

НАУКА



ONLINE

ЭЛЕКТРОННЫЙ
НАУЧНЫЙ
ЖУРНАЛ

№4 (9) | 2019

ОБЩИЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТОЧНЫХ НАУК

[HTTP:// NAUKA-ONLINE.RU/](http://nauka-online.ru/)

*Современные достижения науки и педагогической практики в
системе высшего и среднего образования*

Электронный научный журнал «НАУКА ONLINE» № 4(9) 2019

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77 – 75253 от 01.04.2019 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Выходит 4 раза в год

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова»

Главный редактор: Фёдорова Е.А.

Адрес редакции: Россия, Россия, 432071, г. Ульяновск, пл. Ленина, д. 4/5

Официальный сайт: <http://nauka-online.ru/>

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Тема выпуска: «Современные достижения науки и педагогической практики в системе высшего и среднего образования» (по материалам Ульяновской школы-семинара с международным участием, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 26-30 октября 2019г.)

Редакционная коллегия

Главный редактор – **Фёдорова Екатерина Александровна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Артемьева Елена Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры географии и экологии Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Демин Максим Викторович, кандидат физико-математических наук, директор департамента по научной работе Балтийского федерального университета им. И. Канта, г. Калининград

Идрисов Ринат Галимович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования Стерлитамакского филиала ФГБОУ ВО "Башкирский государственный университет"

Капитанчук Василий Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева

Медетов Нурлан Амирович, доктор физико-математических наук, декан факультета информационных технологий Костанайского государственного университета им.А.Байтурсынова, г.Костанай, республика Казахстан

Пестова Наталия Юрьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры биологии и химии Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Пырова Светлана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии и химии Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Федоров Владимир Николаевич, кандидат географических наук, доцент, декан естественно-географического факультета Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Цыганов Андрей Владимирович, кандидат физико – математических наук, заведующий научно - исследовательской лабораторией математического моделирования, доцент кафедры высшей математики Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Червон Сергей Викторович, доктор физико – математических наук, профессор кафедры физики и технических дисциплин Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Шишкарёв Виктор Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры физики и технических дисциплин Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

Шубович Валерий Геннадьевич, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, заведующий кафедрой информатики, профессор кафедры информатики Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н.Ульянова

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ 6

Кузина Д.С., Аксенова М.Ю. Портовые особые экономические зоны в России, Германии и Сингапуре: анализ и оценка социально-экономического развития портов развитых стран 6

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ 18

Алтуний К.К., Шарнина И.А. Разработка электронного образовательного ресурса по оптике "левых" сред в системе Intranet Academic 18

Алтуний К.К., Штром Е.С. Разработка электронного образовательного ресурса "Квантовая механика наносистем с Octave" 42

Голубков А.В., Столярова И.В. Гибридная стохастическая модель движения объекта по сложной траектории: анализ наблюдаемости и управляемости, мультисенсорный алгоритм оценивания 74

Коннов Е.Ю., Скворцова О.П., Штраус В.А. Спектральный анализ некоторых интегральных операторов в банаховом пространстве 83

Кузнецова К.И., Макеева О.В. Элементы игрового обучения при изучении элементарных функций: контактная модель для обучающихся с кинестетическим типом восприятия информации 97

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ 106

Карпухин Ф.В., Шленкин К.В. Техническое состояние и регулировка дизельных форсунок 106

Чагров М.В., Шленкин К.В. Проверка технического состояния форсунок бензинового двигателя 113

Шарафутдинов А.М. Здоровьеориентированный урок как инновационная форма учебной деятельности 119

Шарафутдинов А.М. Роль интерактивных методов обучения на практических занятиях по эргономике 126

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ 139

Сайфутдинов Р.А., Белогрудова Д.Ю., Родненко Я.В. Информационная система дистанционного обучения	139
Шубович В.Г., Гималетдинова К.Р., Лукьянов В.А. Применение сервисов Google Classroom и Trello с целью эффективной деятельности современной образовательной организации.....	146

Науки о Земле

УДК 910

ББК 20

Портовые особые экономические зоны в России, Германии и Сингапуре: анализ и оценка социально-экономического развития портов развитых стран

Кузина Дарья Сергеевна,

учитель географии МБОУ «Средняя школа №50», студент-магистрант 3 курса естественно-географического факультета, кафедры географии и экологии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аксенова Марина Юрьевна,

кандидат географических наук, доцент кафедры географии и экологии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Морские и речные порты являются важной составляющей транспортной инфраструктуры страны, в значительно степени определяющей потенциал развития национальной экономики.

В статье рассматривается, что портовый комплекс России в последние годы не позволяет обеспечить эффективное обслуживание грузовой базы страны и ставит Российскую Федерацию в зависимость от иностранных государств, обладающих конкурентоспособными портами с развитой инфраструктурой, на примере Сингапура и Германии.

В научной статье характеризуются: разнообразный опыт функционирования портовых особых экономических зон в Сингапуре, Германии и России, в чем свидетельствует о высокой эффективности этого института зонирования. В России становление портовых зон только

начинается, в этом и заключается актуальность в приведенных примерах ПОЭЗ в сходстве и различии России с двумя странами.

Ключевые слова: портовые экономические зоны России, развитие, новые проекты, деятельность ПОЭЗ, морской порт "Гамбург", портовая особая зона в Сингапуре.

В общем виде цели создания портовые особые экономические зоны (ПОЭЗ) можно разделить на три блока:

1. Цели экономического блока: для общего подъема производства в стране, увеличение удельного веса на мировом рынке, расширение сфер деятельности;
2. Цели социального блока: создание новых рабочих мест, снижение безработицы, увеличение числа высококвалифицированных кадров.
3. Цели научно-технического блока: улучшение ситуации в области науки и инновации, активное использование новейших технологий, сосредоточение на научных кадрах.

Портовые особые экономические зоны служат толчком социально-экономического развития конкретного региона за счет привлечения инвестиций, создания новых рабочих мест, а также формируют кластер промышленных предприятия, где используются новые технологии производства, новые методы управления и организации труда.

Таким образом, можно сказать, что портовая особая экономическая зона представляет собой территорию, где действуют специальные визовые, таможенные, налоговые, инвестиционные и прочие условия для различных экономических субъектов.

В реальности работа многих ПОЭЗ завершается провалом, а их положительный эффект трудно определить, так как трудно выделить среди других экономических сил. Но, по неофициальным статистическим данным, ОЭЗ делятся на три категории: несколько успешных проектов, немного больше тех, кто приносят незначительную прибыль и частично оправдывают

финансовые затраты, и, наконец, подавляющее большинство зон, которые оказываются в минусе.

Заккрытие зоны, как правило, происходит из-за отказа от реализации проекта, плохого менеджмента или по причине того, что инвесторы получают налоговые льготы, но так и не создают значительного числа новых рабочих мест и ожидаемой экспортной выручки. С понятием свободного порта в мировой практике неразрывно связаны следующие признаки:

- специальная таможенная зона или таможенная территория;
- упрощенные таможенные правила;
- отсутствие таможенных платежей;

Портовая экономическая зона в Гамбурге является второй по величине в Европе и девятой в мире.

Порт состоит из объединившихся в настоящее время территорий и акваторий, бывших портов Дальтона, Гамбург и Вильгельмсбург. Это крупнейший узел водных и железнодорожных магистралей, по которым осуществляются внешние транспортные связи приэльбского района Германии и некоторых стран центральной части Европейского континента. Грузооборот порта Гамбург превышает в настоящее время 35 млн. тонн. Через порт ввозят все виды генеральных, навалочных, насыпных и наливных грузов, особенно уголь, руду, зерно, кофе, какао, чай, тропические фрукты, рефрижераторные грузы, фосфаты, сульфаты, минеральные и растительные масла, лесные грузы, шерсть, сталь, кожу, нефтегрузы и т. д., вывозятся машины, оборудование, химикаты, железо, металлолом, поташ, соль, цемент, удобрения, бумагу, генеральные грузы и т. п. Несмотря на то, что свободная гавань - беспошлинная зона, пошлины взимаются, но их величина и роль ограничены. Главная задача свободной гавани - обеспечить высокую оборачиваемость капитала. В Гамбурге это достигается благодаря высокой скорости обработки грузов и современной инфраструктуре. В этой связи покажем на примере отличие свободного порта от обычного. Земля не принадлежит свободному порту, а арендуется (лизинг) у городских властей.

Портовые особые экономические зоны- одни из основополагающих элементов торгово-экономических отношениях Сингапура и России.

Свободный порт Сингапур существует с 1819 года. Успеху раннего развития порта Сингапур способствовало его выгодное географическое положение, нацеленность правительства на обеспечение наибольшей свободы торговли и отсутствие пошлин на все товары, кроме алкоголя, табака и нефти [7]. На 2017 г. в Сингапуре действует 9 свободных экономических зон: «Брани Терминал», «Кеппел Дистрипарк», «Пассир Паньджанг Терминал», «Причалы Сембаванк», «ТаньджунгПагар Терминал», «Кеппел Терминал», «Джуронг Порт», «Логистический комплекс аэропорта Сингапура», «Комплекс грузового терминала аэропорта Чанги». Наиболее крупной промышленной зоной является «Джуронг» («Jurong»), где на территории в 56,8 кв.км. расположено 1834 предприятия с числом занятых 100 тыс. человек.

Сингапурский морской порт является одним из крупнейших портов Азии и мира и расположен на площади почти в шестьсот гектаров. Каждый год в морской порт заходят свыше 140 тысяч судов, а контейнерный грузооборот сингапурского порта составляет свыше 26 миллионов грузовых контейнеров, прибывающих из более чем шестисот портов, находящихся в 123 странах по всему миру. Порт обладает выгодным географическим положением и благодаря этому более половины от мирового товарооборота приходится на Сингапур.

Порт Сингапура является самым загруженным транзитным портом в мире, обслуживая пятую часть транзитных контейнерных операций и 6% общемирового контейнерного оборота. Товарооборот порта с каждым годом растёт. По товарообороту Сингапур занимает первое место в мире. До 2005 г. порт занимал по грузообороту тоже первое место, пока на его место не встал Шанхай.

СЭЗ Сингапура предлагают своим участникам множество преимуществ, среди которых необходимо выделить следующие:

- свобода перемещения грузов внутри СЭЗ;

- отсутствие таможенных пошлин на товар, ввозимый и хранимый на территории СЭЗ;
- товары, ввозимые на территорию СЭЗ, не облагаются GST (НДС);
- для компаний, участников СЭЗ, предусмотрены упрощенные импортные процедуры.

Географическое расположение порта Сингапура повышает конкурентоспособность страны по сравнению с другими портами региона.

Опыт успешных свободных портов Сингапура позволяет сформулировать общий подход к созданию свободного порта.

1. Свободный порт – зона свободной торговли. Свободная торговля привлекает предпринимателей, в результате появляется источник будущих инвестиций [1].

2. Свободный порт – узел глобальной логистической сети.

Свободный порт должен разрешать и поощрять все виды, формы и проявления логистического бизнеса, а также инфраструктурную деятельность по его поддержке: транспорт, включая ремонт и производство транспортных средств, все виды транспортного и логистического сервиса.

3. Свободный порт должен иметь локальную финансовую политику.

Локальная финансовая политика свободного порта должна включать локальную таможенную, монетарную и бюджетно-налоговую политику, а также локальное регулирование финансового рынка [2].

4. Свободный порт должен реализовать комплекс проектов обеспечения комфортной жизни на собственной территории.

В России портовые особые экономические зоны созданы в Ульяновской области на базе международного аэропорта «Ульяновск - Восточный», в Хабаровском крае на базе морского порта «Совгавань», а Мурманская ОЭЗ присоединилась позже 12 октября 2010 года. В Астраханской области в ближайшие несколько лет может начать работу портовая особая экономическая зона (ОЭЗ). Об этом сообщил исполняющий обязанности

регионального министра промышленности, транспорта и природных ресурсов Денис Афанасьев, передает ТАСС. [10, с 1.].

По его словам, проект будет реализовываться до 2024 года. «Задача на первоначальном этапе — в 2021-2022 годах запустить портовую зону на действующей инфраструктуре морского порта Оля», — рассказал он, добавив, что также в регионе запланировано строительство нового современного порта, ориентированного на контейнерные перевозки.

Среди преимуществ аэропорта "Ульяновска-Восточного" комиссия отметила длинную взлетно-посадочную полосу длиной 5,1 км, способной принимать воздушные суда всех типов и современное свето-сигнальное оборудование..

Порт "Советская гавань" выбрана из-за выгодного географического положения - этот порт находится на восточном конце Байкало-Амурской магистрали. Создание ПОЭЗ на базе морского порта Советская Гавань будет способствовать развитию проектов по ремонту судов и рыбопереработке, полагает комиссия .Мурманская портовая зона задействована в рыбопереработке.

Сингапур помог нашей стране строить и осваивать технико-внедренческие, туристско-рекреационные и портовые особые экономические зоны. И не против привести в российские зоны международный капитал.

Такие планы огласили в марте 2009 года глава Федерального агентства по управлению особыми экономическими зонами (РосОЭЗ) Андрей Алпатов и министр торговли и промышленности Сингапура Ли Ии Шьен по итогам заседания Российско-Сингапурского объединенного управляющего комитета.

Заметим, что сингапурский опыт был взят на вооружение авторами идеи об особых экономических зонах в нашей стране. В свое время именно преимущества особых зон, которые Сингапур стал применять одним из первых, помог этой бедной стране Юго-Восточной Азии сделать мощный рывок вперед. Бывший глава Минэкономразвития Герман Греф встречался с автором "сингапурского экономического чуда" Ли Куань Ю. [9, с 1.].

Договоренность о сотрудничестве была достигнута еще тогда. Представители российских зон были в Сингапуре на "стажировке", проводятся совместные семинары и тренинги.

Но теперь речь идет об использовании не только опыта, но и капитала. На территории Сингапура, чья площадь сравнима с Москвой, работает около 70 тысяч транснациональных компаний. И если в России будут созданы благоприятные условия для инвестиций, международный бизнес придет в особые экономические зоны. Сингапурский бизнес, дал понять Ли Йи Шьен, с интересом смотрит на планы по развитию особых экономических зон в портах. Россия будет использовать сингапурский опыт по развитию транспортной инфраструктуры, как сообщил директор департамента внешнеэкономических отношений Минэкономразвития Сергей Чернышев. В будущем наши государства должны стать великими транспортными державами, считает он.

Таким образом, ПОЭЗ в России обладают сомнительной привлекательностью и влекут значительные риски для бизнеса. ОЭЗ может оказаться привлекательной только в тех портах, где земля и объекты инфраструктуры находятся в муниципальной или федеральной собственности, поскольку в этом случае условная передача земли в частное пользование производится по факту заявления инвестора под заявленный инвестиционный проект. Можно предположить, что именно этой особенностью отличались аэропорт в Ульяновске и морской порт «Совгань».

Налоговые преференции в ОЭЗ не существенны. Однако общий уровень прибыльности бизнеса в РФ может оказаться привлекательным для иностранных инвесторов именно в режиме ОЭЗ, поскольку в ОЭЗ предположительно обеспечивается упрощенный порядок администрирования бизнеса и высокая степень прозрачности.

Участие иностранного инвестора в развитии ОЭЗ возможно через посредничество российской компании – резидента ОЭЗ. Возможные формы участия: договор о посреднической деятельности с какой – либо российской компанией, договор о совместной деятельности, создание на территории РФ

филиала или правительства иностранного юридического лица, создание нового юридического лица с частичным или полным иностранным участием.

В результате выше сказанного, можно выделить Общие принципы созданий свободных портов в России, Германии и Сингапуре:

1. Свободный порт – зона свободной торговли.

Все свободные порты начинались с беспошлинной торговли, бартерной торговли при отсутствии валютного регулирования. Свободная торговля привлекает предпринимателей, в результате появляется источник будущих инвестиций [1]. Несвоевременные ограничения свободной торговли – например, правительство решает бороться с контрабандой или желает получить дополнительный доход от налогообложения – приводят к остановке развития и последующему развалу свободного порта, что показывает опыт порта Лабуан. Вероятно, ограничения на свободную торговлю можно устанавливать только тогда, когда генерируемая ей доля добавленной стоимости станет не очень значительной – менее 10 %.

2. Свободный порт – узел глобальной логистической сети.

Свободный порт должен разрешать и поощрять все виды, формы и проявления логистического бизнеса, а также инфраструктурную деятельность по его поддержке: транспорт, включая ремонт и производство транспортных средств, все виды транспортного и логистического сервиса, включая строительство логистических объектов, информационные технологии, страхование, выставочную деятельность.

3. Свободный порт должен иметь локальную финансовую политику.

Локальная финансовая политика свободного порта должна включать локальную таможенную, монетарную и бюджетно-налоговую политику, а также локальное регулирование финансового рынка [2]. Должны быть установлены: нулевые таможенные пошлины, снижение банковских резервов под операции в свободном порту, привлечение средств за счет размещения облигаций или акций свободного порта, низкая ставка рефинансирования для

проектов свободного порта, льготное налогообложение компаний и физических лиц.

4. Свободный порт должен реализовать комплекс проектов обеспечения комфортной жизни на собственной территории.

В заключении отметим, что существуют риски и угрозы свободных экономических портов.

Свободный порт одновременно создает характерную группу проблем, которые при отсутствии должного внимания могут стать угрозой экономической безопасности региона.

1. Минимальный таможенный контроль делает свободный порт привлекательным узлом для трафика наркотиков, оружия и прочей незаконной деятельности, вокруг которой начинается усиленное развитие преступных группировок, в том числе подавляющих законопослушный бизнес в свободном порту.

2. Реализация принципов свободного порта на первых этапах приводит к уменьшению налоговых поступлений. Правительству приходится мириться с временным сокращением доходов в регионе свободного порта.

3. Коренной принцип свободного порта – свободная торговля при почти полном отключении механизмов защиты национального экономического пространства путем регулирования внешнеэкономической деятельности.

4. Резиденты свободного порта оказываются в более выгодных экономических условиях в сравнении с конкурентами за пределами свободного порта. Локальная финансовая политика, реализуемая в свободном порту, открывает возможность арбитража для резидентов свободного порта на территориях, не входящих в свободный порт.

5. Управление свободным портом – очень точный и выверенный процесс. Существенные экономические различия регионов мира. От правительства страны и от администрации свободного порта требуется глубокая проработка особых законодательных актов о деятельности

свободного порта и их точное соблюдение для обеспечения равенства возможностей для резидентов свободного порта.

Подводя итог, можно сделать вывод, что страны Россия, Германия и Сингапур стараются поднять экономику страны, создавая ПОЭЗ. В данных странах высоких грузооборот. Но Сингапур опережает страны тем, что разработала быстрее инновационные разработки роста и развития портовой зоны, а в свободной гавани Гамбурга нет портовых властей. Гавань работает на принципе ассоциации и ответственности, разделенной между частными компаниями, а в администрации вольной гавани занято 120 сотрудников, так же порт находится в центре страны. Все страны обеспечивает высокую прибыль предпринимателям, способствует занятости населения. У портов существуют современные перегрузочное оборудование и складские площади. Порт Сингапура является самым загруженным транзитным портом в мире и Сингапур крупнейший контейнерный порт мира. Одним из преимуществ ОЭЗ "Ульяновск- Восточный" является предоставление резидентам ОЭЗ льготных условий для ведения бизнеса. Срок нахождения товаров в ОЭЗ, помещенных под таможенную процедуру СТЗ, без оформления выпуска на таможенную территорию Российской Федерации ограничен только сроком существования ОЭЗ. Среди объективных преимуществ ОЭЗ «Ульяновск» – удачное географическое расположение, наличие достаточных кадровых ресурсов и возможность быстрой реализации высокотехнологичных проектов, базовой инвестиционной инфраструктуры для локализации инвестиционных проектов и налаживания экспортно-импортных связей.

ПОЭЗ	Площадь, га	Грузооборот, мл.т	Количество рабочих мест
Сингапур на базе аэропорта " Чанги"	104	1,888 мл.т	100 000

Германия, порт "Гамбург"	600	140,4 мл.т	261 000
Россия аэропорт "Ульяновск-Восточный"	325	170 тыс.т	396

Анализируя таблицу, мы видим, что в России более динамичная портовая зона находится в г. Ульяновске, площадью 325 га, меньше площадью чем в Гамбурге (600 га), больше порта Сингапура "Чанги" площадью 104 га. Грузооборот товаров самый большой в Сингапуре, а меньше в Гамбурге, но занятость в Гамбурге больше остальных стран.

Таким образом, лидирующей ПОЭЗ является Сингапур, Россия перенимает опыт у страны и способна в ближайшее будущее обеспечить конкурентное преимущество, а порт Гамбурга готовится к будущему, запуская проекты по оптимизации и расширению площади терминалов.

Список использованных источников

1. Гуцериев М.С. Свободные экономические зоны (опыт, проблемы, перспективы) / М.С. Гуцериев. – М.: Проспект, 2010. – 228с.
2. Коростелев Н. Ю. Развитие и современное состояние особых экономических зон в России // Молодой ученый. — 2019. — №21. — С. 204-206. — URL <https://moluch.ru/archive/259/59637/> (дата обращения: 24.11.2019).
3. Лазарев В.А. Ключевые аспекты свободного порта: азиатский опыт// Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10-1. – С. 185-188; Фурщик М.А., Кирилл Лысенко, Портовые особые экономические зоны в России, или ПОЭЗ по-русски журнал «Транспорт РФ», № 2 (27), 2010 г.
4. Любалин А.А. Основные формы регулирования государственно-частного партнерства в хозяйственной системе, М.: ИВУК, , 2007.
5. Николаева А.Б., Леус С.М. Перспективы развития портовых особых экономических зон. Институт экономических проблем КНЦРАН.

Экономический факультет МГТУ, кафедра экономической теории и национальной экономики

6. Официальный сайт Федерального агентства по управлению особыми экономическими зонами РФ [электронный ресурс] режим доступа <http://www.rosoez.ru> <https://www.vestifinance.ru/articles/55521>
7. Портовые особые экономические зоны и оценка их результативности. Быкова Е. Н. М.:204 с., 2011.
8. Федеральный закон № 116-ФЗ от 22 июля 2005 года «Об особых экономических зонах в Российской Федерации». Федеральный закон от 30 ноября 2011 г. N 365-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об особых экономических зонах в Российской Федерации».
9. Шнайдер Е.Г. Бюджет субъекта Федерации в условиях свободных экономических зон: формирование, регулирование, контроль: Автореф. дис. к.э.н./ СПбГУЭФ.- СПб, 2001.- 21с. Фишер П. Прямые иностранные инвестиции для России: стратегия возрождения промышленности / П. Фишер // Финансы и статистика. – 1999.

Физико-математические науки

УДК 53.01

ББК 74.262.23

Разработка электронного образовательного ресурса по оптике "левых" сред в системе Intranet Academic

Алтунин Константин Константинович,

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Шарнина Инна Алексеевна,

студентка 4 курса факультета физико-математического и технологического образования, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Рассматриваются результаты разработки электронного образовательного ресурса по оптике "левых" сред в системе Intranet Academic, предназначенной для автоматизации управления учебным процессом университета на платформе Microsoft SharePoint. Электронный образовательный ресурс по оптике "левых" сред имеет структуру сайта. В работе рассматриваются особенности процесса разработки электронного образовательного ресурса, предназначенного для информационной поддержки курса «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic. Электронный образовательный ресурс по оптике "левых" сред может быть использован в вузовском курсе теоретической физики. Выполнено описание основных функциональных возможностей электронного образовательного ресурса по оптике "левых" сред, созданного в системе Intranet Academic.

Обсуждаются возможности модульной структуры электронного образовательного ресурса по оптике "левых" сред.

Ключевые слова: оптика, оптическая среда, "левая" среда, метаматериал, электронный образовательный ресурс, Intranet Academic, Microsoft SharePoint

В настоящее время получают распространение электронные курсы и электронные образовательные ресурсы по учебным дисциплинам в рамках университетских образовательных программ. Дистанционные курсы по учебным дисциплинам в рамках университетских образовательных программ позволяют привлекать большое количество заинтересованных слушателей.

В работе рассматриваются теоретические и методические особенности процесса разработки электронного образовательного ресурса, предназначенного для информационной поддержки курса «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic, который может быть использован в вузовском курсе физики. Intranet Academic является одной из современных систем автоматизации управления учебным процессом университета на платформе Microsoft SharePoint.

Целью исследования является описание научно-методических основ разработки электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред». Задача исследования состоит в разработке модульной структуры и банка вопросов электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред». Объектом исследования является курс «Оптика "левых" сред». Предметом исследования является процесс создания информационных и контролирующих элементов электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic. Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic, то можно

облегчить труд преподавателя в процессе преподавания учебной дисциплины и процессе оценивания результатов изучения учебной дисциплины.

