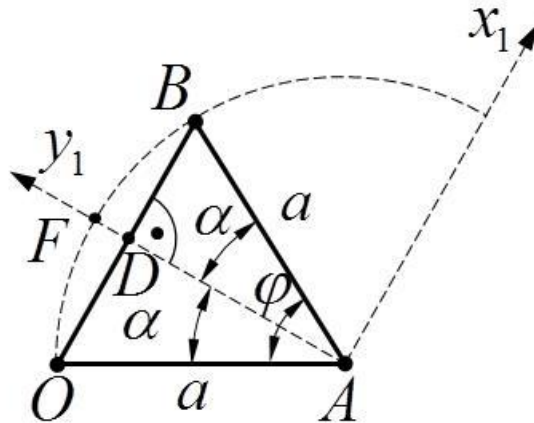


Рис. 2 – К выводу тригонометрических выражений

На основании (1')  $c = 2^{1/m} a$ . Отсюда

$$\sin \alpha = 2^{1/m-1}. \quad (5)$$

Угол  $\alpha$  в радианах при  $a=1$  численно равен половине дуги окружности  $O\check{B}$   $\alpha = \frac{1}{2} O\check{B} = F\check{B} = \int_0^{x_{1B}} \sqrt{1 + (y'_{1x_1})^2} dx_1 =$

$$\int_0^{2^{1/m-1}} dx_1 / \sqrt{1 - x_1^2},$$

где  $x_{1B} = \frac{c}{2} = 2^{1/m-1}$ ,  $\sqrt{1 + (y'_{1x_1})^2} = 1 / \sqrt{1 - x_1^2}$  (уравнение окружности  $x_1^2 + y_1^2 = 1^2$ , производная

$$y'_{1x_1} = -x_1 / \sqrt{1 - x_1^2}).$$

Угол  $\alpha$  при  $\infty > m \geq 1$  изменяется в пределах:  $\pi/6 < \alpha \leq \pi/2$  ( $\pi/3 < \varphi \leq \pi$ ).

При известных  $\alpha$  и  $\sin \alpha$  можно определить все остальные тригонометрические функции.

Таким образом, тригонометрические функции и их углы являются функциями одной переменной  $m$ , выражающей действительные числа.

Напишем выражение

$$\cos \phi = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 1 - 2^{\frac{2}{m}-1}, \text{ то есть } \phi = \phi(m). \quad (6)$$

При  $m = 1; 2$

$$\phi(1) = \pi, \quad \phi(2) = \pi/2, \quad (6')$$

Заметим, что при  $m = const$  ( $\cos \varphi = const$ ) годограф вектора  $\bar{c}$  является прямой, совпадающей с линией вектора  $\bar{b}$  (это прямые АВ рис. 1, 2).

$$c = \sqrt{(a-b)^2 + 2^{2/m} ab}. \quad (7)$$
$$c = (a^n + b^n)^{1/n} = \sqrt{(a-b)^2 + 2^{2/m} ab}. \quad (8)$$
$$c = (a^1 + b^1)^{1/1} = \sqrt{(a-b)^2 + 2^{2/1}ab} = a + b.$$
$$c = (a^2 + b^2)^{1/2} = \sqrt{(a-b)^2 + 2^{2/2} ab} = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(v^2 - u^2)^2 + (2uv)^2} = v^2 + u^2.$$

Нижний предел находим из условия  $b \rightarrow 0$ . Рассмотрим  $\lim_{b \rightarrow 0} \cos \varphi$ , где на основании (4)

$$\lim_{b \rightarrow 0} \cos \phi = \lim_{b \rightarrow 0} \frac{b - (a^n + b^n)^{\frac{2}{n}-1} n b^{n-1}}{a} = 0.$$
$$2 < m \leq n. \quad (9)$$

124

При  $0 < b \leq a$  число  $m$  изменяется в пределах  $2 < m \leq 3$  (кривая 3 (AD)). Поэтому при целых значениях  $a, b$  число  $c$  целым быть не может.

Кривая AD ( $n=3$ ) построена по формулам (10), где  $u = \frac{b}{a}$ ,

$$x/a = \frac{(1+u^n)^{\frac{2}{n}} - u^2 + 1}{2}, \quad (10)$$

$$y/a = \left\{ u^2 - \left[ \frac{(1+u^n)^{\frac{2}{n}} - u^2 - 1}{2} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}.$$

К примеру, для точки В ( $b = 0,75a$ ) по (10) имеем  $x_B = 0,8500a$ ,  $y_B = 0,7348a$ , а из (8) находится  $m = 2,9393$ .

Теореме Ферма ( $\infty > n \geq 2$ ) соответствует область  $AGL$  (затемнена).  
Результаты расчета приведены в таблице.

Таблица

Линии, точки	$n$	$m$	$\varphi$	$b$	$c$
Прямая АК(1)	$m = n = 1$		$\pi$	$0 < b \leq a$	$a + b$
Прямая АG(2)	$m = n = 2$		$\pi/2$	$0 < b \leq a$	$\sqrt{a^2 + b^2}$
Дуга KGL	$1 \leq n < \infty$	$1 \leq m < \infty$	$\pi \geq \varphi > \pi/3$	$a$	$a\sqrt[n]{2}$
Дуга AL	$n \rightarrow \infty$	$2 \leq m < \infty$	$\pi/2 \geq \varphi > \pi/3$	$0 < b \leq a$	$c \rightarrow a$
Точка К	$m = n = 1$		$\pi$	$a$	$2a$
Точка G	$m = n = 2$		$\pi/2$	$a$	$a\sqrt{2}$
Точка L	$n \rightarrow \infty$	$m \rightarrow \infty$	$\rightarrow \pi/3$	$a$	$c \rightarrow a$
Кривая AD (3)	$n=3$	$3 \geq m > 2$	$\pi/2 > \varphi \geq 78,09$	$0 < b \leq a$	$\sqrt[3]{a^3 + b^3}$
Прямая AE		$m=2,9393$	$78,54^0$	$2a(1 - 2^{\frac{2}{m}-1}) < b \leq a$	$\sqrt{(a-b)^2 + 2^{2/m}ab}$
Точка В	$n=3$	$m=2,9393$	$78,54^0$	$0,75a$	$1,124 a$
Точка D	$m = n = 3$		$78,09^0$	$a$	$a\sqrt[3]{2} = 1,2599a$
Точка E	$m = 2,9393$		$78,54^0$	$a$	$a\sqrt[2,9393]{2} = 1,2659a$

Содержащиеся в таблице численные значения иллюстративно дополняют выполненное доказательство теоремы.

#### Литература

1. Соколов Г. М. Общая последняя теорема П. Ферма (элементарное доказательство). Издание четвертое, переработанное. Йошкар-Ола, 2006. 36 с.

#### References

1. Gennadiy Sokolov. Fermat's last theorem (elementary proof). 4<sup>th</sup> edition, revised. Yoshkar-Ola. 2006. 36 s.