Недавно предложенные искусственные среды с отрицательной магнитной проницаемостью и левосторонние метаматериалы вновь рассматриваются в свете теории искусственных бианизотропных сред. В частности, в работе [1] исследовано существование бианизотропных эффектов в этих материалах с использованием приближенной модели, а также выделены некоторые необъяснимые свойства распространения электромагнитных волн в этих средах. Эти особенности правильно объясняются, если бианизотропия левостороннего метаматериала учтена в явном виде. Бианизотропия связана с существованием магнитоэлектрической связи в искусственных составляющих (искусственных атомах) среды.

Недавно было показано, что конструкции пассивных линз могут сохранять идеальное линзирование, несмотря на собственные потери в составе левых материалов. В работе [2] показано, что сохранение энергии не противоречит работе таких идеальных линз с потерями: необратимая передача электромагнитной энергии материалу с потерями диктует, что меньшая часть энергии, излучаемой источником, поступает на изображение, но точность изображения абсолютно сохраняется. Кроме того, мощность излучения, которая действительно достигает идеального изображения, должна уменьшаться вдали от системы. Показано, что это применимо к любой многослойной идеальной линзе на основе левого носителя, включая хорошо известную линзу Веселаго. Для объектива Максвелла с «рыбьим глазом» расход энергии универсален для всех идеальных объективов и присущ любому идеальному изображению. Поэтому правильное рассмотрение этой уникальной динамики силы имеет важное значение для любой успешной практической реализации идеальных линз из существующих метаматериалов.

В работе [3] осуществлена локализация электромагнитных волн и энергий, используя левую линию передачи суперлинзы. Подробно описана процедура создания сред для правой и левой линий электропередачи, которые

соответствуют вакууму и слегка несовпадающему антивакууму соответственно. После надлежащего проектирования и правильного согласования с нагрузками на клеммах рассмотрен результат создания суперлинзы, использующей левую линию передачи. С помощью моделирования СВЧ-цепей с использованием усовершенствованной системы проектирования показано, что почти все электромагнитные поля и энергии ограничены в области между двумя источниками напряжения с одинаковой амплитудой и антифазами, когда они размещены на изображении точки суперлинзы. В результате моделирования чётко наблюдаются сильные поверхностные волны, что согласуется с теоретическим анализом суперлинзы из однородного левого материала с небольшими потерями. Здесь небольшие потери вызваны пространственной дисперсией сетей линий электропередачи. Различные несоответствия антивакуума для левых сред приводят к разным характеристикам суперлинзы, которые определяются параметрами схемы.

В статье [4] развивается электромагнитная теория, описывающая природу параметрической локализации света, которая проявляется в метаматериалах или фотонных кристаллах соответствующего дизайна, демонстрирующих нелинейное левостороннее поведение. Помехи между сходящимися фазово-согласованными и расходящимися противофазно-согласованными волнами создают локализованную волну второй гармоники, сфокусированную на излучателе накачки в масштабе половины длины волны. Этот захват света сопровождается усилением интенсивности второй гармоники, которая линейно увеличивается с размером двумерной области.

В статье [5] предсказано, что два электронных пучка могут развить нестабильность при прохождении через пластину из левосторонних сред. Эта нестабильность, присущая только левосторонним средам, возникает из-за обратного черенковского излучения и приводит к автомодуляции пучков и излучению электромагнитных волн. Эти волны покидают образец через заднюю поверхность пластины (плоскость инъекции луча) и образуют два смещенных ярких круга с центром в лучах. Моделируемый спектр излучения

имеет хорошо разделённые линии сверху широкого непрерывного спектра, что указывает на динамический хаос в системе. Интенсивность излучения и его спектр могут контролироваться либо током пучка, либо расстоянием между двумя пучками.

В статье [6] импульс электромагнитной волны получается для среды Лоренца и применяется для изучения передачи импульса стационарным, изотропным левосторонним материалам. Модель включает дисперсию материала и потери, которые необходимы для среды с отрицательным показателем преломления. Результаты обеспечивают строгое доказательство силы на свободные токи в среде с потерями и подтверждение теоретического разделения силы на основе действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости и магнитной проницаемости. Полученная теорема сохранения импульса электромагнитной волны доказывает, что поток импульса монохроматической волны в изотропном левостороннем материале противоположен направлению потока энергии электромагнитной волны. Однако плотность импульса электромагнитной волны в среде с потерями и с отрицательным показателем преломления может быть параллельной или антипараллельной потоку мощности энергии электромагнитной волны. Полученные результаты применяются для прогнозирования изменения давления излучения на свободные токи в материале с отрицательным показателем преломления. Кроме того, сохранение импульса на границе материала означает, что тангенциальная составляющая импульса электромагнитной волны сохраняется. Таким образом, на границе между изотропными средами электромагнитная сила сдвига отсутствует, независимо от знака показателя преломления.

В работе [7] рассматривается существование и свойства гибридных поверхностных волн, образующихся на границах раздела между левосторонними материалами и диэлектрическими двулучепреломляющими средами. Установлено, что условия существования таких волн сильно ослаблены по сравнению с волнами Дьяконова, существующими в

правосторонних средах. Левосторонние материалы вызывают сосуществование нескольких поверхностных решений, которые характеризуются повышенной степенью локализации. Примечательно, что гибридные поверхностные моды появляются для больших областей в пространстве параметров, что является ключевым свойством с точки зрения их экспериментального наблюдения.

В работе [8] показано, что поверхностные электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль двумерных (2D) интерфейсов, разделяющих разные метаматериалы, могут вести себя аналогично трёхмерным электромагнитным волнам в обычных или левосторонних средах, в зависимости от проницаемости и / или диэлектрической проницаемости двух материалов, образующих границу раздела сред. Получены условия, когда поверхностные электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль двумерных (2D) интерфейсов, переносят энергию, противоположную фазовой скорости. По аналогии с трёхмерными (3D) левосторонними средами получено, как аномальное черенковское излучение, так и обратный эффект Доплера. Отрицательное преломление на границе раздела между двумя различными границами раздела сред может быть полезно для идеального 2D-линзирования.

В работе [9] изучена кольцевая полость, заполненная пластиной из правого материала и пластиной из левого материала. Предполагается, что оба слоя являются нелинейными керровскими средами. Сначала выведена модель распространения света в левостороннем материале. Построив модель действующего поля, показано, что знак дифракции можно сделать положительным или отрицательным в этом резонаторе, в зависимости от толщины слоёв. Динамическое поведение модуляционной неустойчивости сильно зависит от знака коэффициента дифракции. При изучении диссипативных структур в этом резонаторе выявлено преобладание двумерного процесса повышающего переключение над образованием

пространственно-периодических структур, приводящих к усечению однородного цикла гистерезиса.

В статье [10] показано, что в плоском волноводе, возбуждаемом линейным источником, можно управлять бесконечными модами, генерировать и передавать бесконечную плотность мощности, если волновод заполнен двухслойной средой одинаковой толщины, в которой одна из сред представляет собой воздух, а другая из сред является левосторонней средой. Чрезвычайно высокая плотность мощности может генерироваться и передаваться, когда плоский волновод, возбуждаемый линейным источником, содержит небольшие потери, и высокая мощность всё ещё может быть достигнута, даже если существуют относительно большие задержки и потери.

Одноосно анизотропные киральные среды довольно легко реализовать искусственно, где киральность проявляется только в одном направлении. В работе [11] исследованы преломляющие свойства плоской волны, падающей из свободного пространства в такие одноосно киральные среды. Разные отрицательные фазовые или групповые преломления происходят в одной или двух собственных волнах одновременно или по отдельности. Следовательно, одноосно-киральные среды могут поддерживать больше видов отрицательных преломлений, чем изотропные киральные среды и левосторонние материалы. В одноосном киральном предложении условие реализации отрицательного преломления может быть довольно свободным.

Отрицательная рефракция — это явление, о котором недавно сообщалось в случае левосторонних сред (изотропных или нет), фотонных кристаллов и вращающихся одноосных сред. В работе [12] идентифицировано другое происхождение отрицательного преломления из-за движения передаваемой среды параллельно границе раздела, на котором происходит преломление. Предыдущие работы в этой области были сосредоточены на скоростях среды, которые превышают черенковский предел, в то время как здесь показано, что отрицательное преломление фактически достижимо при любых скоростях проходящей среды.

Из уравнений Максвелла и теоремы Пойнтинга, плотности электрической и магнитной энергии во временной области обычно определяются в частотно-дисперсионных средах на основе сохранения энергии. Как следствие, предлагается общее определение электрической и магнитной энергии. По сравнению с существующими формулами электрической и магнитной энергии в частотно-дисперсионных средах, новое определение более разумно и действительно в любом случае. В работе [13] показано, что сохранение энергии не нарушается в левосторонних средах.

В статье [14] представлена схема квантования электромагнитного поля, взаимодействующего с атомными системами в присутствии рассеивающих и поглощающих магнитодиэлектрических сред, в том числе левостороннего материала, имеющего отрицательную вещественную часть показателя преломления. Теория применяется к спонтанному распаду двухуровневого атома в центре сферической полости в свободном пространстве, окруженной магнитодиэлектрическим веществом перекрывающихся энергетических зон. Представлены результаты для больших и малых полостей, а также проблема локальных полевых поправок в модели реальной полости.

В работе [15] изучена передача на границе раздела между правосторонней средой и частотно-дисперсионной левосторонней средой. Чтобы учесть дисперсию, рассматриваются два типа спектров сигнала. Первая состоит из двух дискретных частот, а вторая является гауссовой. Получены явные выражения для полей временной области, из которых рассчитываются усредненные по времени векторы Пойнтинга и, следовательно, векторы потока мощности. В обоих случаях волны преломляются под отрицательными углами на границе раздела между правосторонней средой и частотно-дисперсионной левосторонней средой.

На микроволновых частотах полые металлические волноводы ведут себя в определённых аспектах как «одномерная плазма». Эта функция будет выгодно использоваться для моделирования распространения электромагнитных волн в левосторонних метаматериалах при условии, что

полый волновод периодически нагружается расщепленным кольцевые резонаторы. В работе [16] показано, что электромагнитная передача в этой структуре возможна в определенной полосе частот, даже если поперечные размеры волновода намного меньше, чем соответствующая длина волны в свободном пространстве. Этот эффект может быть качественно и количественно объяснен теорией левого метаматериала, таким образом обеспечивая новую экспериментальную проверку такой теории.

В статье [17] исследованы особенности распространения электромагнитных волн в одноосно-анизотропных левосторонних средах. Обсуждается, при каких условиях аномальное отражение или преломление должно происходить на границе раздела, когда распространяющиеся волны переходят из одной изотропной регулярной среды в другую одноосно-анизотропную левостороннюю среду, и при каких условиях происходит аномальная передача, когда мимолётная волна передается через пластину одноосная анизотропная левосторонняя среда. Показано, что характеристики распространения электромагнитных волн в одноосно-анизотропных левосторонних средах существенно отличаются от характеристик в изотропных левосторонних средах.

Метаматериалы являются искусственными материалами с субволновыми элементарными ячейками, которые открывают многообещающие возможности для передачи электромагнитных волн. Идеальная суперлинза в виде пластины с отрицательным показателем преломления может создать идеальное изображение [18]. Гиперлинза, созданная из гиперболического метаматериала с неопределённым тензором диэлектрической проницаемости, позволяет превзойти дифракционный предел [19].

Рассмотрим процесс создания электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic, предназначенной для автоматизации управления учебным процессом университета на платформе Microsoft SharePoint. Электронный образовательный ресурс

«Оптика "левых" сред» предназначен для информационной поддержки изучения курса по оптике "левых" сред. Электронный образовательный ресурс по оптике "левых" сред посвящён изучению физических основ теории оптических свойств "левых" сред и метаматериалов. Электронный образовательный ресурс «Оптика "левых" сред» содержит основные фундаментальные понятия и определения курса «Оптика "левых" сред». Основные задачи изучения курса «Оптика "левых" сред» состоят в развитии у студента логики мышления, интуиции и творческих способностей; овладении системой знаний и умений по оптике "левых" сред.

SharePoint

Лента новостей OneDrive Сайты

Содержимое сайта ▸ Новый сайт SharePoint

Название и описание

Название:

Оптика "левых" сред

Описание:

Сайт в поддержку изучения учебной дисциплины "Оптика "левых" сред"

Адрес веб-сайта

URL-адрес:

http://mysites.ulspu.ru/personal/altunin_kk/left-handed_media

Выбор шаблона

Выберите язык:

Russian

Выберите шаблон:

Совместная работа Корпоративный

Сайт группы

Блог

Сайт проекта

Место для совместной работы с группой пользователей.

Разрешения

Разрешение на доступ к новому сайту можно предоставить тем же пользователям, которые имеют доступ к этому родительскому сайту, или совершенно другой группе пользователей.

Примечание. Если выбрать вариант **использовать разрешения родительского сайта**, в

Разрешения пользователей:

☐ использовать разрешения родительского сайта

☒ использовать собственные разрешения

Рис. 1. Первая часть страницы создания содержимого сайта «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 1 представлено изображение первой части страницы создания содержимого сайта «Оптика "левых" сред», размещённого в системе Intranet Academic на образовательном портале университета. Первая часть настройки сайта позволяет выбрать адрес сайта, основной язык сайта, шаблон сайта.

SharePoint

Лента новостей OneDrive Сайты

Совместная работа Корпоративный

Сайт группы
Блог
Сайт проекта

Место для совместной работы с группой пользователей.

Разрешения
Разрешение на доступ к новому сайту можно предоставить тем же пользователям, которые имеют доступ к этому родительскому сайту, или совершенно другой группе пользователей.

Примечание. Если выбрать вариант **использовать разрешения родительского сайта**, в обоих сайтах будет действовать один набор разрешений. Поэтому изменить разрешения на новом сайте сможет только администратор родительского сайта.

Разрешения пользователей:

☐ использовать разрешения родительского сайта
☒ использовать собственные разрешения

Навигация

☒ Отображать этот сайт на верхней панели ссылок родительского сайта?
☐ Да ☒ Нет

Наследование навигации

☒ Использовать верхнюю панель ссылок от родительского сайта?
☐ Да ☒ Нет

Создать Отмена

Рис. 2. Вторая часть страницы создания содержимого сайта «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 2 представлено изображение второй части страницы создания содержимого сайта «Оптика "левых" сред», размещённого в системе Intranet Academic на образовательном портале университета. Страница настройки

сайта позволяет выбрать режим совместной работы и разрешения пользователей.

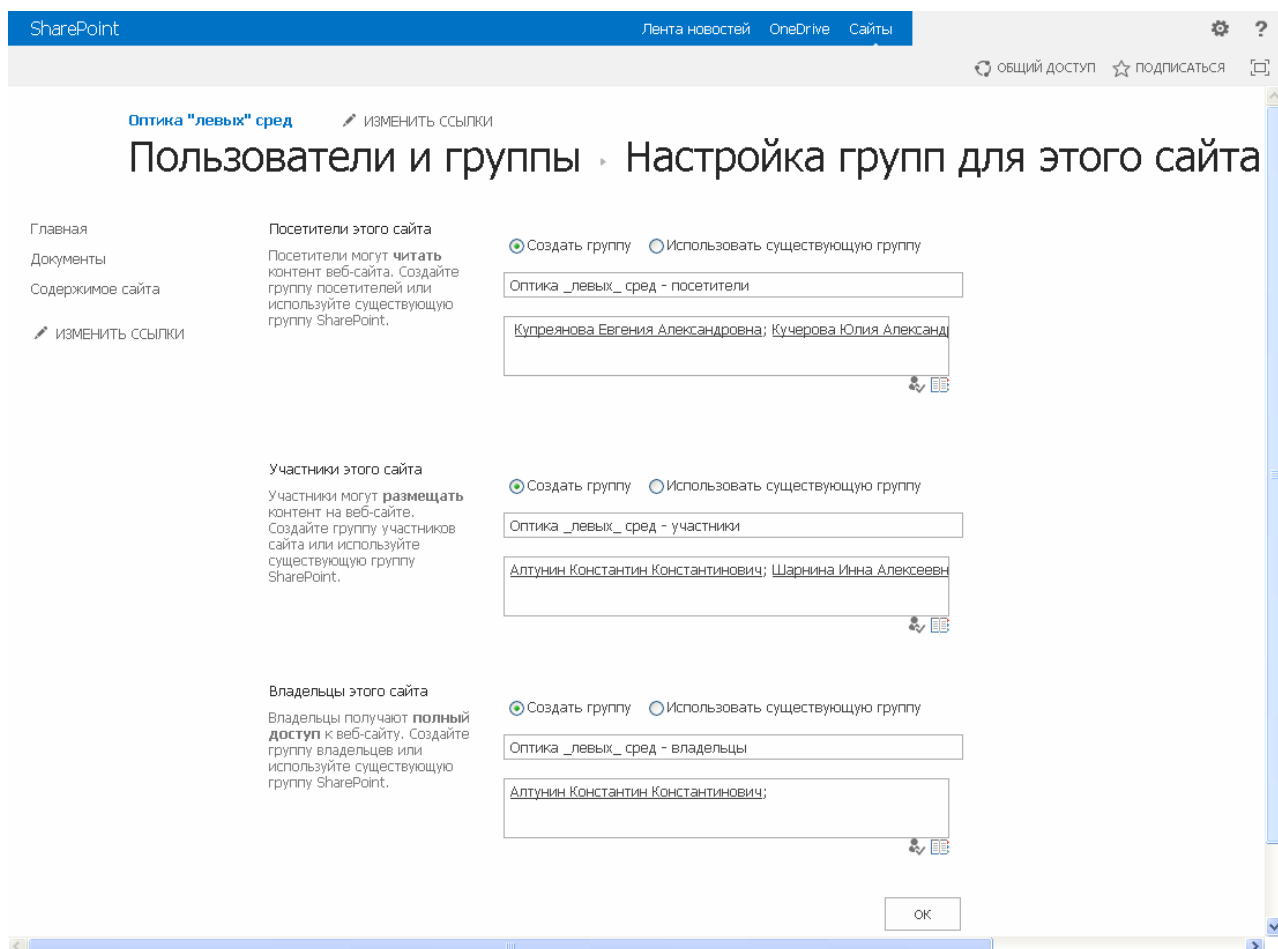


Рис. 3. Страница настройки пользователей и групп электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред», созданного в системе Intranet Academic.

На рис. 3 приведено изображение страницы настройки пользователей и групп электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред», созданного в системе Intranet Academic. На этой странице необходимо добавить пользователей, которые будут являться посетителями сайта с правами только для чтения содержимого электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред». На этой странице необходимо добавить пользователей, которые будут являться участниками сайта, то есть будут иметь возможность размещать материалы на сайте и редактировать материалы электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред».

сред». На этой странице можно добавить владельцев сайта, которые получаю полный доступ к электронному образовательному ресурсу по курсу «Оптика "левых" сред».

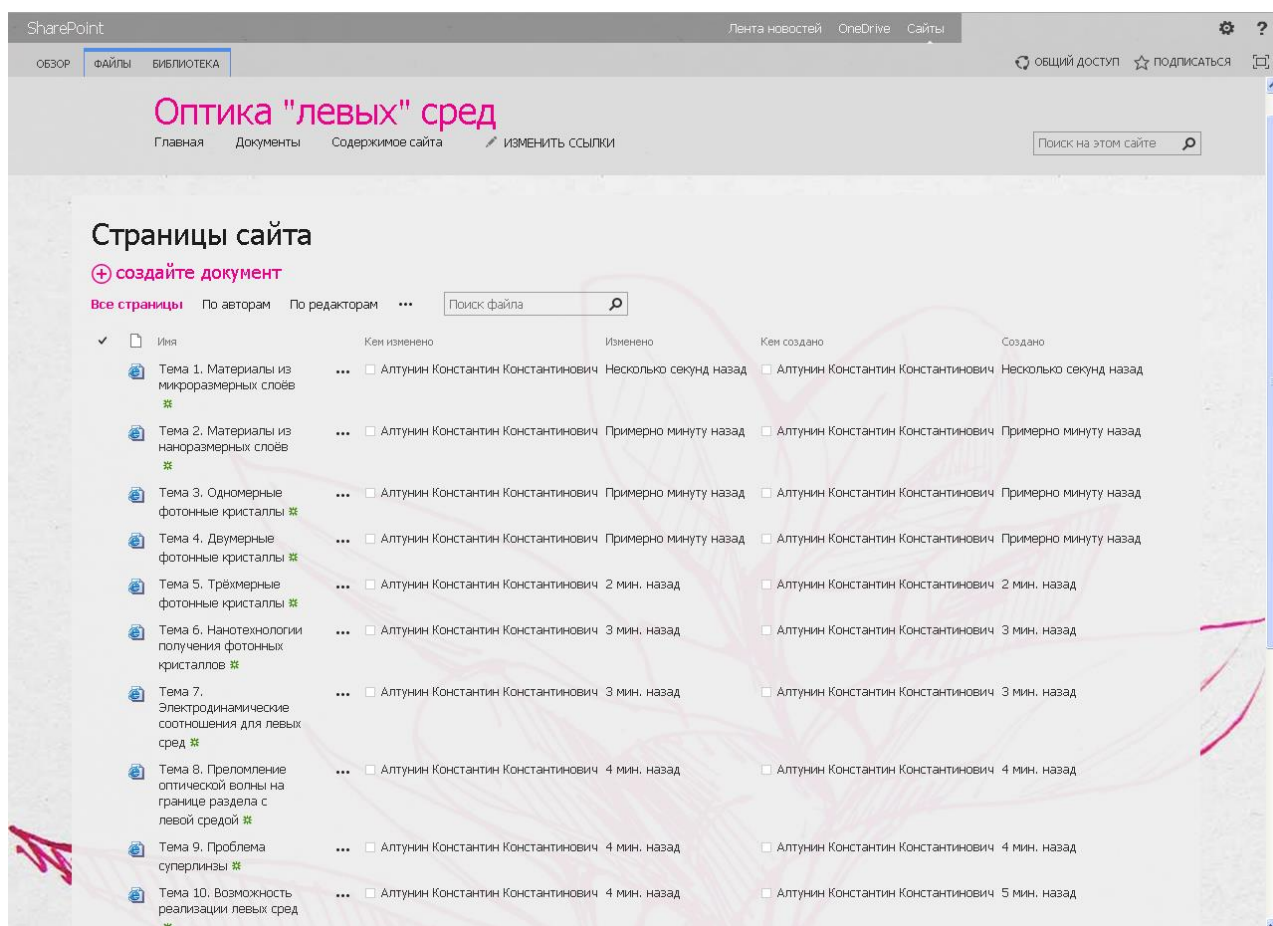


Рис. 4. Часть перечня страниц электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 4 представлено изображение части перечня страниц электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic. Страницы сайта могут выступать в качестве тематических модулей курса, которые содержат теоретические материалы, задачи и задания, ссылки на источники по курсу «Оптика "левых" сред». В первой части курса изучаются физические свойства материалов из микроразмерных и наноразмерных слоёв, одномерных и двумерных фотонных кристаллов. Тот факт, что электронный образовательный ресурс по оптике "левых" сред имеет структуру сайта, позволяет легко осуществлять навигацию

между страницами сайта, являющимися тематическими модулями курса «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic на платформе Microsoft SharePoint.

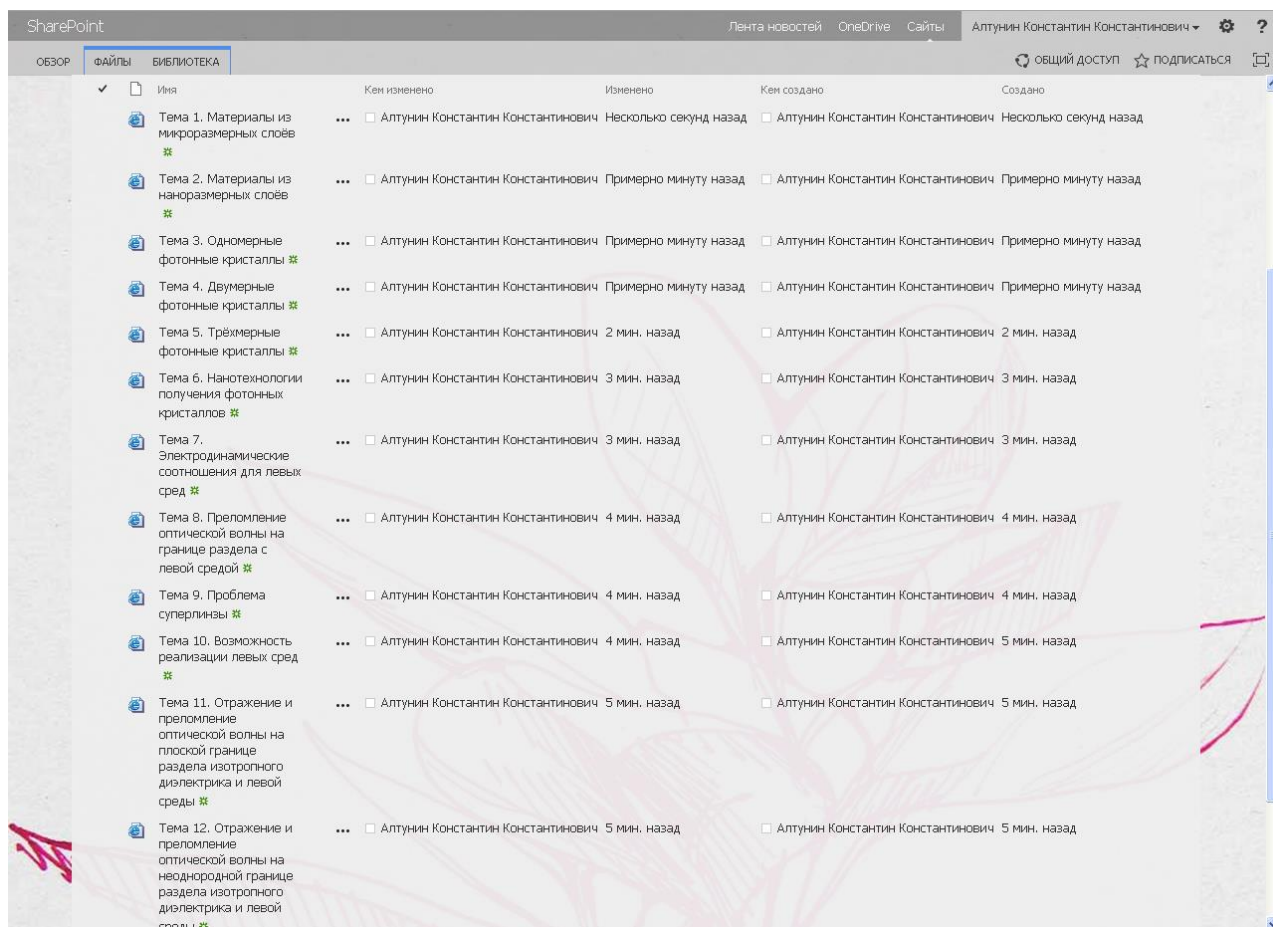


Рис. 5. Вторая часть перечня страниц электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 5 представлено изображение второй части перечня страниц электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic на платформе Microsoft SharePoint. Во второй части тематических модулей курса изучаются электродинамические свойства "левых" сред, а также оптические характеристики при отражении и преломлении оптической волны на плоской или неоднородной границе раздела изотропного диэлектрика и "левой" полубесконечной среды. Кроме того, во второй части тематических модулей курса изучаются проблема создания "суперлинзы" из различных метаматериалов и возможность

практической реализации "левых" сред. Правильная подборка физических задач и заданий в каждом тематическом модуле курса поможет закрепить изученный материал и подготовить студента с помощью курса «Оптика "левых" сред».

Система Intranet Academic позволяет открывать и закрывать доступ к страницам сайта, являющимися тематическими модулями, в соответствии со временем изучения, что позволяет поддерживать необходимый темп продвижения по курсу «Оптика "левых" сред».

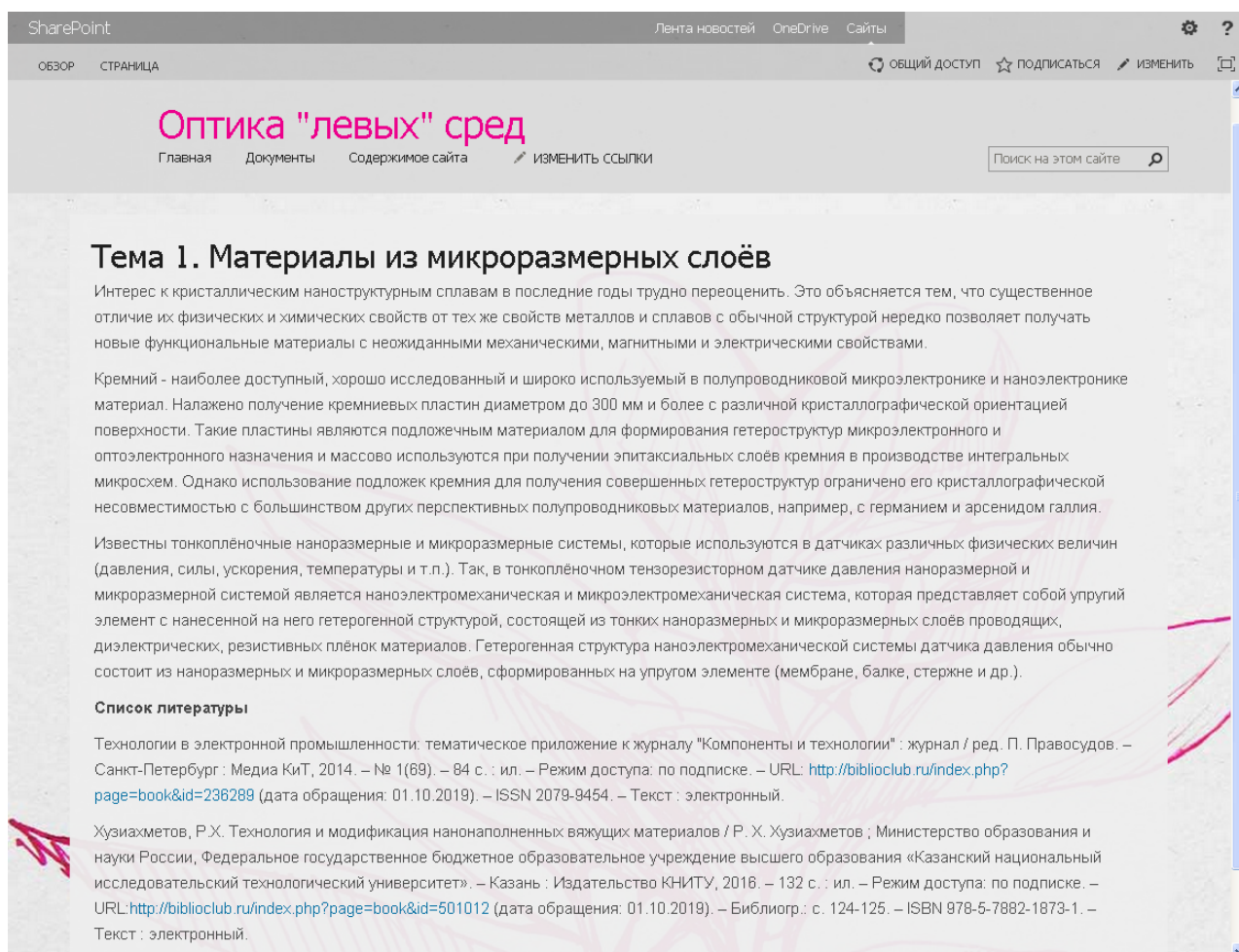


Рис. 6. Элементы избранного тематического модуля электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 6 представлено изображение элемента избранного тематического модуля, посвящённого изучению физических свойств материалов из

микроразмерных слоёв, в составе электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic. Представленный тематический модуль призван познакомить студентов с основными физическими понятиями физики материалов из микроразмерных слоёв.

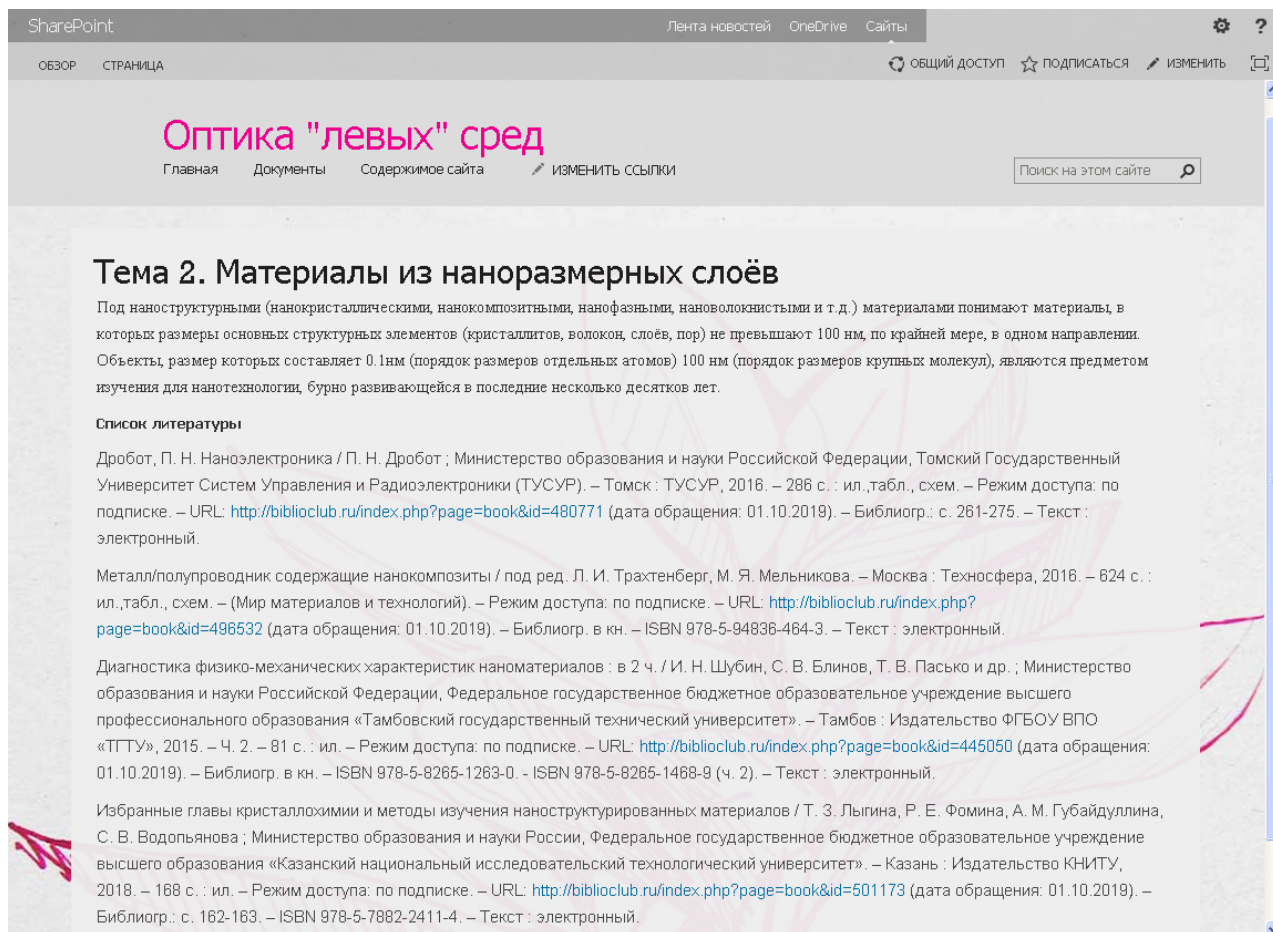


Рис. 7. Элементы избранного тематического модуля электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 7 представлено изображение элемента избранного тематического модуля, посвящённого изучению физических свойств материалов из наноразмерных слоёв, в составе электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic на платформе Microsoft SharePoint. Представленный тематический модуль призван познакомить студентов с основными физическими понятиями физики материалов из наноразмерных слоёв. В состав тематического модуля

включены ссылки на источники, необходимые для изучения темы. По прямым ссылкам на источники можно перейти к чтению источника или электронной книги в электронной библиотечной системе.

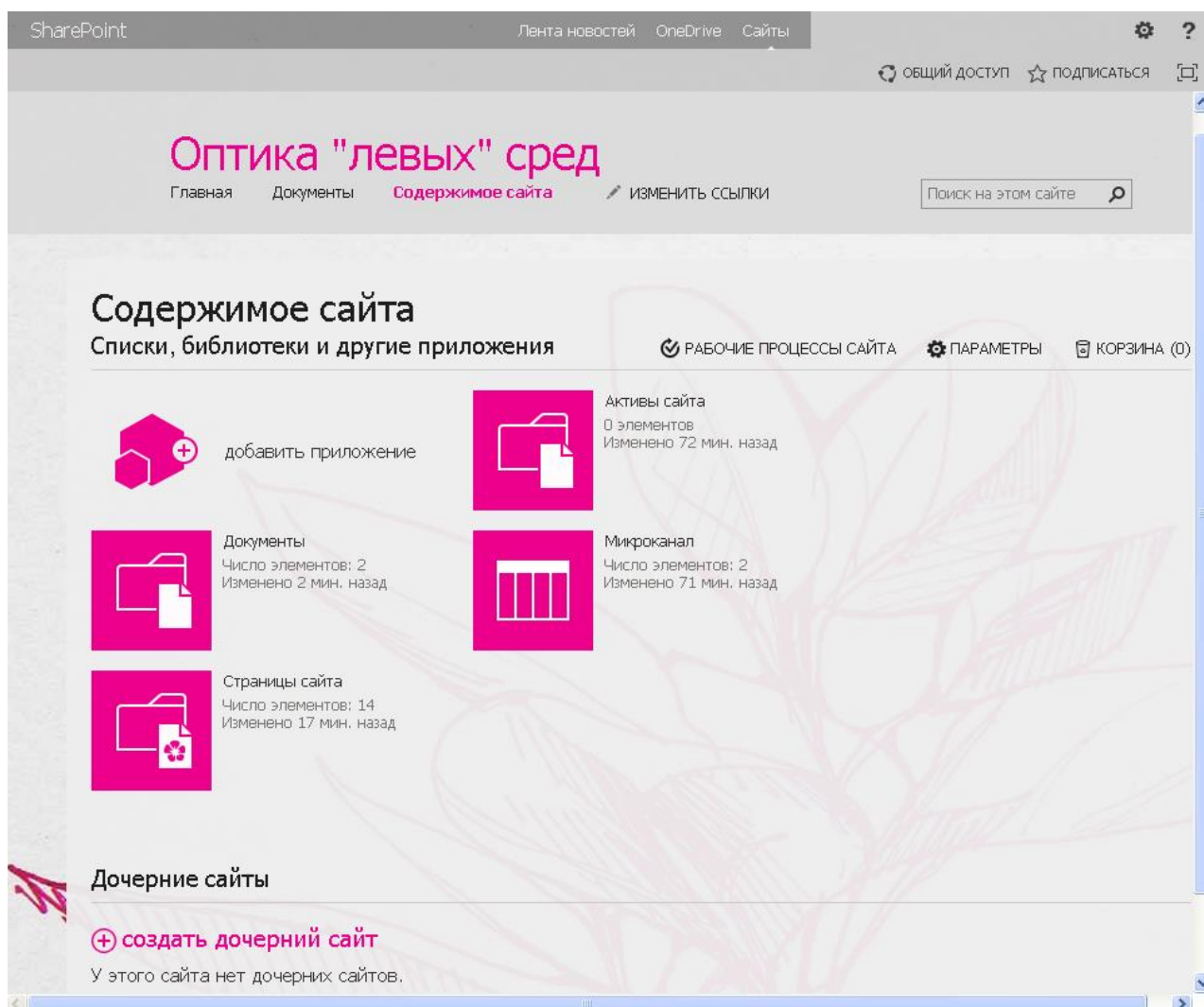


Рис. 8. Страница управления содержимым электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 8 представлено изображение страницы управления содержимым электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред». На странице управления содержимым сайта существует возможность добавлять страницы, приложения, документы, микроканалы, активы сайта, создавать дочерние сайты. При изучении курса «Оптика "левых" сред» с помощью электронного ресурса система Intranet Academic привносит то, что кроме основного курса по изучаемой дисциплине, используется материал для

подготовки в домашних условиях, позволяющий расширить учебное содержание, а также провести дифференциацию учебного материала в соответствии с индивидуальными потребностями и запросами студентов.

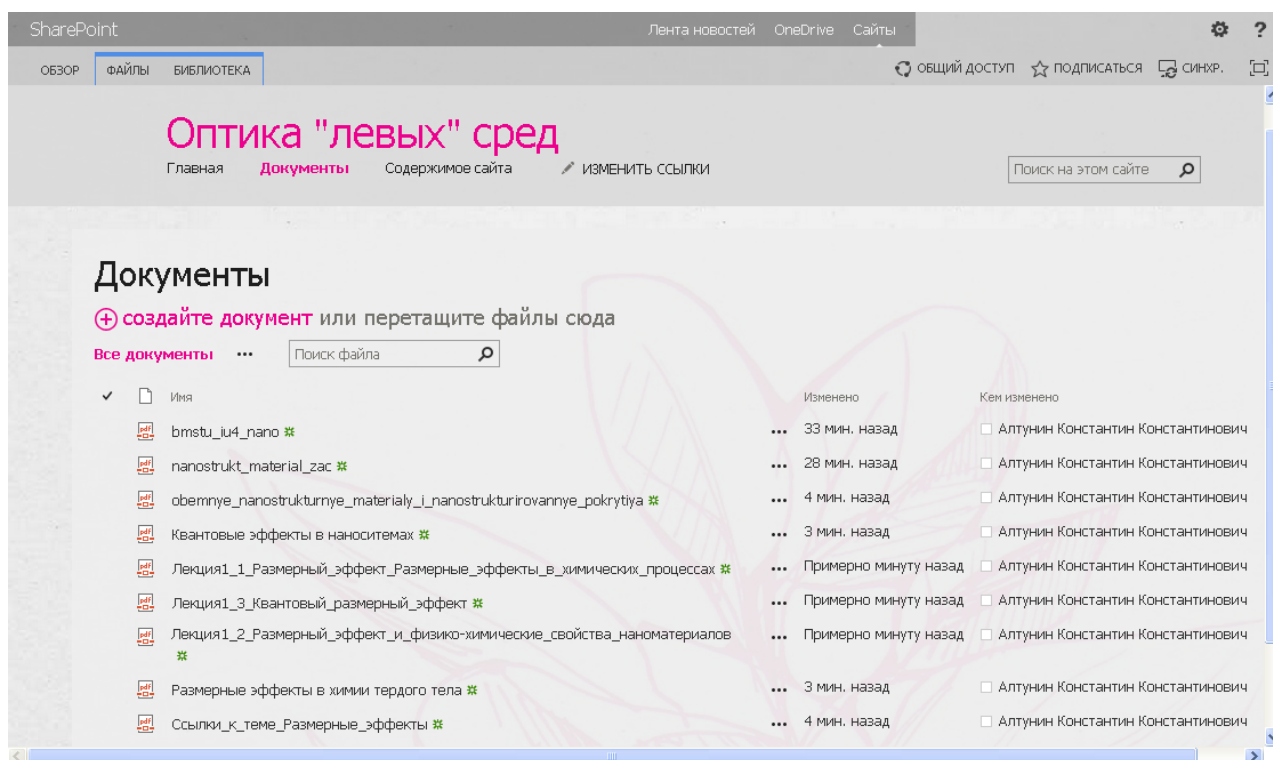


Рис. 9. Перечень документов в составе электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

На рис. 9 представлено изображение части перечня документов в составе электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic. Существует возможность добавлять и удалять документы с сайта. В образовательных целях преподаватель может сформулировать задание, результатом выполнения которого будет файл, который студент загрузит в специальную папку на сайте.

На рис. 10 представлен вид домашней страницы электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic на платформе Microsoft SharePoint в режиме редактирования. Функциональные возможности домашней страницы электронного образовательного ресурса «Оптика "левых" сред» позволяют выбрать стиль и

бренд сайта. Кроме того, на домашней странице существуют возможности управления доступом, добавления списков и библиотек.

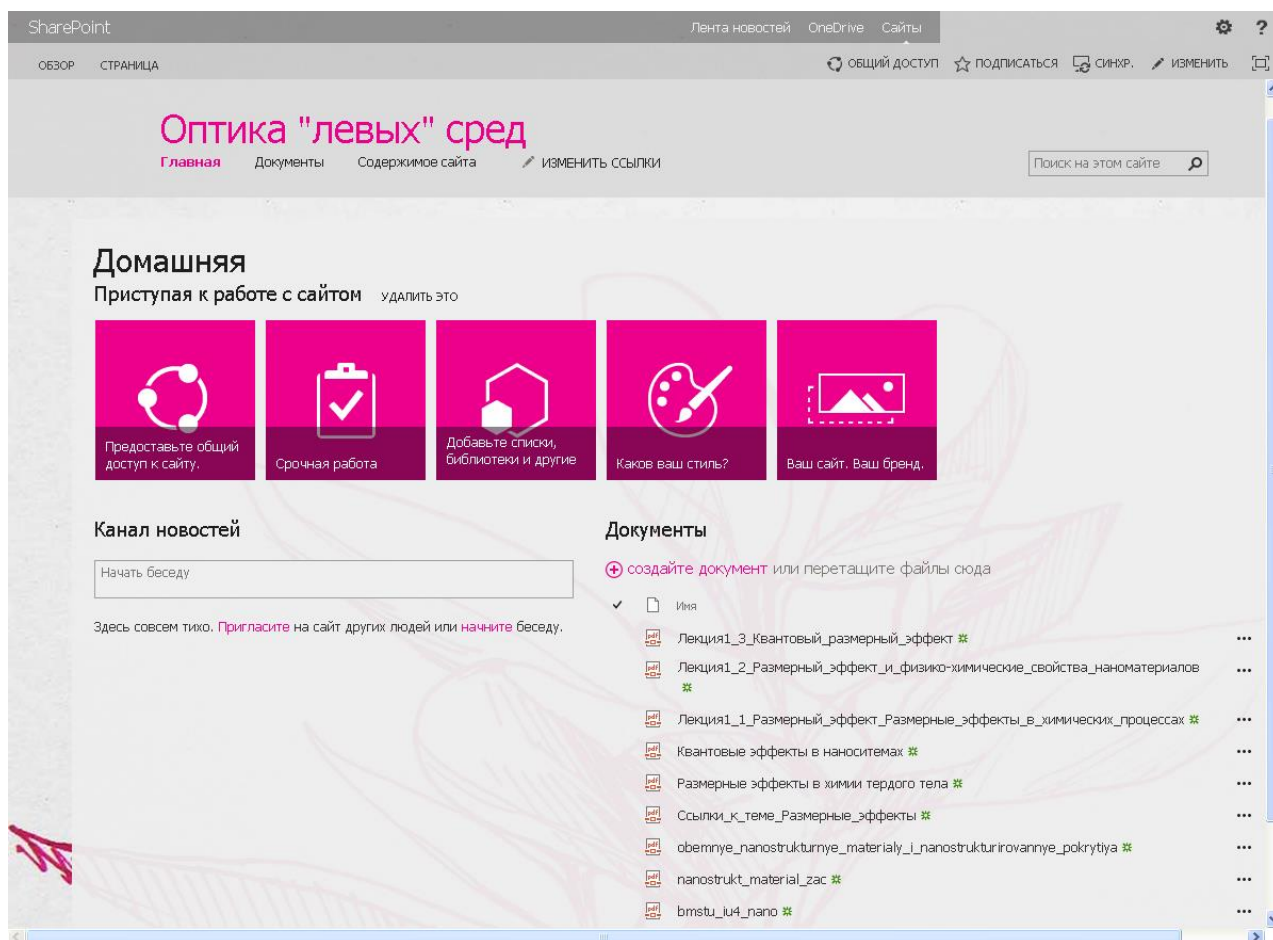


Рис. 10. Домашняя страница электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред» в системе Intranet Academic.

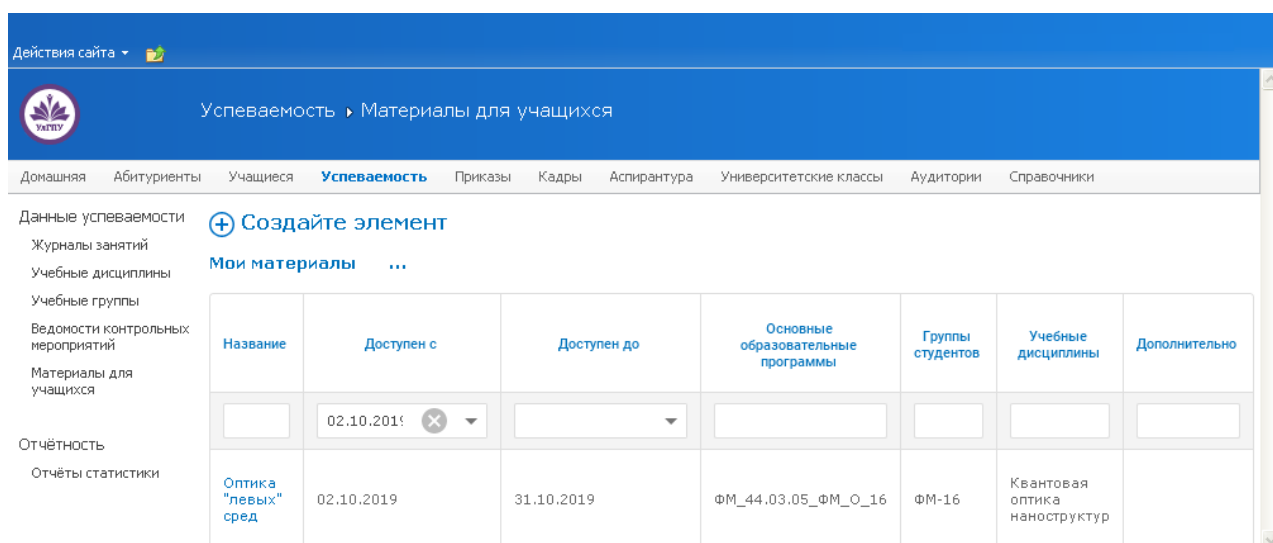


Рис. 11. Ссылка на электронный образовательный ресурс «Оптика "левых" сред» в материалах для учащихся в системе Intranet Academic.

Ссылку на электронный образовательный ресурс «Оптика "левых" сред» можно разместить в методических материалах для учащихся, сделав доступной в необходимый интервал времени определённым группам студентов (рис. 11).

Итак, в работе описан результат разработки электронного образовательного ресурса по курсу «Оптика "левых" сред», который готов к началу использования в учебном процессе в университете, позволяет автоматизировать проверку знаний по оптике "левых" сред. Электронный образовательный ресурс по курсу «Оптика "левых" сред», созданный в системе Intranet Academic, способствует систематизации хранения учебного материала по оптике "левых" сред. В качестве подтверждения гипотезы исследования спроектирован электронный образовательный ресурс по курсу «Оптика "левых" сред», позволяющий проводить обучение теоретическим основам оптики "левых" сред по традиционной, смешанной и дистанционной формам обучения с применением компьютеров. Электронный образовательный ресурс по курсу «Оптика "левых" сред», созданный в системе Intranet Academic, способен стать эффективным помощником, автоматизирующим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя в процессе преподавания учебных дисциплин физико-математического профиля подготовки в университете. Созданный электронный образовательный ресурс по курсу «Оптика "левых" сред» позволит планировать, организовывать и проводить изучение теоретического материала курса по оптике "левых" сред в дистанционной или смешанной форме обучения. Разработанный курс «Оптика "левых" сред» может занять особое место среди курсов по физико-математической тематике, предназначенных для студентов физико-математических профилей подготовки университетов.

Список использованных источников

1. Marques R., Medina F., Rafii-El-Idrissi R. Role of bianisotropy in negative permeability and left-handed metamaterials // Phys. Rev. B. 2002. Vol. 65. p. 144440. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.65.144440>.
2. Rosenblatt G. and Orenstein M. Power drainage and energy dissipation in lossy but perfect lenses // Phys. Rev. A. 2017. Vol. 95. p. 053857. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.95.053857>.
3. Cui T. J., Cheng Q., Huang Zh. Zh., and Feng Y. Electromagnetic wave localization using a left-handed transmission-line superlens // Phys. Rev. B. 2005. Vol. 72. p. 035112. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.72.035112>.
4. Centeno E. and Ciraci C. Theory of backward second-harmonic localization in nonlinear left-handed media // Phys. Rev. B. 2008. Vol. 78. p. 235101. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.78.235101>.
5. Bliokh Yu. P., Savel'ev S., and Nori F. Electron-beam instability in left-handed media // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 100. p. 244803. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.244803>.
6. Kemp B. A., Kong J. A., Grzegorzczak T. M. Reversal of wave momentum in isotropic left-handed media // Phys. Rev. A. 2007. Vol. 75. p. 053810. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.75.053810>.
7. Crasovan L.-C., Takayama O., Artigas D., Johansen S. K., Mihalache D., Torner L. Enhanced localization of Dyakonov-like surface waves in left-handed materials // Phys. Rev. B. 2006. Vol. 74. p. 155120. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.74.155120>.
8. Kats A. V., Savel'ev S., Yampol'skii V. A., and Nori F. Left-handed interfaces for electromagnetic surface waves // Phys. Rev. Lett. 2007. Vol. 98. p. 073901. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.073901>.
9. Kockaert P., Tassin Ph., der Sande G. V., Veretennicoff I., Tlidi M. Negative diffraction pattern dynamics in nonlinear cavities with left-handed materials // Phys. Rev. A. 2006. Vol. 74. p. 033822. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.74.033822>.

10. Cheng Q. and Cui T. J. High-power generation and transmission through a left-handed material // Phys. Rev. B. 2005. Vol. 72. p. 113112. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.72.113112>.
11. Cheng Q. and Cui T. J. Negative refractions in uniaxially anisotropic chiral media // Phys. Rev. B. 2006. Vol. 73. p. 113104. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.73.113104>.
12. Grzegorzczak T. M., Kong J. A. Electrodynamics of moving media inducing positive and negative refraction // Phys. Rev. B. 2006. Vol. 74. p. 033102. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.74.033102>.
13. Cui T. J., Kong J. A. Time-domain electromagnetic energy in a frequency-dispersive left-handed medium // Phys. Rev. B. 2004. Vol. 70. p. 205106. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.70.205106>.
14. Dung H. T., Buhmann S. Y., Knoll L., Welsch D.-G., Scheel S., and Kastel J. Electromagnetic-field quantization and spontaneous decay in left-handed media // Phys. Rev. A. 2003. Vol. 68. p. 043816. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.68.043816>.
15. Pacheco J. J., Grzegorzczak T. M., Wu B.-I., Zhang Y., Kong J. A. Power propagation in homogeneous isotropic frequency-dispersive left-handed media // Phys. Rev. Lett. 2002. Vol. 89. p. 257401. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.257401>.
16. Marques R., Martel J., Mesa F., and Medina F. Left-handed-media simulation and transmission of EM waves in subwavelength split-ring-resonator-loaded metallic waveguides // Phys. Rev. Lett. 2002. Vol. 89. p. 183901. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.183901>.
17. Hu L. and Chui S. T. Characteristics of electromagnetic wave propagation in uniaxially anisotropic left-handed materials // Phys. Rev. B. 2002. Vol. 66. p. 085108. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.66.085108>.
18. Pendry J. B. Negative refraction makes a perfect lens // Physical Review Letters. 2000. Vol. 85, no. 18. p. 3966-3969. URL: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.85.3966>.

19. Jacob Z., Alekseyev L. V., Narimanov E. Optical hyper-lens: far-field imaging beyond the diffraction limit // Optics Express. 2006. Vol. 14, no. 18. p. 8247. URL: <https://doi.org/10.1364/oe.14.008247>.

УДК 53.01

ББК 74.262.23

Разработка электронного образовательного ресурса "Квантовая механика наносистем с Octave"

Алтунин Константин Константинович,

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Штром Елена Сергеевна,

студентка 4 курса факультета физико-математического и технологического образования, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Рассматриваются результаты разработки электронного образовательного ресурса "Квантовая механика наносистем с Octave" в виде дистанционного курса, созданного в системе управления обучением MOODLE. Электронный образовательный ресурс "Квантовая механика наносистем с Octave" посвящён изучению квантовых свойств наносистем и наноструктур с помощью возможностей системы для математических вычислений Octave. Проведено описание основных функциональных возможностей электронного образовательного ресурса "Квантовая механика наносистем с Octave", созданного в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета. Обсуждаются возможности модульной структуры электронного образовательного ресурса "Квантовая механика наносистем с Octave".

Ключевые слова: квантовая механика, волновая функция, плотность вероятности, наносистема, наноструктура, дистанционный курс, электронный образовательный ресурс, математический пакет, Octave, MOODLE

Дистанционный курс "Квантовая механика наносистем с Octave" посвящён изучению фундаментальных идей квантовой механики наносистем и наноструктур с помощью возможностей системы для математических вычислений Octave. В работе рассматриваются теоретические и методические особенности процесса разработки дистанционного курса "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE, который может быть использован в вузовском курсе физики.

Целью исследования является описание научно-методических основ разработки дистанционного курса "Квантовая механика наносистем с Octave". Задача исследования состоит в разработке модульной структуры и банка вопросов дистанционного курса. Объектом исследования является курс "Квантовая механика наносистем с Octave". Предметом исследования является процесс создания информационных и контролирующих элементов дистанционного курса "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE. Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать курс "Квантовая механика наносистем с Octave", основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения квантовой механики наносистем, то можно повысить познавательный интерес студентов к квантовой механике наносистем.

В работе [1] рассматривается расширение классической теории поля Максвелла до первой квантованной теории фотона, получая консервативный четырёх-ток Лоренца, нулевая компонента которого является положительно определённой числовой плотностью. Поля являются действительными, и их положительные (отрицательные) частотные части интерпретируются как поглощение (излучение) фотона с положительной энергией. При

инвариантной плоско-волновой нормализации оператор положения фотона является эрмитовым с мгновенно локализованными собственными векторами, которые преобразуются в виде четырёх-векторов Лоренца. Реальность полей и волновой функции обеспечивают причинное распространение и нулевое суммарное поглощение энергии в отсутствие заряженного вещества. Амплитуда вероятности фотона является действительной частью проекции вектора состояния фотона на базис собственных векторов положения, а его квадрат реализует правило Борна. Явная ковариантность и согласованность с квантовой теорией поля поддерживаются с помощью электромагнитного четырёх-потенциала и калибровки Лоренца.

В работе [2] проводится анализ закрученных (вихревых) параксиальных фотонов и электронов в рамках релятивистской квантовой механики. Использование представления Фолди-Ваутхейсена радикально упрощает описание релятивистских электронов и проясняет фундаментальные свойства скрученных частиц. Показано, что скрученные и другие структурированные фотоны являются люминальными. Их сублюминальность, очевидно, имеет место, потому что энергия фотона также вносится скрытым движением. Это движение исчезает при усреднении и исчезает в квазиклассическом описании, основанном на ожидаемых значениях операторов импульса и скорости. Доказано, что квазиклассические кванты структурированного света являются сверхсветовыми и массивными. Квантовомеханические и квазиклассические описания скрученных и других структурированных электронов приводят к аналогичным результатам. Предсказан эффект квантования скорости и эффективной массы структурированного фотона и электрона. Этот эффект наблюдается для фотона. Скрученные и раскрученные квазиклассические фотоны и электроны, моделируемые центроидами, рассматриваются в ускоренной и вращающейся неинерциальной системе отсчёта. Показано совпадение их инерционных масс с кинематическими массами. Орбитальный магнитный момент электрона Лагерра-Гаусса не зависит от радиального квантового числа.

В статье [3] показано, что квантовая механика допускает когерентную суперпозицию различных состояний материи. Это качество отвечает за основные неклассические явления, которые происходят в квантовых системах. Помимо состояний, когерентные суперпозиции также возможны среди квантовых эволюций. Теоретическая структура ресурса разработана для количественной оценки суперпозиции, присутствующей в произвольной квантовой эволюции. В дополнение к характеристике, структура рассматривает суперпозицию как квантовый ресурс. Этот ресурс может быть использован для выполнения определенных квантовых задач, которые в противном случае невозможны. Выявлены эволюции, которые могут позволить реализовать произвольные квантовые операции и супероперации.

Дебаты, инициированные основополагающими работами Эйнштейна, Подольского, Розена и Белла, ставят понятия реализма и нелокальности в основу почти всех философских и физических дискуссий, лежащих в основе основ квантовой механики. Однако, хотя экспериментальные критерии и количественные показатели к настоящему времени хорошо установлены для нелокальности, не существует чёткого количественного показателя степени реальности, связанной с непрерывными переменными, такими как координата и импульс. В работе [4] рассматриваются положение и импульс как эффективно дискретные наблюдаемые величины. Затем реализуем операционное понятие проективного измерения и, исходя из этого, критерий реальности для этих величин. Затем вводим квантификатор для степени нереальности дискретизированной непрерывной переменной, которая при применении к сопряжённой паре координата-импульс подчиняется соотношению неопределённости, что означает, что квантовая механика предотвращает классический реализм для сопряжённых величин. В качестве приложения формализма изучено появление элементов реальности в случае, когда гауссовское состояние подчиняется диссипативной динамике, подразумеваемой гамильтонианом Кальдиrolа-Каная. В частности, в равновесии установлены некоторые связи с проблемой измерения и

определены аспекты, которые могут быть приняты в качестве квантового аналога понятия покоя.

Локальное сохранение физической величины, распределение которой изменяется со временем, математически описывается уравнением непрерывности. Соответствующий временной параметр, однако, определяется относительно идеализированных классических часов. В статье [5] рассмотрено, что происходит, когда это классическое время заменяется нерелятивистским квантовомеханическим описанием часов. Из зависящего от часов уравнения Шрёдингера (как аналог нестационарного уравнения Шрёдингера) выведено уравнение непрерывности, в котором вместо производной по времени возникает оператор плотности потока (вероятностного тока), который зависит от времени. Это зависящее от времени уравнение непрерывности может использоваться для анализа динамики квантовой системы и для изучения степеней свободы, которые могут использоваться в качестве внутреннего времени для приблизительного описания динамики оставшихся степеней свободы. В качестве иллюстрации изучена простую модель связанной электронно-ядерной динамики, и ядра интерпретированы как квантовые часы для электронного движения. Найдено, что всякий раз, когда справедливо приближение Борна-Оппенгеймера, уравнение непрерывности показывает, что ядра являются единственными соответствующими часами для электронов.

В работе [6] анализируется распространение волн на поверхности простейшего платоновского твёрдого тела в форме правильного тетраэдра. Найдено, что временная эволюция квантовой частицы, ограниченной такой поверхностью, эквивалентна дифракционной картине на решётке из определённого профиля и поэтому может быть исследована в простом дифракционном эксперименте. Квантовая частица демонстрирует нахождение в идеальном квантовом состоянии, которое приводит к дробному эффекту Тэлбота на дифракционной картине.

Осцилляторы Друде дают гармоническое описание флуктуаций заряда и широко изучаются как модельная система и для численных расчётов. В дипольном приближении гамильтониан, описывающий взаимодействие осцилляторов Друде, является квадратичным, поэтому его можно точно диагонализировать, но энергия расходится на небольшом расстоянии. В статье [7] рассмотрена квантовая механика осцилляторов Друде, взаимодействующих через полный кулоновский гамильтониан, для которого энергия взаимодействия не имеет этого дефекта. Эта типичная модель взаимодействия между веществом включает электростатику, индукцию и дисперсию. Кривые потенциальной энергии для димеров инертных газов очень близко соответствуют энергиям корреляции Друде и одной экспоненциальной функции. Точные решения и точные результаты, представленные в статье [7], помогают разграничить основные свойства физической модели и эффекты, возникающие в результате дипольного приближения.

В квантовой теории мы ссылаемся на вероятность нахождения частицы между местоположениями в данный момент, хотя у нас нет возможности точно предсказать, когда произойдет обнаружение частицы. В работе [8] представлен расширенный нерелятивистский квантовый формализм, где пространство и время играют эквивалентные роли. В этом контексте показано, что измерения энергии стационарного состояния показывают ненулевую дисперсию, и что неопределённость энергии-времени возникает из первых принципов. Центральный результат по времени прибытия, полученный с помощью подходов, которые прибегают к специальным предположениям, является естественной, встроенной частью формализма.

В работе [9] использован захваченный ион для изучения квантовых контекстуальных корреляций в одном кутрите, используя 5-наблюдаемое неравенство Клячко, Джана, Бинициоглу и Шумовского, которое, возможно, является наиболее фундаментальным неравенством неконтекстуальности для проверки квантовой механики. Полученные результаты нарушают

классическую оценку до 25 стандартных отклонений, в то же время, находясь в согласии с пределом квантовой механики.

В работе [10] рассматривается квантовая фазовая динамика, используя вигнеровское представление квантовой механики. Подчеркивается полезность интегральной формы для описания фазового тока Вигнера в качестве альтернативы популярной скобке Мойала. Интегральная форма выявляет симметрии между импульсным и позиционным представлениями квантовой механики, численно устойчива и позволяет выполнять некоторые вычисления, используя элементарные интегралы вместо звездных произведений Гренивольда. Основным результатом является явное элементарное доказательство, которое показывает, что только системы вплоть до квадратичных по своему потенциалу удовлетворяют теореме Лиувилля о сохранении объёма в квантовой механике.

В работе [11] рассматривается проблема игр в квантовом эксперименте и навязывается рациональное поведение по нескольким правилам. Эти правила дают в классическом случае байесовскую теорию вероятности через теоремы дуализма. В квантовой постановке они дают теорию Байеса, обобщённую на пространство эрмитовых матриц. Именно эта теория является квантовой механикой: на самом деле все её четыре постулата выводятся из обобщённой байесовской теории. Это означает, что квантовая механика является самосогласованной. Это также заставляет переосмыслить основные операции в квантовой механике как правила вероятности: правило Байеса (измерение), маргинализация (частичное отслеживание), независимость (тензорное произведение). Получается, что квантовая механика является байесовской теорией в комплексных числах.

В работе [12] исследованы квантовомеханические состояния нейтральных частиц, обладающих магнитным моментом (например, нейтроны, легкие атомы или даже нейтрино, хотя эффект будет крайне незначительным) в сочетании электромагнитного вихревого поля с постоянным магнитным полем. Показано, что эта система полей в принципе

способна захватывать частицу в перпендикулярном направлении и направлять её вдоль распространяющейся волны. Квантовая эволюция подвержена туннельным процессам, которые могут разрушить тонкий механизм захвата.

Слабые магнитные монополи с континуумом зарядов меньше минимума, подразумеваемого условием квантования Дирака, могут быть возможны в неассоциативной квантовой механике. Если слабо магнитно заряженный протон в атоме водорода лишь незначительно возмущает стандартный энергетический спектр, магнитные заряды могли бы избежать обнаружения. Проверка этой гипотезы требует совершенно новых методов вычисления энергетических спектров в неассоциативной квантовой механике. Такие методы представлены в работе [13] и оценены для верхних оценок магнитного заряда элементарных частиц.

В статье [14] представлен протокол для различения в конечное время и с произвольно высокой вероятностью успеха любой алгоритмической смеси чистых состояний из максимально смешанного состояния. Описана экспериментальная реализация с использованием модифицированной установки распределения квантовых ключей, где готовятся две разные случайные последовательности чистых состояний; эти последовательности неразличимы в соответствии с квантовой механикой, но они становятся различимыми, когда случайность заменяется псевдослучайностью в процессе подготовки эксперимента.

Принцип суперпозиции лежит в основе многих неклассических свойств квантовой механики. В связи с этим вводим строгую основу теории ресурсов для количественного определения суперпозиции конечного числа линейных независимых состояний. Эта теория является обобщением теории согласованности ресурсов. В статье [15] определена общая структура операций, которые не создают суперпозицию, найдена фундаментальную связь с однозначной государственной дискриминацией и предлагается несколько количественных мер суперпозиции. Используя эту теорию, показано, что операции уменьшения следов могут выполняться бесплатно,

что, когда специализируется на теории когерентности, решает остающийся открытым вопрос и используется для решения свободного вероятностного преобразования между чистыми состояниями. Наконец, доказываем, что линейно независимая суперпозиция является необходимым и достаточным условием для точного создания запутанности в дискретных условиях, устанавливая прочную структурную связь между нашей теорией суперпозиции и теорией запутывания.

В статье [16] предложено расширение квантовой механики, основанное на идее, что основной «квантовый шум» имеет ненулевое, хотя и очень маленькое, время корреляции. Стандартное (нерелятивистское) уравнение Шрёдингера восстанавливается до нулевого порядка за время корреляции и вычисляется первая поправка к энергетическим уровням. Обсуждаются некоторые последствия, в частности, нарушение принципа неопределённости Гейзенберга и восстановление локальности за короткое время.

В статье [17] обсуждается, что природа проективных измерений в квантовой механике может привести к нетривиальному смещению в немарковских мерах, количественно определяя поток информации между системой и её средой. Следовательно, в текущей форме предполагаемые приложения принципиально ограничены. В системе с захваченными ионами можно точно измерить такое смещение и провести локальное квантовое зондирование, чтобы продемонстрировать соответствующие ограничения. Сочетание расширенных мер и масштабируемого экспериментального подхода может предоставить универсальную справочную информацию, необходимую для понимания более сложных систем.

В работе [18] представлена математическая структура, основанная на квантовых интервальных вероятностных мерах, для изучения влияния экспериментальных несовершенств и измерений с конечной точностью на определяющие аспекты квантовой механики, такие как контекстуальность и правило Борна. Хотя основополагающие результаты, такие как теоремы Кохена-Спекера и Глисона, действительны в контексте бесконечной точности,

в целом они не могут быть выполнены в мире с ограниченными ресурсами. Здесь используется интервальный каркас, чтобы установить границы действительности этих теорем в реальных экспериментальных условиях. Таким образом, не только можно количественно оценить идею измерения с конечной точностью в рамках теории, но также можно предложить возможное разрешение дискуссии Мейера-Мермина о влиянии измерения с конечной точностью на теорему Кохена-Спекера.

Когерентная суперпозиция состояний в сочетании с квантованием наблюдаемых представляет собой одну из самых фундаментальных особенностей, которые отмечают отход квантовой механики от классической области. Квантовая когерентность в системах многих тел воплощает сущность запутанности и является важным компонентом для множества физических явлений в квантовой оптике, квантовой информации, физике твёрдого тела и нанодисперсной термодинамике. В последние годы исследования наличия и функциональной роли квантовой когерентности в биологических системах также привлекают значительный интерес. Несмотря на фундаментальную важность квантовой когерентности, разработка строгой теории квантовой когерентности как физического ресурса была начата лишь недавно. В работе [19] обсуждается и рассматривается развитие этой быстро растущей области исследований, которая охватывает характеристику, количественную оценку, манипулирование, динамическое развитие и оперативное применение квантовой когерентности.

Понятие измерения имеет как фундаментальное, так и инструментальное значение в квантовой механике, а когерентность, разрушаемая измерениями (декогеренция), лежит в основе перехода от квантовой к классической механике. Качественные аспекты этого явления были широко признаны и проанализированы с момента создания квантовой теории. В статье [20] развивается идея о том, что когерентность и квантовая неопределённость являются двойственными точками зрения одной и той же квантовой основы, и рассматриваем количественное определение

когерентности путём идентификации когерентности состояния (по отношению к измерению) с квантовой неопределённостью измерения. Следовательно, меры когерентности могут быть приведены в соответствие с мерами квантовой неопределённости. Проиллюстрированы последствия для интерпретации квантовой чистоты как максимальной когерентности и квантового разногласия как минимальной когерентности, если выбрать среднюю квантовую информацию Фишера как меру квантовой неопределённости.

Когда кто-то пытается учесть нетривиальную вакуумную структуру квантовой теории поля, стандартные функционально-интегральные инструменты, такие как генерирующие функционалы или переходные амплитуды, часто оказываются совершенно неадекватными для таких целей. В статье [21] предложен обобщённый производящий функционал для функций Грина, который позволяет легко различать непрерывный набор вакуумов, которые взаимно связаны через унитарные канонические преобразования. Чтобы максимально упростить обсуждение, ограничимся квантовой механикой, в которой производящий функционал функций Грина строится с помощью интегралов по путям фазового пространства. Квантовомеханическая установка позволяет акцентировать основные логические этапы, не прибегая к техническим сложностям, таким как перенормировка или неэквивалентные представления, которые в противном случае должны рассматриваться в полноценной квантовой теории поля. Проиллюстрируем внутреннюю работу производящего функционала, полученную в результате обсуждения функций Грина среди вакуума, которые связаны между собой посредством трансляций и дилатаций. Также кратко обсуждаются важные вопросы, в том числе связь с квантовой теорией поля, амплитуды перехода вакуум-вакуум и расширение возмущения в параметре вакуума.

В работе [22] используется проективное измерение в качестве фундаментальной аксиомы в квантовой механике, хотя оно является прерывистым и не может предсказать, какое измеренное собственное

состояние оператора будет наблюдаться в каком экспериментальном прогоне. Вероятностное правило Борна даёт ему ансамблевую интерпретацию, предсказывающую пропорции различных результатов в течение многих экспериментальных прогонов. Понимание постепенных слабых измерений требует замены этого сценария динамическим уравнением эволюции для коллапса квантового состояния в отдельных экспериментальных сериях.

Многие базовые наборы для расчетов электронной структуры развиваются с изменяющимися внешними параметрами, такими как движущиеся атомы при динамическом моделировании, что приводит к дополнительным производным членам в динамических уравнениях. В работе [23] возвращаемся к этим производным в контексте дифференциальной геометрии, тем самым, получая более прозрачную формализацию и геометрическую перспективу для лучшего понимания полученных уравнений. Эффект эволюции базиса в охватываемом гильбертовом пространстве явно отделяется от эффекта поворота самого пространства при движении в пространстве параметров, когда касательное пространство поворачивается при движении в искривленном пространстве. Новые идеи получены с использованием знакомых концепций в этом контексте, таких как кривизна Римана. Дифференциальная геометрия не является строго такой, как для искривленных пространств, как в общей теории относительности, более адекватные математические рамки обеспечиваются расслоениями. Однако используемый здесь язык будет ограничен тензорами и базовой квантовой механикой. Локальная калибровка, подразумеваемая плавно меняющимся базисным набором, легко связывается с формализмом Берри для геометрических фаз. Обобщенные выражения для связи Берри и кривизны получены для зависящего от параметра заполненного гильбертова пространства, натянутого на неортогональные функции Ванье. Формализм применим к базисным наборам, состоящим из атомно-подобных орбиталей, а также к более адаптивным движущимся базисным функциям (таким как методы, использующие функции Ваньера в качестве промежуточных или

опорных баз), но также должен применяться к другим ситуациям, в которых неортогональные функции или связанные проекторы должны возникать. Формализм применяется к зависящей от времени квантовой эволюции электронов для движущихся атомов. Представленные геометрические данные позволяют предлагать новые интеграторы времени с конечной разностью, а также лучше понимать уже предложенные.

Ультрахолодные атомные системы представляли большой исследовательский интерес в прошлом, при этом более недавнее внимание уделялось системам смешанных видов. В работе [24] проведено непертурбативное моделирование Монте-Карло с интегралом по путям для различных частиц при конечной температуре, которые можно рассматривать как ультрахолодную атомную систему.

Недавние результаты, полученные в квантовых измерениях, показывают, что фундаментальные связи между тремя физическими свойствами системы могут быть представлены сложными условными вероятностями. В работе [25] показано, что эти отношения обеспечивают полностью детерминированную и универсально действительную структуру, на которой может основываться вся квантовая механика. В частности, квантовая механика может быть получена путём объединения правил байесовской теории вероятностей только с одним дополнительным законом, который объясняет фазы комплексных вероятностей. Этот закон, который вводится как закон квантовой эргодичности, основан на наблюдении, что реальность физических свойств не может быть отделена от динамики, с помощью которой они возникают в измерительных взаимодействиях. Сложные фазы являются выражением этой неразделимости и представляют собой динамическую структуру превращений между различными свойствами. В своей количественной форме закон квантовой эргодичности описывает фундаментальную связь между эргодическими вероятностями, полученными динамическим усреднением, и детерминированными отношениями между тремя свойствами, выраженными комплексными условными вероятностями.

Полный формализм квантовой механики может быть выведен из этого единственного отношения без каких-либо аксиоматических математических предположений о векторах состояний или суперпозициях. Поэтому можно объяснить все квантовые явления как следствие одного фундаментального закона физики.

В работе [26] введён принцип действия для класса целочисленных клеточных автоматов и получены гамильтоновы уравнения движения. Используя теорию дискретизации, эти дискретные детерминированные уравнения обратимо отображаются на континуальные уравнения для набора гармонических генераторов с ограниченной полосой пропускания, которые кодируют уравнение Шрёдингера.

Знакомые понятия векторов состояний и операторов в квантовой механике опираются на ассоциативные произведения наблюдаемых. Однако эти понятия не применяются к некоторым экзотическим системам, таким как магнитные монополи, которые, как известно, давно приводят к неассоциативным алгебрам. Их квантовая физика осталась неясной. В работе [27] представлен первый вывод потенциально проверяемых физических результатов в неассоциативной квантовой механике, основанных на эффективных потенциалах. Они подразумевают новые эффекты, которые нельзя воспроизвести в обычной квантовой механике со стандартными магнитными полями.

Принцип дополнительности Бора является одним из центральных понятий в квантовой механике, который ограничивает совместные измерения для определённых наблюдаемых величин. Конечно, последующее развитие показывает, что совместное измерение может быть возможным для таких наблюдаемых величин при введении определённой степени нерезкости или нечёткости в измерении. В статье [28] показано, что оптимальная степень нерезкости, которая гарантирует совместное измерение всех возможных пар дихотомических наблюдаемых, определяет степень нелокальности в квантовой механике, а также в более общих теориях отсутствия сигналов.

В работе [29] решено уравнение Максвелла-Дирака для изучения динамики пространственно локализованной заряженной частицы в одном пространственном измерении. В то время как связь уравнений Максвелла с уравнением Дирака правильно предсказывает привлекательное или отталкивающее взаимодействие между различными частицами, оно также обнаруживает нефизическое взаимодействие одного электрона или позитрона с самим собой, приводящее к усиленному пространственному распространению волнового пакета. Используя сравнение с релятивистским ансамблем взаимно взаимодействующих классических квазичастиц, предполагаем, что это квантовомеханическое самоотталкивание можно понять с точки зрения релятивистской классической механики. Показано, что благодаря простой форме закона Кулона в одном пространственном измерении можно найти аналитические выражения зависящей от времени пространственной ширины для взаимодействующего классического ансамбля. Лучшее понимание динамического воздействия этого неизбежного эффекта самотталкивания актуально для недавних исследований процесса создания пар, вызванного полем, из вакуума.

Квантовая механика устанавливает ограничения на то, как быстро могут протекать квантовые процессы при определённой энергии системы через отношения неопределённости времени и энергии, и они подразумевают, что время и энергия являются компромиссами друг с другом. В работе [30] предлагается измерять энергию времени как единое целое для квантовых каналов. Рассматриваем меру энергии времени для квантовых каналов и вычисляем ее нижнюю и верхнюю границы, используя каналные операторы Крауса. Для специального класса каналов (который включает в себя деполяризующий канал) можем получить точное значение измерения энергии времени.

Рассмотрим краткое описание физических задач, решаемых в курсе. В качестве одной из физических задач в составе курса рассмотрим задачу частице, находящейся в одномерной потенциальной яме с бесконечно

высокими стенками. Теоретическая задача состоит в нахождении волновых функций и собственных значений энергии частицы. Численная задача состоит в построении графиков зависимости волновой функции и плотности вероятности от координаты средствами математического пакета Octave. На рис. 1-12 приведены изображения окон математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, при различных значениях квантовых чисел в ходе выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE. По графикам возможно нахождение нулей и максимумов волновой функции.

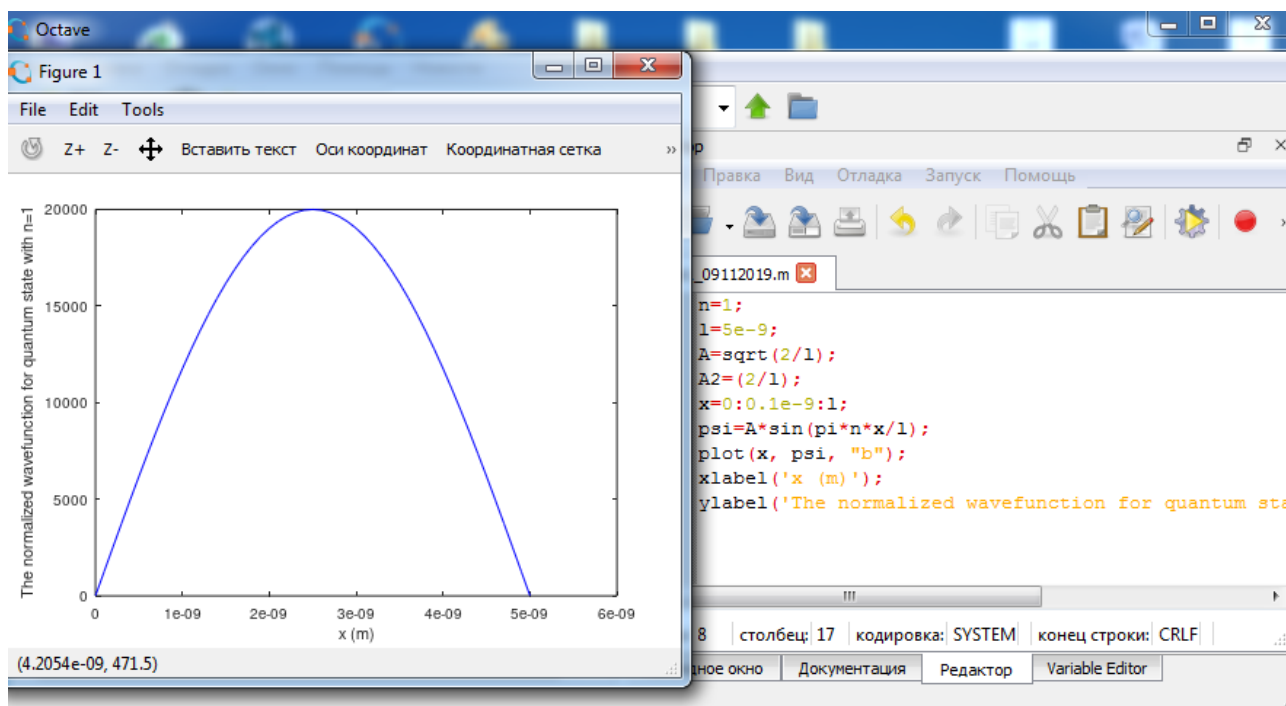


Рис. 1. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_1(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

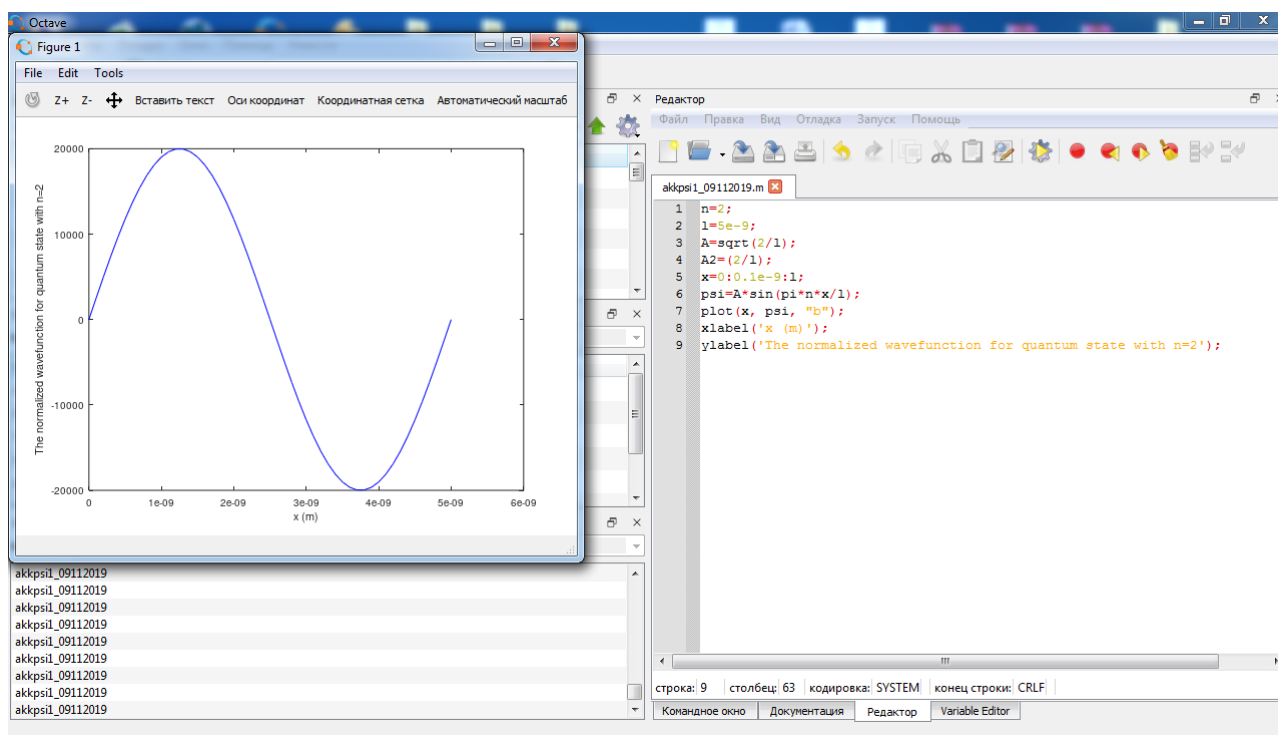


Рис. 2. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_2(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

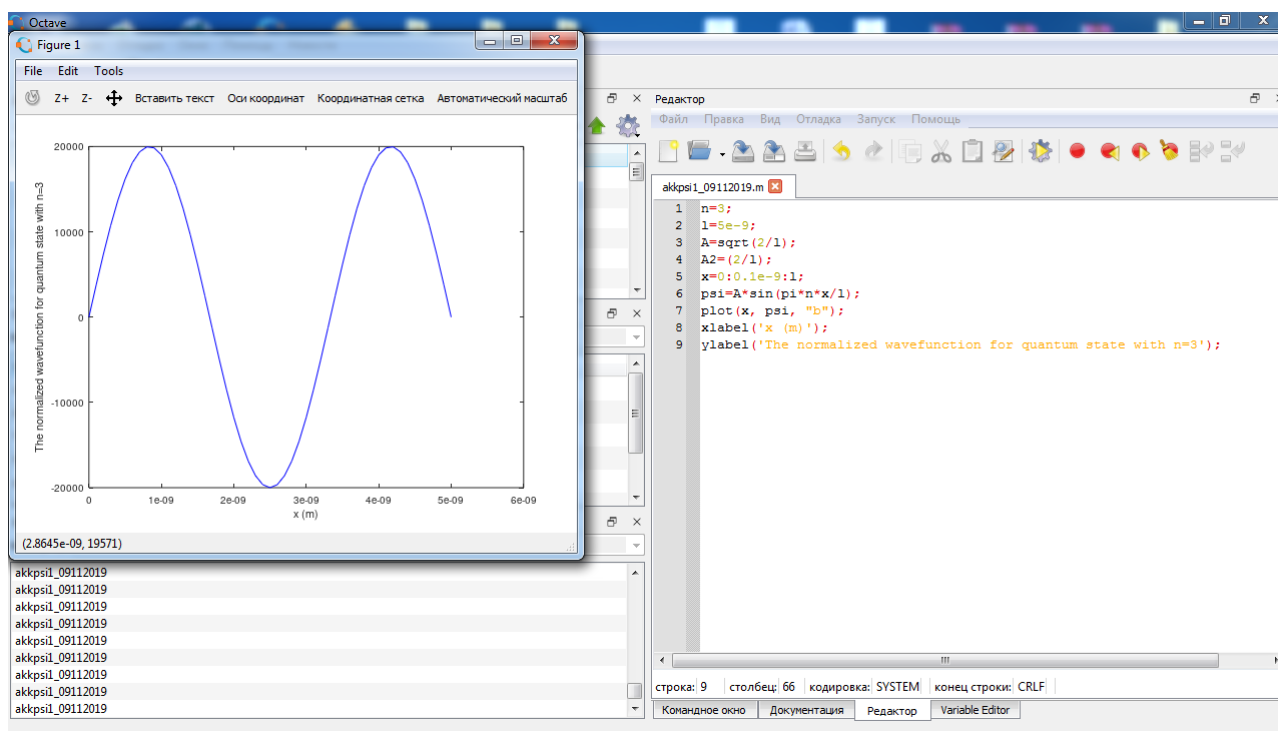


Рис. 3. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_3(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

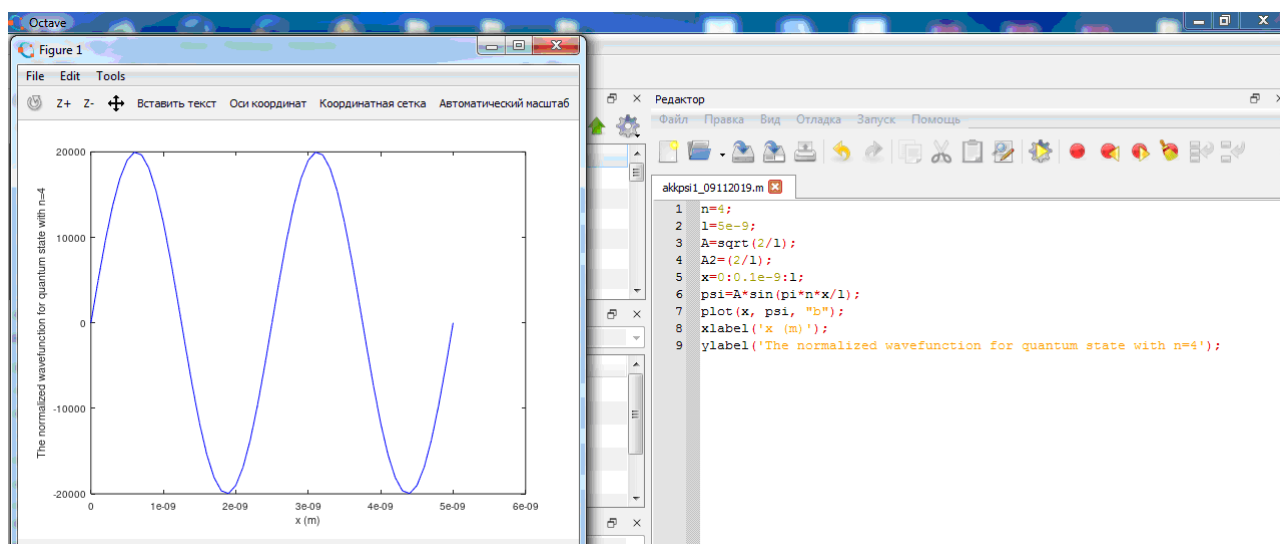


Рис. 4. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_4(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, для выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE.

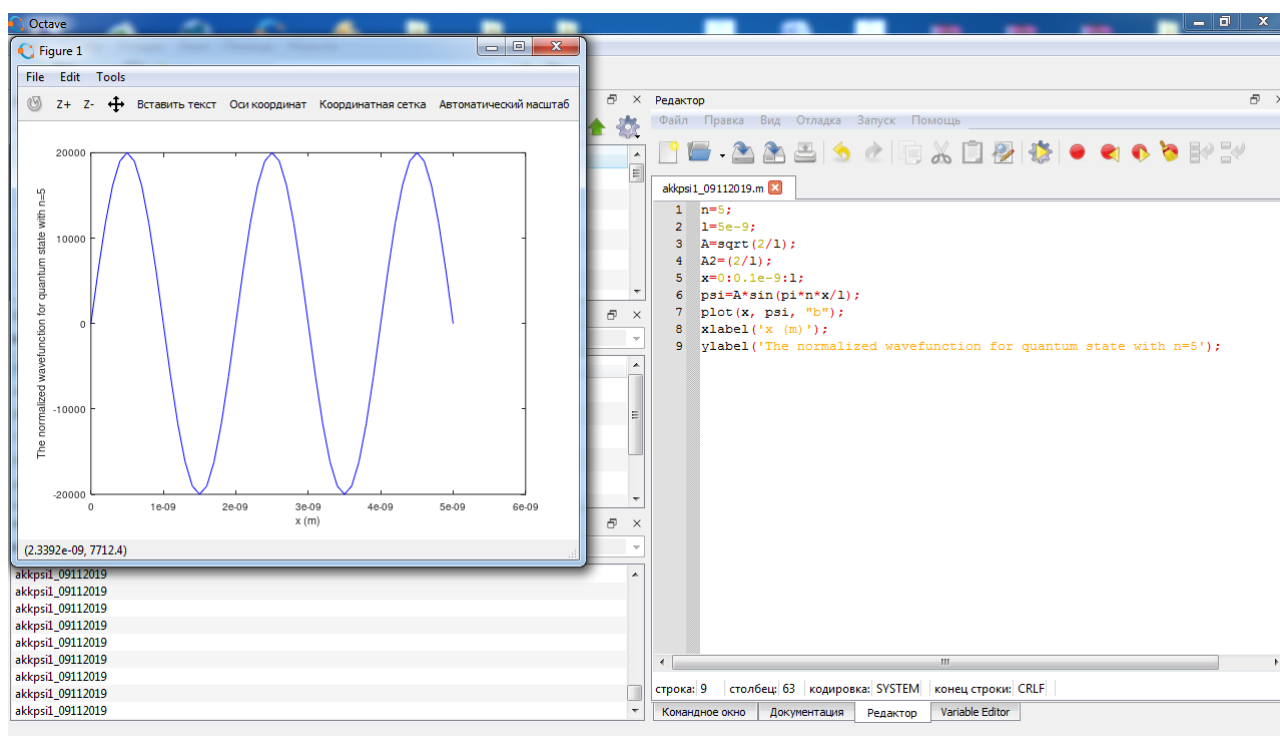


Рис. 5. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_5(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

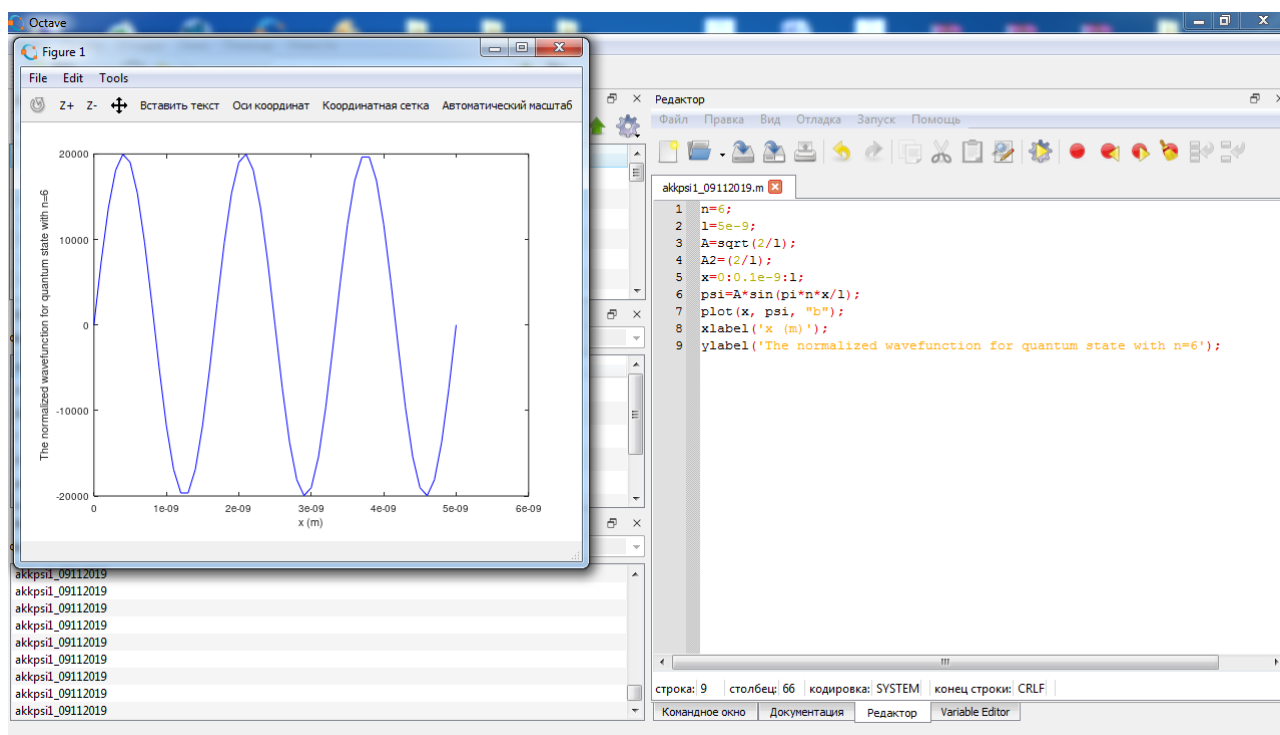


Рис. 6. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_6(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

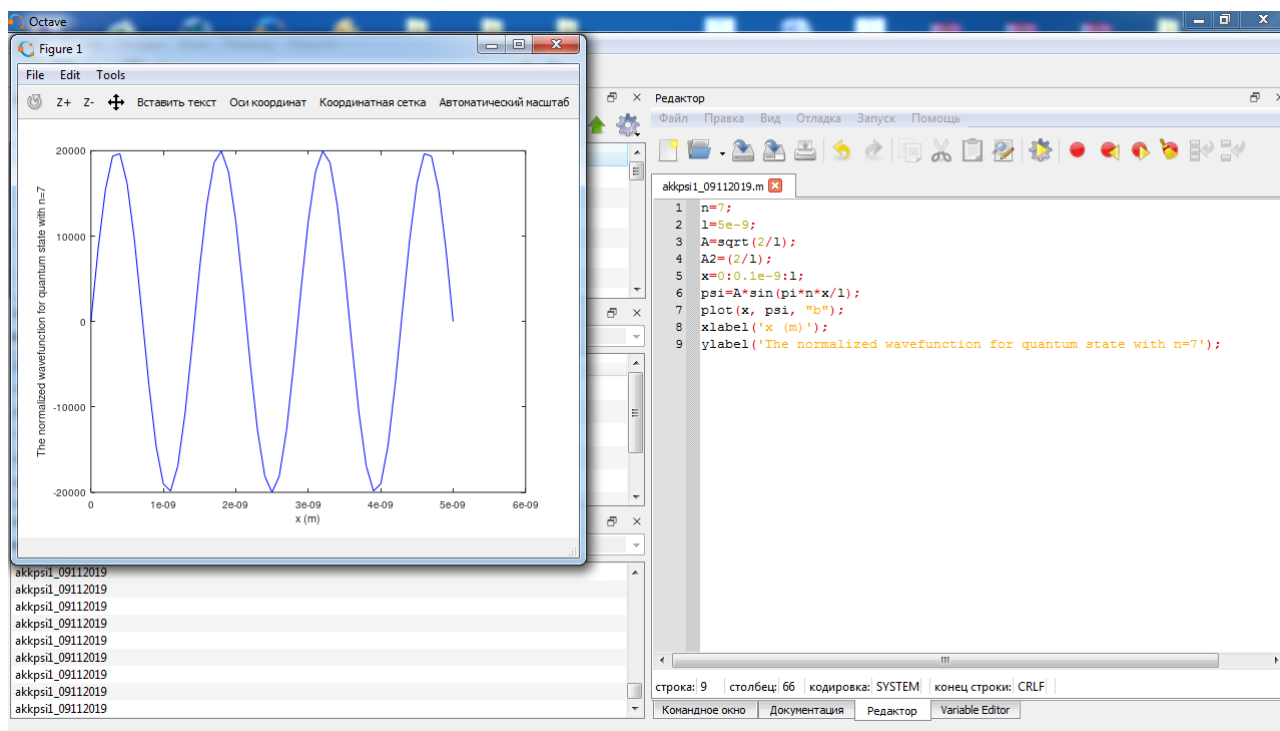


Рис. 7. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_7(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

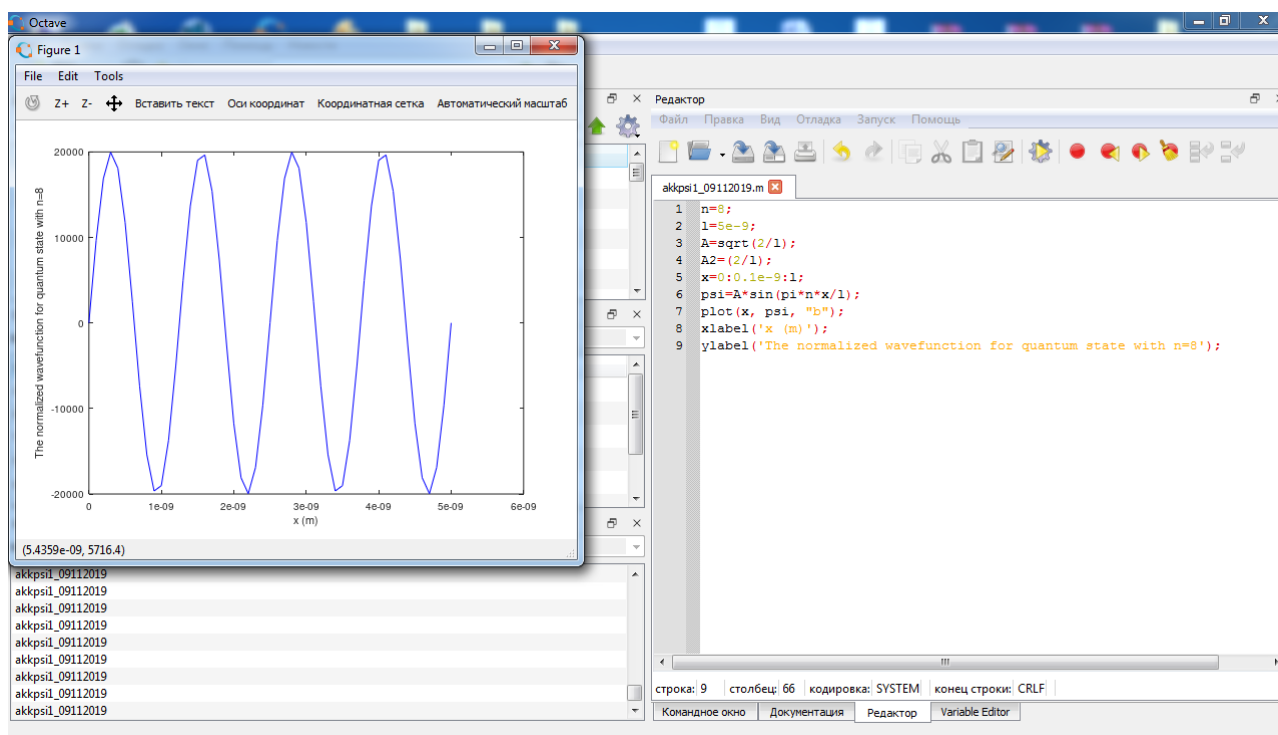


Рис. 8. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_8(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

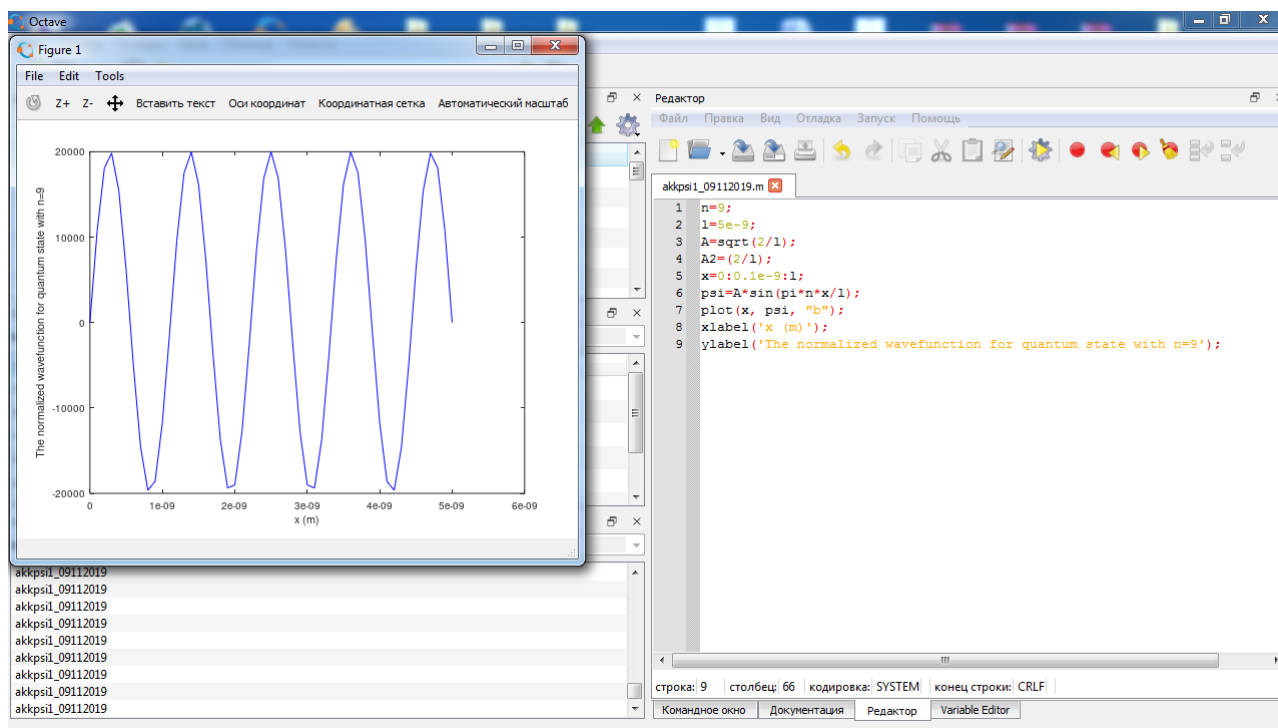


Рис. 9. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_9(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

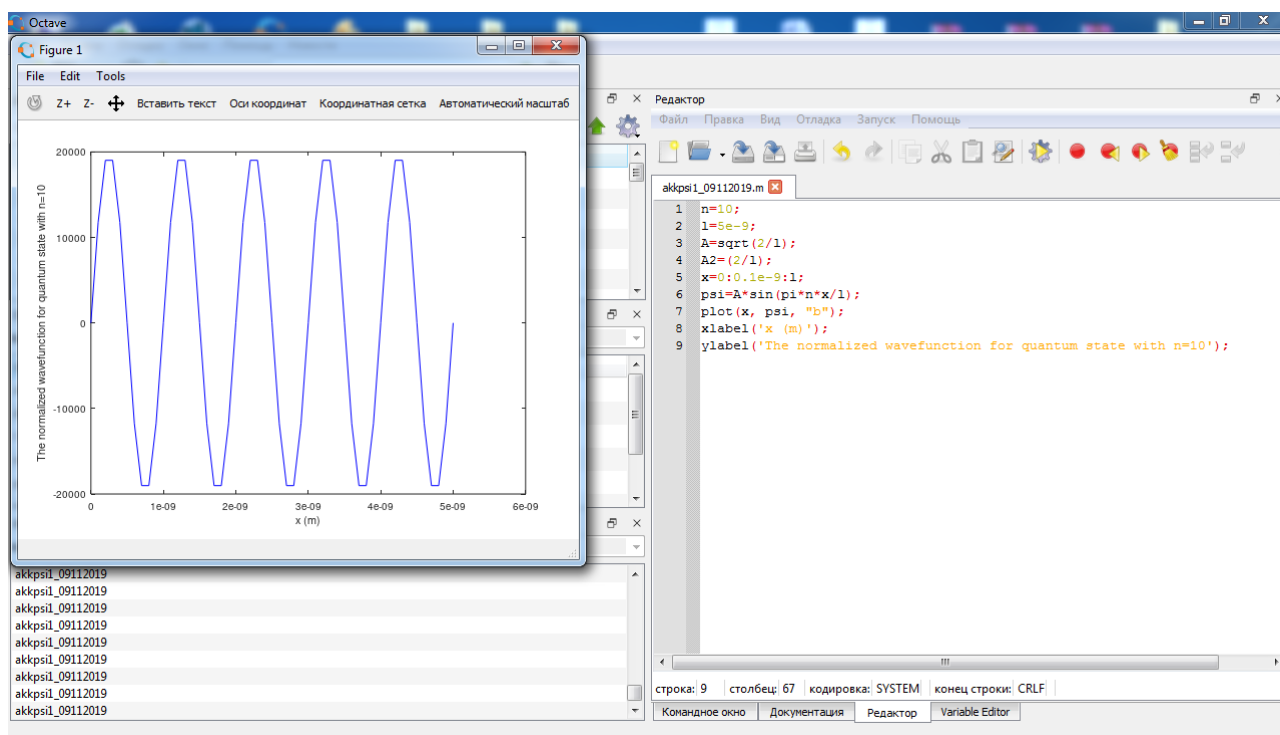


Рис. 10. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_{10}(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

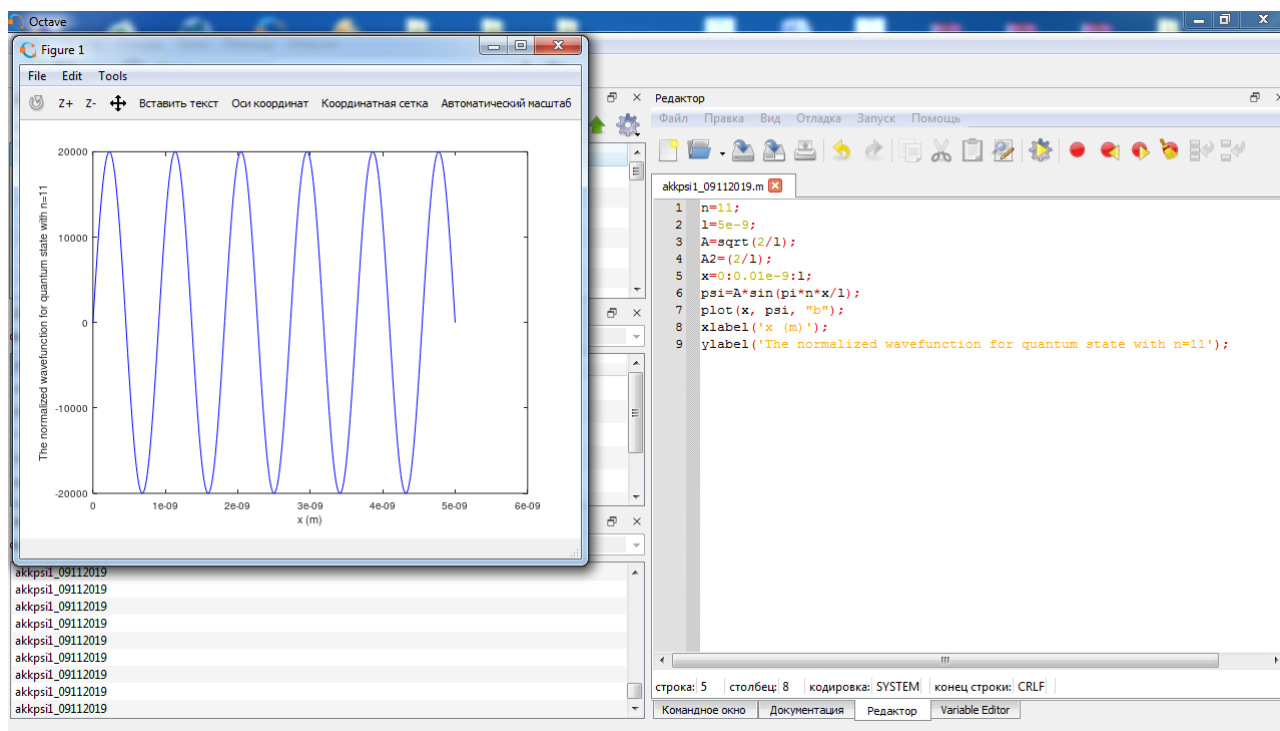


Рис. 11. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_{11}(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

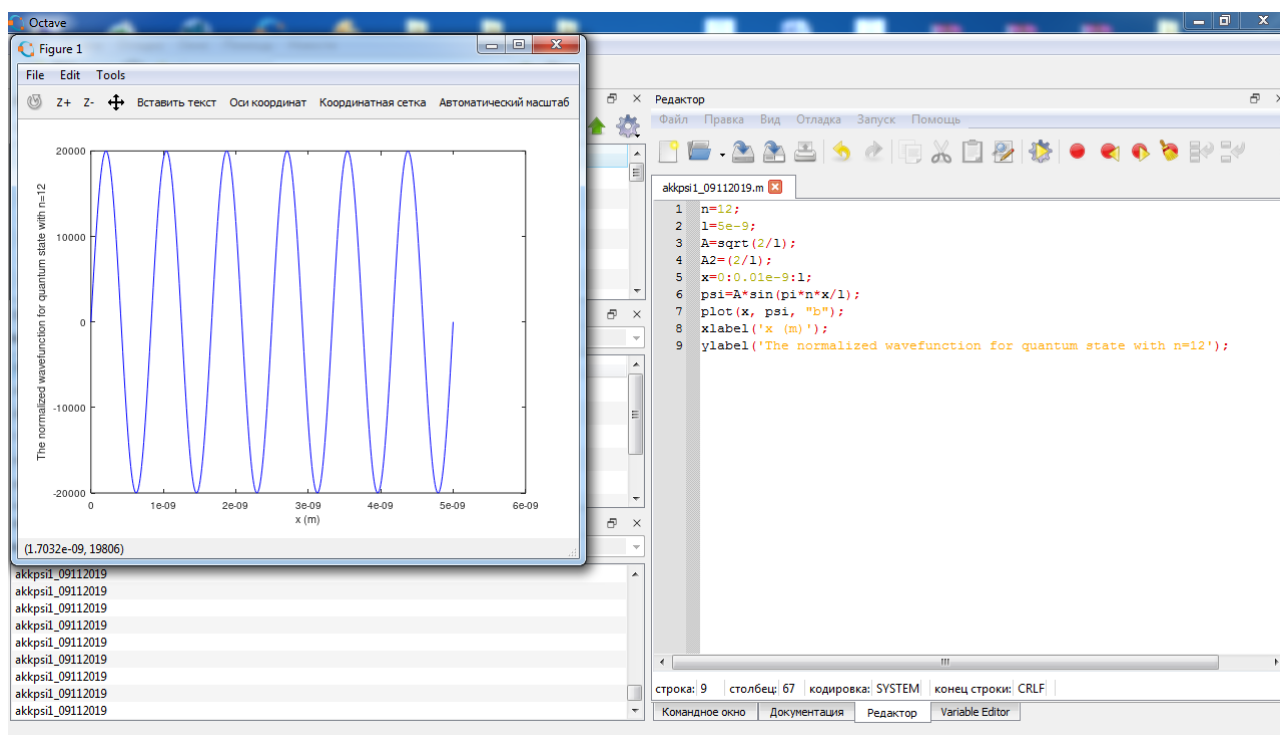


Рис. 12. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости волновой функции $\psi_{12}(x)$ электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

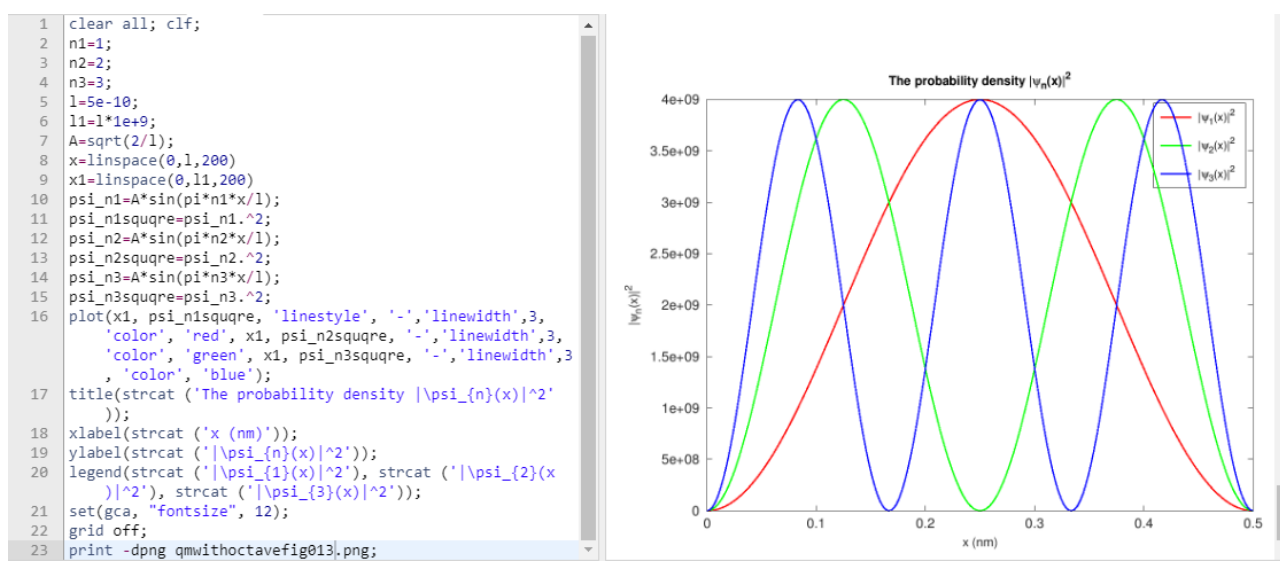


Рис. 13. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, для выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE.

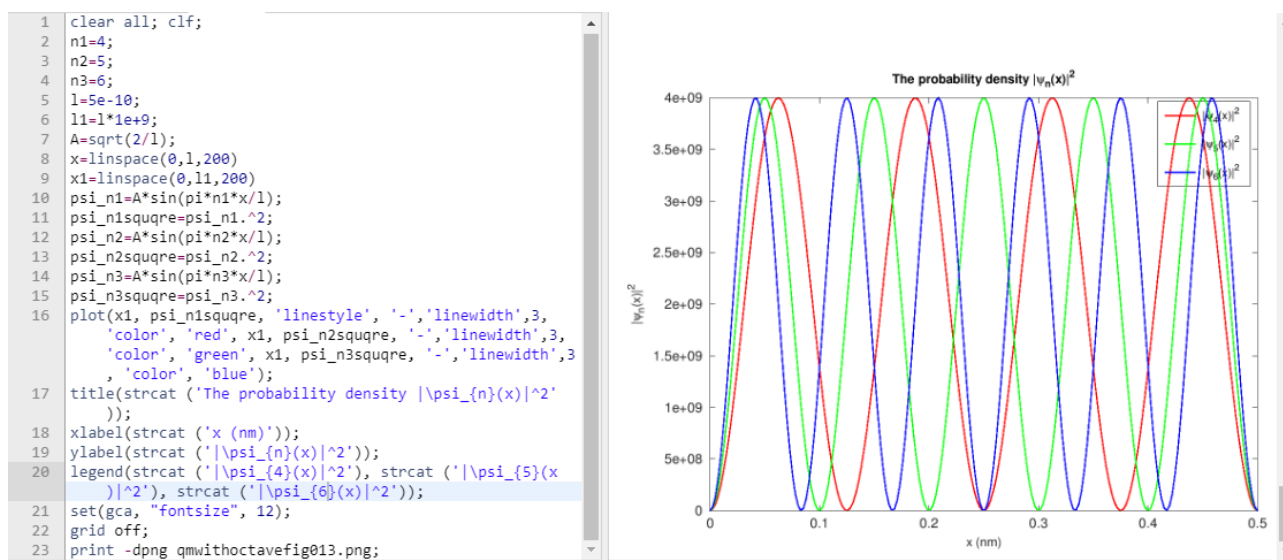


Рис. 14. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, для выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE.

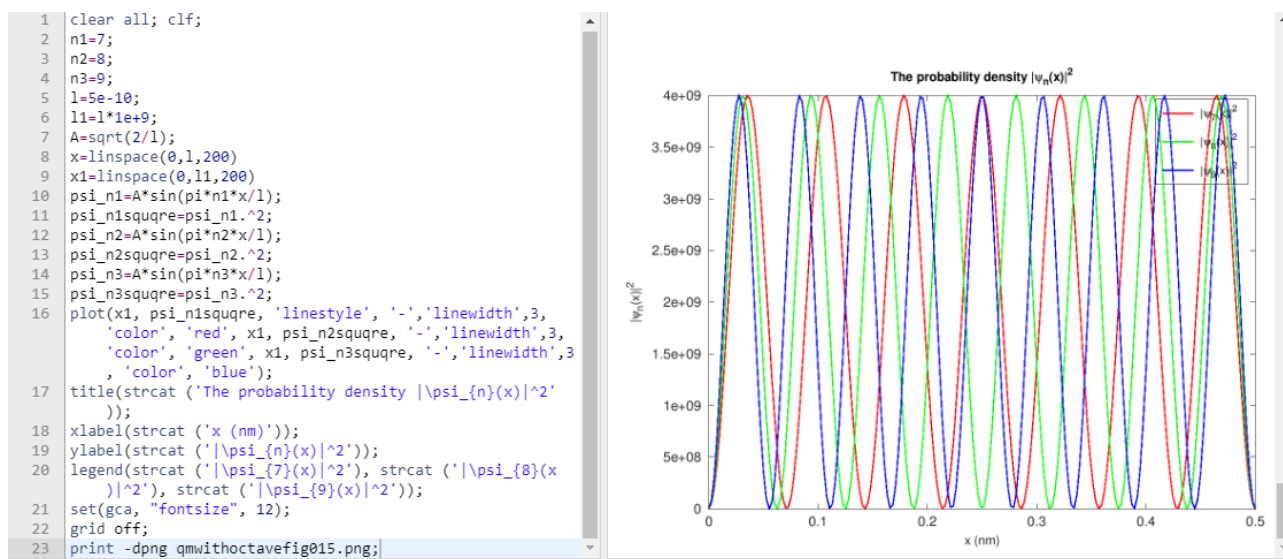


Рис. 15. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, для выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE.

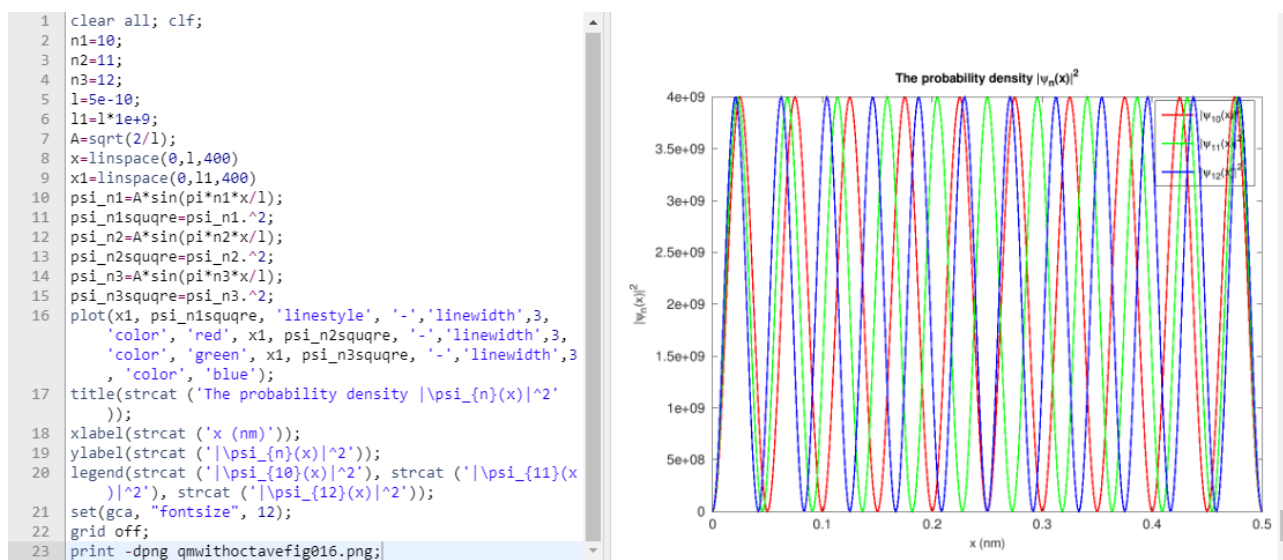


Рис. 16. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, для выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE.

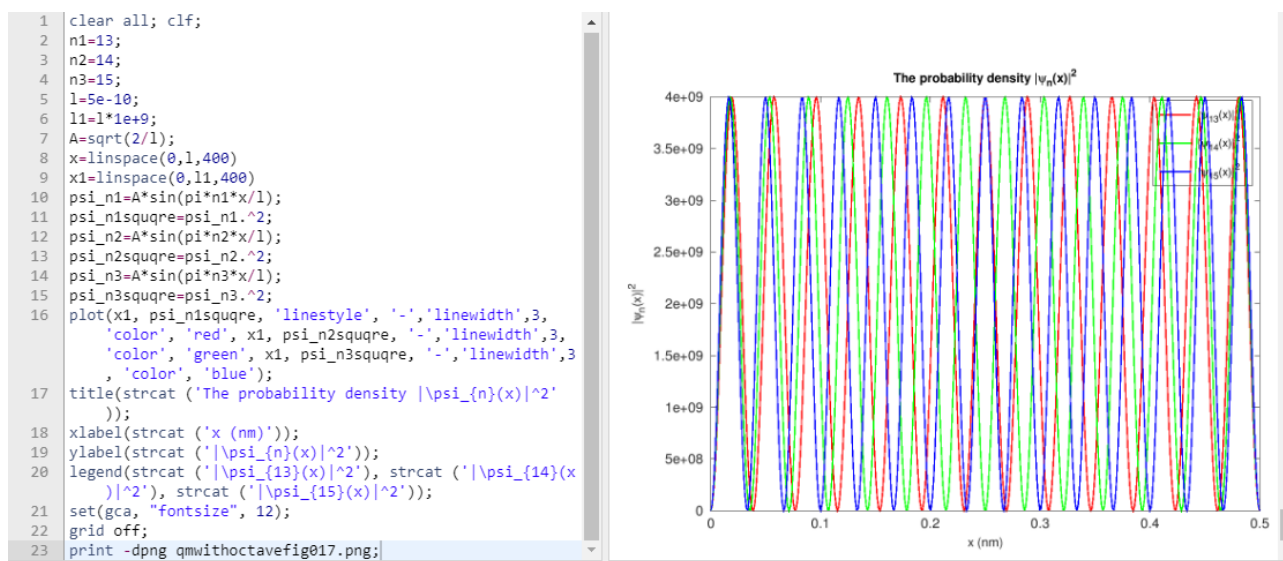


Рис. 17. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

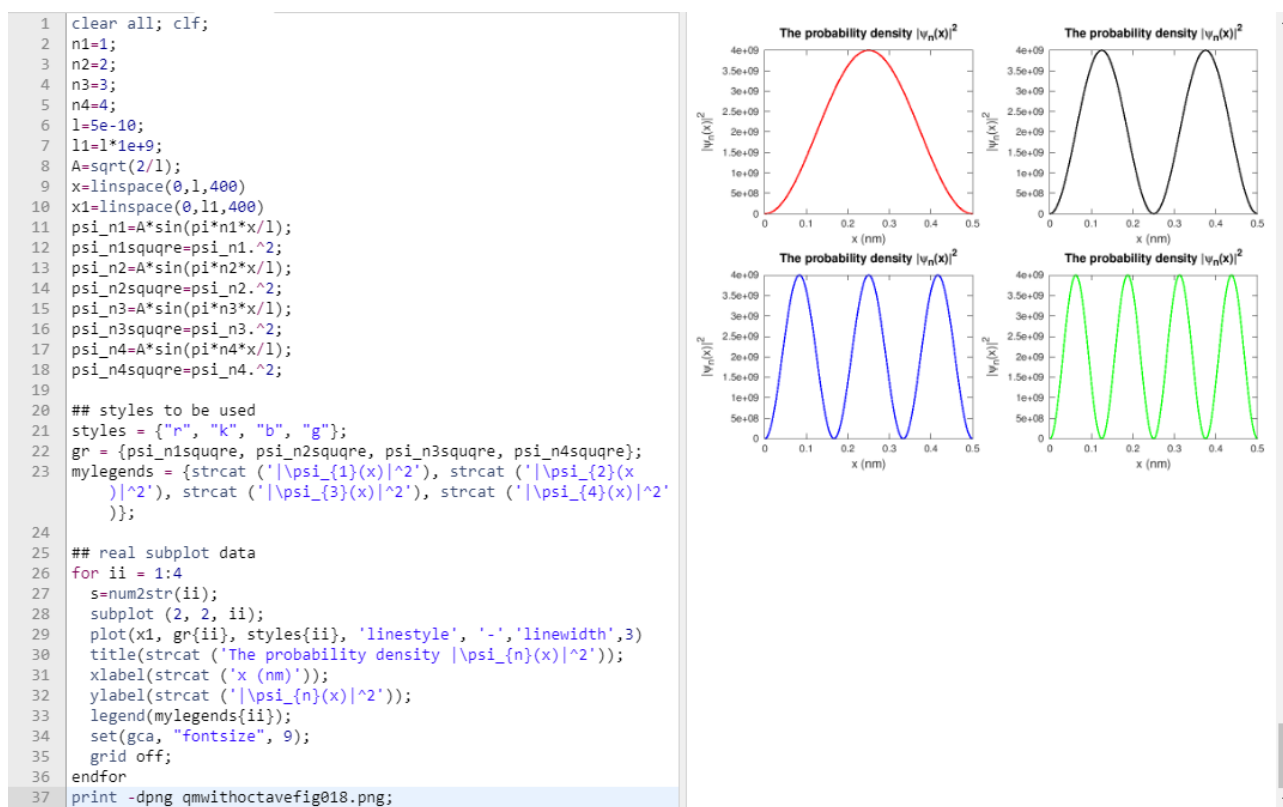


Рис. 18. Окно математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, для выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 13-18 приведены изображения окон математического пакета Octave с компьютерной программой для расчёта координатной зависимости плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, для выполнения задания по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE. По графикам возможно нахождение нулей и максимумов плотности вероятности электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме.

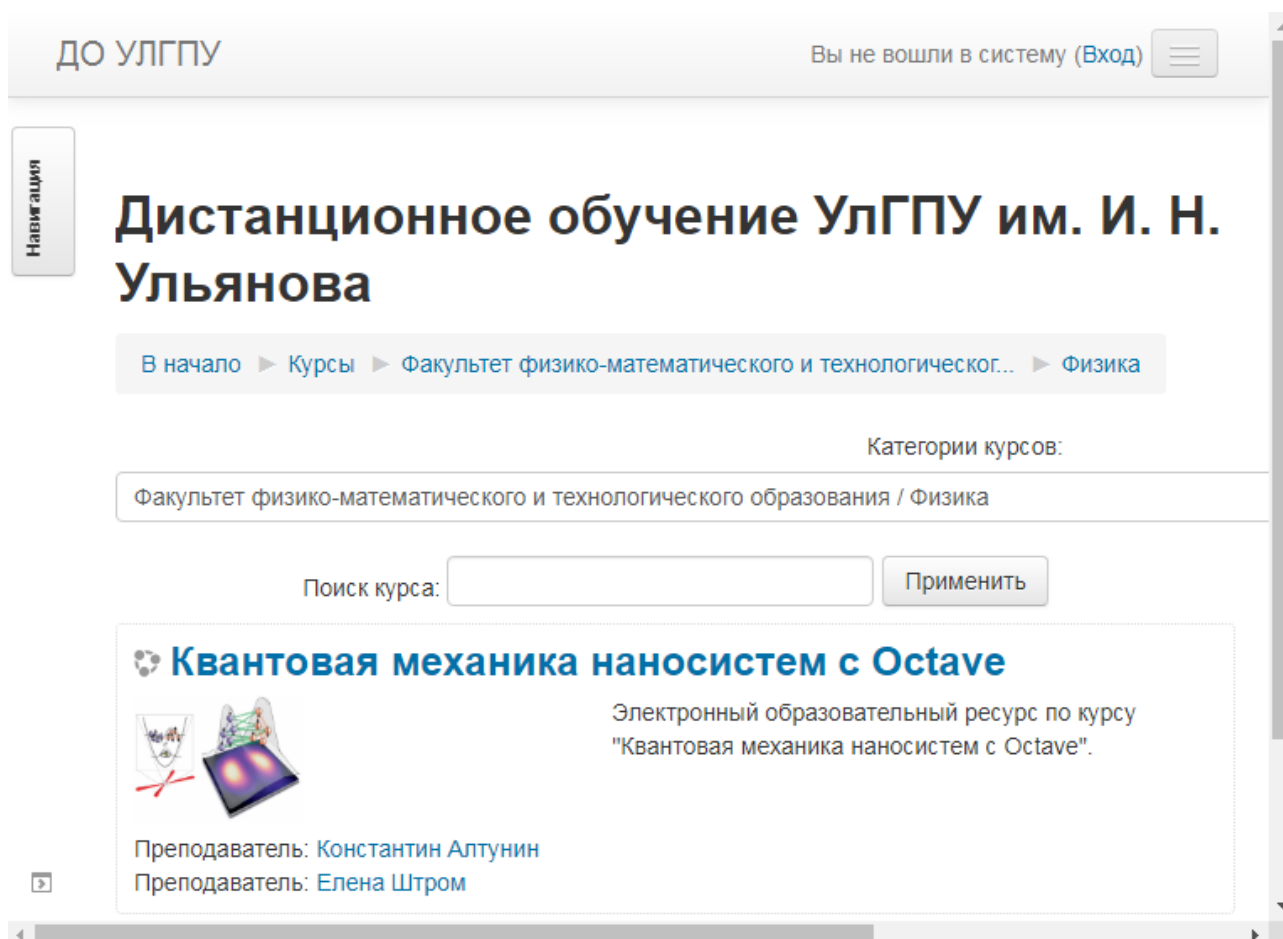


Рис. 19. Входная страница дистанционного курса «Квантовая механика наносистем с Octave» в системе управления обучением MOODLE.

Рассмотрим результаты процесса создания дистанционного курса "Квантовая механика наносистем с Octave" в системе управления обучением MOODLE. На рис. 19 приведено изображение входной страницы дистанционного курса «Квантовая механика наносистем с Octave», созданного в системе управления обучением MOODLE. Основной отличительной особенностью курса является использование комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения квантовой механики наносистем. На рис. 20 представлено изображение части структуры модулей дистанционного курса «Квантовая механика наносистем с Octave», созданного в системе управления обучением MOODLE. Основные задачи изучения курса "Квантовая механика наносистем с Octave" состоят в развитии у студента логики мышления, интуиции и творческих способностей; овладении системой

знаний и умений по квантовой механике наносистем и наноструктур. Закрывая и открывая модули можно поддерживать темп продвижения по курсу «Квантовая механика наносистем с Octave» средствами системы MOODLE. Правильная подборка физических задач и заданий в каждом тематическом модуле курса поможет закрепить изученный материал и подготовить студента с помощью курса "Квантовая механика наносистем с Octave".



Рис. 20. Структура модулей дистанционного курса «Квантовая механика наносистем с Octave» в системе управления обучением MOODLE.

Итак, в работе описан результат разработки дистанционного курса "Квантовая механика наносистем с Octave", который готов к началу использования в учебном процессе в университете, позволяет автоматизировать проверку знаний по квантовой механике наносистем и наноструктур. Дистанционный курс "Квантовая механика наносистем с Octave", созданный в системе управления обучением MOODLE, способствует

систематизации хранения учебного материала по квантовой механике наносистем и наноструктур. При изучении курса "Квантовая механика наносистем с Octave" система дистанционного обучения MOODLE привносит то, что кроме основного курса по изучаемой дисциплине, используется материал для подготовки в домашних условиях, который позволяет расширить учебное содержание, а также провести дифференциацию учебного материала в соответствии с индивидуальными потребностями и запросами студентов, изучающих курс. Система управления обучением MOODLE позволяет открывать и закрывать тематические модели в соответствии со временем изучения, что позволяет поддерживать необходимый темп продвижения по курсу "Квантовая механика наносистем с Octave". В качестве подтверждения гипотезы исследования спроектирован дистанционный курс "Квантовая механика наносистем с Octave", основанный на комбинации теоретических методов и численных методов в процессе изучения квантовой механики наносистем, позволяющий повысить познавательный интерес студентов к квантовой механике наносистем по традиционной, смешанной и дистанционной формам обучения с применением компьютеров. Дистанционный курс "Квантовая механика наносистем с Octave", созданный в системе управления обучением MOODLE, способен стать эффективным помощником, автоматизирующим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя в процессе преподавания учебных дисциплин физико-математической направленности. Созданный дистанционный курс "Квантовая механика наносистем с Octave" позволит планировать, организовывать и проводить изучение теоретического материала курса по квантовой механике наносистем в дистанционной или смешанной форме обучения. Разработанный дистанционный курс "Квантовая механика наносистем с Octave" может занять особое место среди дистанционных курсов по физико-математической тематике, предназначенных для студентов физико-математических профилей подготовки университетов.

Список использованных источников

20. Hawton M. Maxwell quantum mechanics // Phys. Rev. A. 2019. Vol. 100. p. 012122. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.100.012122>.
21. Silenko A. J., Zhang P., Zou L. Relativistic quantum-mechanical description of twisted paraxial electron and photon beams // Phys. Rev. A. 2019. Vol. 100. p. 030101. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.100.030101>.
22. Bera M. N. Quantifying superpositions of quantum evolutions // Phys. Rev. A. 2019. Vol. 100. p. 042307. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.100.042307>.
23. Freire I. S., Angelo R. M. Quantifying continuous-variable realism // Phys. Rev. A. 2019. Vol. 100. p. 022105. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.100.022105>.
24. Schild A. Time in quantum mechanics: A fresh look at the continuity equation // Phys. Rev. A. 2018. Vol. 98. p. 052113. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.98.052113>.
25. Belin J., Horsley S. A. R., Tyc T. Quantum mechanics and Talbot revivals on a tetrahedron // Phys. Rev. A. 2019. Vol. 100. p. 033806. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.100.033806>.
26. Sadhukhan M., Manby F. R. Quantum mechanics of Drude oscillators with full Coulomb interaction // Phys. Rev. B. 2016. Vol. 94. p. 115106. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.94.115106>.
27. Dias E. O., Parisio F. Space-time-symmetric extension of nonrelativistic quantum mechanics // Phys. Rev. A. 2017. Vol. 95. p. 032133. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.95.032133>.
28. Malinowski M., Zhang C., Leupold F. M., Cabello A., Alonso J., Home J. P. Probing the limits of correlations in an indivisible quantum system // Phys. Rev. A. 2018. Vol. 98. p. 050102(R). URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.98.050102>.

29. Kakofengitis D., Oliva M., Steuernagel O. Wigner's representation of quantum mechanics in integral form and its applications // *Phys. Rev. A*. 2017. Vol. 95. p. 022127. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.95.022127>.
30. Benavoli A., Facchini A., Zaffalon M. Quantum mechanics: The Bayesian theory generalized to the space of Hermitian matrices // *Phys. Rev. A*. 2016. Vol. 94. p. 042106. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.94.042106>.
31. Radozycki T. Guiding neutral particles endowed with a magnetic moment by an electromagnetic wave carrying orbital angular momentum: quantum mechanics // *Phys. Rev. A*. 2018. Vol. 98. p. 013424. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.98.013424>.
32. Bojowald M., Brahma S., Buyukcam U., Guglielmon J., van Kuppeveld M. Small magnetic charges and monopoles in nonassociative quantum mechanics // *Phys. Rev. Lett.* 2018. Vol. 121. p. 201602. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.201602>.
33. Grande I. H. L., Senno G., de la Torre G., Larotonda M. A., Bendersky A., Figueira S., Acin A. Distinguishing computable mixtures of quantum states // *Phys. Rev. A*. 2018. Vol. 97. p. 052306. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.97.052306>.
34. Theurer T., Killoran N., Egloff D., Plenio M. B. Resource theory of superposition // *Phys. Rev. Lett.* 2017. Vol. 119. p. 230401. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.230401>.
35. Bouchaud J.-Ph. Quantum mechanics with a nonzero quantum correlation time // *Phys. Rev. A*. 2017. Vol. 96. p. 052116. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.96.052116>.
36. Wittemer M., Clos G., Breuer H.-P., Warring U., Schaetz T. Measurement of quantum memory effects and its fundamental limitations // *Phys. Rev. A*. 2018. Vol. 97. p. 020102(R). URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.97.020102>.
37. Tai Y.-T., Hanson A. J., Ortiz G., Sabry A. Quantum interval-valued probability: contextuality and the Born rule // *Phys. Rev. A*. 2018. Vol. 97. p. 052121. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.97.052121>.

38. Streltsov A., Adesso G., Plenio M. B. Colloquium: quantum coherence as a resource // *Rev. Mod. Phys.* 2017. Vol. 89. p. 041003. URL: <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.89.041003>.
39. Luo Sh., Sun Yu. Quantum coherence versus quantum uncertainty // *Phys. Rev. A.* 2017. Vol. 96. p. 022130. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.96.022130>.
40. Blasone M., Jizba P., Smaldone L. Generalized generating functional for mixed-representation Green's functions: a quantum-mechanical approach // *Phys. Rev. A.* 2017. Vol. 96. p. 052107. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.96.052107>.
41. Patel A., Kumar P. Weak measurements, quantum-state collapse, and the Born rule // *Phys. Rev. A.* 2017. Vol. 96. p. 022108. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.96.022108>.
42. Artacho E., O'Regan D. D. Quantum mechanics in an evolving Hilbert space // *Phys. Rev. B.* 2017. Vol. 95. p. 115155. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.95.115155>.
43. Dawkins W. G., Gezerlis A. Path-integral Monte Carlo study of particles obeying quantum mechanics and classical statistics // *Phys. Rev. A.* 2017. Vol. 96. p. 043619. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.96.043619>.
44. Hofmann H. F. Derivation of quantum mechanics from a single fundamental modification of the relations between physical properties // *Phys. Rev. A.* 2014. Vol. 89. p. 042115. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.89.042115>.
45. Elze H.-Th. Action principle for cellular automata and the linearity of quantum mechanics // *Phys. Rev. A.* 2014. Vol. 89. p. 012111. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.89.012111>.
46. Bojowald M., Brahma S., Buyukcam U. Testing nonassociative quantum mechanics // *Phys. Rev. Lett.* 2016. Vol. 115. p. 220402. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.220402>.

47. Banik M., Gazi Md. R., Ghosh S., Kar G. Degree of complementarity determines the nonlocality in quantum mechanics // Phys. Rev. A. 2013. Vol. 87. p. 052125. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.87.052125>.
48. Lv Q. Z., Norris S., Su Q., Grobe R. Self-interactions as predicted by the Dirac-Maxwell equations // Phys. Rev. A. 2014. Vol. 90. p. 034101. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.90.034101>.
49. Fung Ch.-H. F., Chau H. F. Time-energy measure for quantum processes // Phys. Rev. A. 2013. Vol. 88. p. 012307. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.88.012307>.

УДК 004.942

ББК 32.973

Гибридная стохастическая модель движения объекта по сложной траектории: анализ наблюдаемости и управляемости, мультисенсорный алгоритм оценивания

Голубков Алексей Владимирович,

аспирант факультета физико-математического и технологического образования, ассистент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Научный руководитель: Цыганов Андрей Владимирович,

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Столярова Ирина Викторовна,

кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики, ФГБОУ ВО "УлГПУ им. И.Н. Ульянова", г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Рассматривается задача оценивания параметров объекта, движущегося по сложной траектории, состоящей из отрезков прямолинейного и кругового движения в условиях зашумленных измерений. Приведены результаты анализа гибридной стохастической модели на наблюдаемость и управляемость. Приведен децентрализованный мультисенсорный алгоритм оценивания вектора состояния объекта, построенный на основе информационной формы фильтра Калмана. Результаты применимы для решения задач слежения за подвижными объектами.

Ключевые слова: математическое моделирование, стохастические линейные системы, параметрическая идентификация, адаптивная фильтрация, дискретные модели стохастических систем, диагностика нарушений.

В настоящее время, задача адаптивного оценивания параметров режима движения объекта по сложной траектории в условиях неполноты измерений и зашумленности является актуальной в силу важности ее практических приложений. Примерами таких приложений являются задачи сопровождения целей, робототехники, обработки сигналов со сканирующих дальномеров. Методы построения и оценивания параметров траектории движения объекта с помощью дискретных линейных стохастических моделей могут применяться для решения задач слежения за движущимися объектами.

Сложность определения параметров движения состоит в том, что для анализа имеются только неполные зашумленные измерения, поступающие с внешнего измерительного устройства.

Для описания траектории объекта используется гибридная стохастическая линейная модель [8], в которой сложная траектория объекта рассматривается как комбинация трех возможных режимов движения: равномерного прямолинейного движения, равномерное движение по окружности с заданным радиусом при повороте влево, и равномерное движение по окружности при повороте вправо.

Благодаря такому подходу, нелинейная математическая модель движения объекта по сложной траектории заменяется набором линейных динамических моделей, что позволяет применять устойчивые к ошибкам округления дискретные алгоритмы калмановской фильтрации.

Предположим, что траекторию объекта можно разделить на отдельные достаточно длинные участки, на каждом из которых его движение может быть представлено линейной стохастической моделью, описывающей либо

прямолинейное равномерное движение, либо круговое движение против/по часовой стрелке (поворот налево/направо) с заданным радиусом.

Рассмотрим три таких модели. Тогда движение объекта по всей траектории может быть описано гибридной стохастической моделью

$$x_k = \Phi_i x_{k-1} + B_i + G w_{k-1}, \quad (1)$$

где k – это дискретный момент времени, $i \in \mathbb{Z}$ – номер режима движения; $x = [x_1, x_2, x_3, x_4]^T \in \mathbb{R}^4$ – четырехмерный вектор состояния, в котором координата x_1 описывает положение объекта вдоль оси Ох, x_2 – скорость v_x вдоль оси Ох, x_3 – координата вдоль оси Оу, x_4 – скорость v_y вдоль оси Оу.

Запишем матрицы модели:

1) прямолинейное равномерное движение, номер режима движения $i = 0$:

$$\Phi_0 = \Phi_0(\tau) = \begin{bmatrix} \Phi_p & 0 \\ 0 & \Phi_p \end{bmatrix},$$

$$\Phi_p = \begin{bmatrix} 1 & \tau \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$B_0 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T,$$

где $\tau = t_k - t_{k-1}$ – шаг дискретизации.

2) круговое равномерное движение при повороте влево с заданным радиусом r (номер режима движения $i = 1$) и круговое равномерное движение при повороте вправо с заданным радиусом r (номер режима движения $i = 2$):

$$\Phi_{1,2} = \Phi_{1,2}(x_s, r, \tau) = \begin{bmatrix} \Phi_c & 0 \\ 0 & \Phi_c \end{bmatrix},$$

$$\Phi_c = \begin{bmatrix} \cos \omega \tau & \omega^{-1} \sin \omega \tau \\ -\omega \sin \omega \tau & \cos \omega \tau \end{bmatrix},$$

$$B_1(x_s, r, \tau) = \begin{bmatrix} (x_{1,s} - \omega^{-1} x_{4,s})(1 - \cos \omega \tau) \\ (\omega x_{1,s} - x_{4,s}) \sin \omega \tau \\ (x_{3,s} + \omega^{-1} x_{2,s})(1 - \cos \omega \tau) \\ (\omega x_{3,s} + x_{2,s}) \sin \omega \tau \end{bmatrix},$$

$$B_2(x_k, r, \tau) = \begin{bmatrix} (x_{1,s} + \omega^{-1}x_{4,s})(1 - \cos \omega\tau) \\ (\omega x_{1,s} + x_{4,s})\sin \omega\tau \\ (x_{3,s} - \omega^{-1}x_{2,s})(1 - \cos \omega\tau) \\ (\omega x_{3,s} - x_{2,s})\sin \omega\tau \end{bmatrix},$$

где r – это радиус движения по окружности, $\omega = |v_s|/r > 0$, $v_s = \begin{bmatrix} x_{2,s} \\ x_{4,s} \end{bmatrix}$ – вектор скорости в точке с координатами $(x_{1,s}, x_{3,s})$, в момент смены режима движения.

Для всех типов движения матрица усиления дискретного белого шума $w_k \sim \mathcal{N}(0, Q)$

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Модель измерений запишем в виде:

$$z_k = Hx_k + v_k, \quad (2)$$

где матрица H – матрица измерений, а v_k – вектор ошибок измерений, являющийся гауссовым белым шумом с математическим ожиданием, равным нулю, и диагональной ковариационной матрицей $R = \text{diag}[\rho_1, \rho_2]$.

Система называется наблюдаемой [9, Определение 2.11] в момент времени t_0 , если для некоторого момента времени $t_1 > t_0$ по реализациям $u(t)$ и $z(t)$ можно определить состояние $x(t_0) = x_0$.

Система называется полностью наблюдаемой [9, Определение 2.12], если она наблюдаема в любой момент времени.

В работе [7] показано, что данная модель является полностью наблюдаемой при следующих матрицах измерений:

$$H_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$H_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Причем минимальным количеством измеряемых элементов вектора состояния, достаточных для выполнения критерия полной наблюдаемости, обладает система с матрицей измерений H_4 .

Измерения координат, описывающих положение объекта (x_1 и x_3), являются обязательными для выполнения критерия полной наблюдаемости, в то время как измерение координат скоростей (x_2 и x_4) избыточны, и не несут дополнительной информации.

Система называется управляемой [9, Определение 2.5], если для произвольного момента времени t_0 и начального состояния $x(t_0) = x_0$ найдется такое кусочно-непрерывное управление $u(t)$, и момент $t > t_0$, что единственное решение $x(t)$ при данных начальных условиях $x(t_0) = x_0$ пройдет через заданную точку $x(t_1) = x_1$.

Система называется полностью управляемой [9, Определение 2.6], если она управляема в любые моменты времени и при любых начальных условиях.

Данная гибридная стохастическая не является полностью управляемой.

Централизованным фильтром Калмана (ЦФК) называют стандартный алгоритм дискретной калмановской фильтрации с векторной обработкой измерений. Последнее означает, что все измерения, доступные в текущий момент времени, рассматриваются как один составной вектор измерений $z(k)$ [2]

Отдельные измерения могут быть получены от разных сенсоров, но все они передаются на центральный процессор для обработки с целью вычисления оценок вектора состояния.

Такие оценки называют глобальными оценками. Недостаток ЦФК состоит в том, что отказ в работе одного из сенсоров может привести к неверным оценкам всего вектора состояния. Второй существенный недостаток

заключается в том, что сбой в работе центрального процессора автоматически приводит к полной потере работоспособности алгоритма оценивания.

В отличие от ЦФК, децентрализованным фильтром Калмана (ДФК) называют алгоритм оценивания с вычислением оценок вектора состояния локально в каждом из множества сенсоров, находящихся в узлах мультисенсорной сети. Такие оценки называют локальными. Затем сенсоры обмениваются между собой локальными оценками с целью вычисления глобальной оценки вектора состояния. Таким образом, пропадает необходимость в центральном процессоре, поскольку в каждый дискретный момент времени каждый узел имеет свою «копию» глобальной оценки. В этом случае выход из строя одного из сенсоров не приведет к потере работоспособности алгоритма оценивания. В настоящее время разработано множество различных децентрализованных алгоритмов фильтрации.

В недавней работе [6] предложен способ использования ДФК на основе информационной формы фильтра Калмана для вычисления оценок параметров движения объекта по сложной траектории.

Для обнаружения непредвиденного изменения режима движения, этап коммуникации и ассимиляции ДФК был дополнен возможностью вычисления сигнальной скалярной функции, основанной на известном свойстве невязки измерений в оптимальном фильтре быть белой гауссовой последовательностью.

Такое дополнение уравнений ДФК позволило контролировать оптимальность алгоритма оценивания в каждом сенсоре. Потеря оптимальности фильтра указывает на то, что произошла смена режима движения и объект начал двигаться по следующему участку траектории.

Рассмотрим сеть сенсоров с полносвязной топологией из N узлов, в которой каждый узел i имеет возможность вычислять собственные оценки

$\hat{x}_i^-(k)$ и соответствующие им матрицы ковариаций ошибок оценивания $P_i(k)$.

Измерения и оценки, получаемые в узлах, будем называть локальными. Предположим, что модель измерений одинакова в каждом узле, а локальные измерения описываются следующей моделью:

$$z_i(k) = H_i x(k) + v_i(k),$$

В ДФК к основным этапам прогноза и обновления добавляется этап коммуникации и ассимиляции данных:

Локальный прогноз:

$$\begin{aligned}\hat{x}_i^-(k) &= \Phi_i \hat{x}_i^+(k-1) + B_i u(k-1) \\ (P_i^-(k))^{-1} &= (\Phi_i P_i^+(k-1) \Phi_i^T + G Q G^T)^{-1}\end{aligned}$$

Локальное обновление (по текущему измерению):

$$\begin{aligned}\Delta s_i(k) &= H_i^T R_i^{-1} z_i(k), \\ \Delta J_i &= H_i^T R_i^{-1} H_i\end{aligned}$$

Коммуникация и ассимиляция:

$$\begin{aligned}(P_i^+(k))^{-1} &= (P_i^-(k))^{-1} + \sum_{j=1}^N \Delta J_j, \\ \hat{x}_i^+(k) &= P_i^+(k) [(P_i^-(k))^{-1} \hat{x}_i^-(k) + \sum_{j=1}^N \Delta s_j(k)].\end{aligned}$$

где $P(k)$ – матрица ковариации ошибок оценивания, знаки "+" и "-" означают соответственно априорную и апостериорную оценки вектора состояния и соответствующие матрицы ковариации ошибки оценивания.

Информационной матрицей J называется матрица, обратная к ковариационной матрице ошибки оценивания, т.е. $J = P^{-1}$, Δs и ΔJ –

соответственно обновления информационного вектора и информационной матрицы. Децентрализованный фильтр Калмана эквивалентен централизованному с моделью измерений (2) [6].

Заключение:

В работе рассмотрена задача оценивания параметров объекта, движущегося по сложной траектории, состоящей из отрезков прямолинейного и кругового движения в условиях зашумленных измерений. Модель движения объекта по сложной траектории задана в виде набора линейных стохастических моделей, отвечающих за различные участки движения: прямолинейное равномерное движение и круговое равномерное движение при повороте влево либо вправо.

Приведены результаты анализа гибридной стохастической модели на наблюдаемость и управляемость. Приведен децентрализованный мультисенсорный алгоритм оценивания вектора состояния объекта, построенный на основе информационной формы фильтра Калмана.

Список использованных источников

1. Bar-Shalom Y., Li X.-R., Kirubarajan T. Estimation with Applications to Tracking and Navigation: Theory, Algorithms and Software. – New Jersey: John Wiley and Sons, 2002.
2. Hanlon P.D., Maybeck P.S. Multiple-model adaptive estimation using a residual correlation Kalman filter bank // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 36, no. 2, pp. 393–406, April 2000.
3. Golubkov A.V., Tsyganov A.V., Tsyganova Yu.V. Adaptive estimation of an object motion parameters based on the hybrid stochastic model // Journal of Physics: Conference Series. 2018. vol. 1096, no. 1. P. 012166.
4. Tsyganov A.V., Tsyganova Yu.V., Golubkov A.V., Petrishchev I.O. Adaptive estimation of a moving object trajectory using sequential hypothesis testing //

- Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: «Математическое моделирование и программирование». 2019. т. 12, № 1. С. 156–162.
5. Голубков А.В., Петрищев И.О., Цыганов А.В., Цыганова Ю.В. Диагностика режима движения объекта на основе гибридной модели // Вестник НГИЭИ. 2017. № 12 (79). С. 22–32.
 6. Голубков А.В., Цыганов А.В., Цыганова Ю.В., Петрищев И.О., Децентрализованное мультисенсорное оценивание параметров движения объекта по сложной траектории // Сборник трудов V международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2019), Самара: Новая техника, 2019. С.178– 188.
 7. Голубков, А. В. Анализ наблюдаемости гибридной стохастической модели движения объекта по сложной траектории / А. В. Голубков // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: Сборник научных статей II Всероссийской научной конференции с международным участием: 22–24 апреля 2019 г. В двух частях. Ч. 1. — Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2019. — С. 107–112.
 8. Семушин И.В., Цыганов А.В., Цыганова Ю.В., Голубков А.В., Винокуров С.Д. Моделирование и оценивание траектории движущегося объекта // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2017. т. 10, № 3. С. 108–119.
 9. Семушин И.В., Цыганова Ю.В. Детерминистские модели динамических систем. Методическое пособие. Ульяновск : УлГТУ, 2007. 75 с.

УДК 517.984.5

ББК 22.162

Спектральный анализ некоторых интегральных операторов в банаховом пространстве

Коннов Евгений Юрьевич,

аспирант кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Скворцова Ольга Петровна,

аспирант кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Научный руководитель: Штраус Владимир Абрамович,

доктор физико – математических наук, профессор кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. В работе реализовано прямое построение резольвенты и исследование спектра оператора, заданного в пространстве суммируемых функций одной переменной посредством повторного интеграла с переменными пределами интегрирования. Указывается на целесообразность рассмотрения подобных задач при изучении основ функционального анализа в рамках магистерских программ и программ аспирантуры как введения в общие вопросы спектральной теории линейных операторов.

Ключевые слова: интегральный оператор, резольвента линейного оператора, дискретный спектр, непрерывный спектр, остаточный спектр.

Основы спектральной теории линейных операторов как в гильбертовых, так и в банаховых пространствах заложены ещё в трудах основателей функционального анализа и в настоящее время достаточно подробно излагаются в монографиях и учебной литературе, см., например, классические работы [1], [2] и более современное изложение на языке спектров алгебр в [3]. Однако эти общие конструкции ещё не дают достаточного представления о спектрах конкретных операторов, в том числе тех, которые встречаются в различных приложениях теории. Мы полагаем, что для начинающего математика полезно изучать общие положения теории на частных примерах, которые создают мотивировки для введения абстрактных понятий и проясняют формулировки результатов. Указанный подход реализован в данной работе; известные определения систематизированы здесь с целью привлечь внимание к вопросам, возникающим при их применении к конкретным классам задач.

В указанных выше приложениях типичной задачей является решение однородного уравнения

$$Ax = \lambda x, \quad \text{т.е.} \quad (A - \lambda E)x = 0 \quad (1)$$

и/или неоднородного уравнения

$$Ax = \lambda x + y, \quad \text{т.е.} \quad (A - \lambda E)x = y \quad (2),$$

где A – линейный оператор, действующий в (гильбертовом или банаховом) пространстве $\mathfrak{H}$, E – тождественный оператор в $\mathfrak{H}$, $x \in \mathfrak{H}$ – искомый элемент, $y \in \mathfrak{H}$ в соотношении (2) – заданный элемент, λ – неизвестный заранее числовой параметр (вообще говоря, комплексное число). Напомним основные понятия спектральной теории операторов, связанные с уравнениями (1) и (2). Если однородное уравнение (1) при некотором $\lambda \in \mathbb{C}$ имеет решения, отличные от нулевого элемента, то число λ называется *собственным значением* оператора A . Такие решения называются *собственными элементами* (или *собственными векторами*) оператора A , соответствующими указанному собственному значению. Очевидно, в силу линейности самого оператора A

множество собственных элементов, соответствующих одному и тому же собственному значению, дополненное нулевым элементом, который удовлетворяет уравнению (1) при любом λ , представляет собой подпространство векторного пространства $\mathfrak{H}$. Если оператор A ограничен, т.е. имеет конечную норму

$$A = \sup_{\|x\| \neq 0} \frac{\|Ax\|}{\|x\|} = \sup_{\|x\|=1} \|Ax\| = \sup_{\|x\| \leq 1} \|Ax\|$$

(или, что для линейных операторов то же самое, непрерывен: из условия $x_n \rightarrow 0$, $x_n \in D(A)$ следует $Ax_n \rightarrow 0$), то это множество – ядро оператора $A - \lambda E$ – является, очевидно, замкнутым в нормированном пространстве $\mathfrak{H}$. Оно называется *собственным подпространством* оператора A , отвечающим собственному значению λ .

В случае конечномерного пространства $\mathfrak{H}$, как известно, любой действующий в нём линейный оператор ограничен. Его собственные значения могут быть найдены в этом случае как корни характеристического уравнения, построенного по его матрице в каком-либо фиксированном базисе пространства:

$$\det(A - \lambda E) = 0,$$

т.е. как корни алгебраического уравнения степени $n = \dim \mathfrak{H}$. Значит, количество собственных значений оператора (с учётом кратности) равно в этом случае размерности пространства $\mathfrak{H}$. Для остальных значений $\lambda \in \mathbb{C}$ оператор $A - \lambda E$ имеет тривиальное ядро и, следовательно, обратим; обратный оператор $(A - \lambda E)^{-1}$ определён на всём пространстве $\mathfrak{H}$ (как сам оператор $A - \lambda E$, так и обратный к нему являются в этом случае линейными автоморфизмами пространства $\mathfrak{H}$, так что размерность образа $\text{Ran}(A - \lambda E)$ равна размерности пространства) и, разумеется, ограничен. Итак, для всех $\lambda \in \mathbb{C}$, кроме нескольких (собственных) значений, существует всюду определённый и ограниченный оператор $(A - \lambda E)^{-1}$. Операторнозначная функция комплексного аргумента $\lambda \rightarrow R_\lambda(A) = (A - \lambda E)^{-1}$ называется

резольвентой оператора A ; она определена во всей комплексной плоскости, кроме собственных значений оператора A , играющих для неё роль особых точек. Область определения резольвенты называется *резольвентным множеством* оператора A , точки этого множества – *регулярными точками* оператора. Комплексная плоскость распадается на резольвентное множество и множество собственных значений (*спектр* оператора).

В бесконечномерном банаховом (или, в частности, гильбертовом) пространстве ситуация может быть существенно сложнее. Для фиксированного $\lambda \in \mathbb{C}$ возможны следующие случаи:

1) уравнение (1) имеет ненулевое решение, то есть λ – *собственное значение* оператора A , ядро $\text{Ker}(A - \lambda E) \neq \{0\}$; естественно, оператор $A - \lambda E$ при этом необратим (не является инъективным);

2) уравнение (1) имеет только тривиальное решение, т.е. оператор $A - \lambda E$ обратим (инъективен), причём обратный оператор $R_\lambda(A) = (A - \lambda E)^{-1}$ ограничен и определён на всём пространстве (оператор $A - \lambda E$ сюръективен); в этом случае λ , как и для конечномерного пространства, называется *регулярной точкой* оператора A , множество регулярных точек оператора – *резольвентным множеством*;

3) оператор $A - \lambda E$ обратим (инъективен, уравнение (1) имеет лишь нулевое решение), обратный оператор $R_\lambda(A) = (A - \lambda E)^{-1}$ определён на плотном в $\mathfrak{H}$ множестве, $\overline{\text{Ran}(A - \lambda E)} = \mathfrak{H}$, но не ограничен; при этом $A - \lambda E$ не может оказаться сюръективным, $\text{Ran}(A - \lambda E) \neq \mathfrak{H}$. В этом случае λ называется *точкой непрерывного спектра* оператора A ;

4) оператор $A - \lambda E$ обратим (инъективен, уравнение (1) имеет лишь нулевое решение), но не сюръективен и, более того, его образ $\text{Ran}(A - \lambda E)$ не является всюду плотным, т.е. оператор $R_\lambda(A) = (A - \lambda E)^{-1}$ существует, но не является плотно заданным: найдутся элементы, ортогональные всей его области определения – всему множеству $\text{Ran}(A - \lambda E)$. В этом случае λ называется *точкой остаточного спектра* оператора A .

Множество собственных значений оператора в бесконечномерном пространстве называется также его *дискретным* (или *точечным*) *спектром*; дискретный спектр $\sigma_p(A)$, непрерывный спектр $\sigma_c(A)$ и остаточный спектр $\sigma_r(A)$ в силу их определений не пересекаются, а их объединение называется спектром оператора и обозначается $\sigma(A)$. Из сказанного ясно, что спектр оператора в бесконечномерном пространстве можно определить как дополнение резольвентного множества $\rho(A)$ до комплексной плоскости.

Возможность наличия у оператора непрерывного и/или остаточного спектра является существенным отличием теории операторов в бесконечномерном пространстве от конечномерного случая. Известно [1], что спектр любого линейного ограниченного оператора – это непустое компактное подмножество комплексной плоскости.

Как и в конечномерном случае, на резольвентном множестве оператора определена резольвента $\lambda \rightarrow R_\lambda(A) = (A - \lambda E)^{-1}$, являющаяся голоморфной [1, 3] операторнозначной функцией. Значение резольвенты на произвольном элементе $y \in \mathfrak{H}$ есть, очевидно, решение уравнения (2), так что регулярные точки оператора A – это в точности те комплексные числа λ , для которых (2) имеет решение $x \in \mathfrak{H}$ при любом $y \in \mathfrak{H}$ и при этом $\|x\| \leq C\|y\|$ для некоторой константы C . В точках спектра резольвента либо вообще не существует (на дискретном спектре, это её изолированные особые точки), либо определена не на всем пространстве (для точек непрерывного и остаточного спектра).

В качестве естественного примера можно рассмотреть оператор, заданный интегралом с переменным верхним пределом:

$$J: f(t) \rightarrow \int_0^t f(s) ds$$

на множестве функций, суммируемых по Лебегу (либо суммируемых с квадратом по Лебегу) на отрезке $[0; 1]$. Мы рассмотрим некоторое усложнение этой задачи, а именно, повторный интеграл с переменными верхним и нижним пределами

$$\int_0^x dt \int_t^1 f(s) ds,$$

где функция f определена на промежутке $[0;1]$, как оператор, действующий в функциональном пространстве $L_2(0;1)$:

$$J: f(x) \rightarrow \int_0^x dt \int_t^1 f(s) ds.$$

Для того чтобы построить резольвенту оператора, необходимо решить дифференциальное уравнение вида (2): $Jf - \lambda f = g$, то есть в данном случае

$$\int_0^x dt \int_t^1 f(s) ds - \lambda f(x) = g(x); \quad (3)$$

подставляя $x = 0$, получаем $-\lambda f(0) = g(0)$. Дифференцируя обе части равенства (3), находим:

$$\int_x^1 f(s) ds - \lambda f'(x) = g'(x),$$

откуда, подставляя $x = 1$, находим $-\lambda f'(1) = g'(1)$, а после повторного дифференцирования получаем дифференциальное уравнение второго порядка

$$-f(x) - \lambda f''(x) = g''(x), \quad \text{или} \quad f + \lambda f'' = -g'' \quad (4).$$

Очевидно, дифференциальное уравнение (4) вместе с указанными граничными условиями равносильно интегральному уравнению (3).

Рассмотрим три возможных случая для значений действительного параметра λ :

1) $\lambda < 0$; обозначая $\lambda = -\frac{1}{\omega^2}$, приходим к неоднородному линейному дифференциальному уравнению $f'' - \omega^2 f = g'' \omega^2$, которому соответствует однородное уравнение $f'' - \omega^2 f = 0$ с общим решением

$$f(x) = C_1 \operatorname{ch} \omega x + C_2 \operatorname{sh} \omega x.$$

Варьируя произвольные постоянные, для функций $C_1(x)$ и $C_2(x)$ в выражении общего решения неоднородного уравнения

$$f(x) = C_1(x) \operatorname{ch} \omega x + C_2(x) \operatorname{sh} \omega x$$

получаем систему условий

$$\begin{cases} C_1'(x) \operatorname{ch} \omega x + C_2'(x) \operatorname{sh} \omega x = 0, \\ C_1'(x) \omega \operatorname{sh} \omega x + C_2'(x) \omega \operatorname{ch} \omega x = \omega^2 g''(x); \end{cases}$$

или, в матричной форме,

$$\begin{pmatrix} \operatorname{ch} \omega x & \operatorname{sh} \omega x \\ \omega \operatorname{sh} \omega x & \omega \operatorname{ch} \omega x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1' \\ C_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \omega^2 g'' \end{pmatrix}; \quad \Delta = \omega(\operatorname{ch}^2 \omega x - \operatorname{sh}^2 \omega x) = \omega,$$

так что с помощью обратной матрицы находим

$$\begin{pmatrix} C_1' \\ C_2' \end{pmatrix} = \frac{1}{\omega} \begin{pmatrix} \omega \operatorname{ch} \omega x & -\operatorname{sh} \omega x \\ -\omega \operatorname{sh} \omega x & \operatorname{ch} \omega x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \omega^2 g'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega x g''(x) \\ \operatorname{ch} \omega x g''(x) \end{pmatrix},$$

откуда, интегрируя, получаем

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} C_1(x) \\ C_2(x) \end{pmatrix} &= \omega \int_0^x \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega t \\ \operatorname{ch} \omega t \end{pmatrix} g''(t) dt + \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} = \left[\begin{array}{l} u = \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega t \\ \operatorname{ch} \omega t \end{pmatrix}, \quad dv = g''(t) dt \\ du = \omega \begin{pmatrix} -\operatorname{ch} \omega t \\ \operatorname{sh} \omega t \end{pmatrix} dt, \quad v = g'(t) \end{array} \right] \\ &= \\ &= \omega \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega x g'(x) \\ \operatorname{ch} \omega x g'(x) - g'(0) \end{pmatrix} + \omega^2 \int_0^x \begin{pmatrix} \operatorname{ch} \omega t \\ -\operatorname{sh} \omega t \end{pmatrix} g'(t) dt + \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} = \\ &= \left[\begin{array}{l} u = \begin{pmatrix} \operatorname{ch} \omega t \\ -\operatorname{sh} \omega t \end{pmatrix}, \quad dv = g'(t) dt \\ du = \omega \begin{pmatrix} \operatorname{sh} \omega t \\ -\operatorname{ch} \omega t \end{pmatrix} dt, \quad v = g(t) \end{array} \right] = \\ &= \omega \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega x g'(x) \\ \operatorname{ch} \omega x g'(x) - g'(0) \end{pmatrix} + \omega^2 \begin{pmatrix} \operatorname{ch} \omega x g(x) - g(0) \\ -\operatorname{sh} \omega x g(x) \end{pmatrix} + \omega^3 \int_0^x \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega t \\ \operatorname{ch} \omega t \end{pmatrix} g(t) dt + \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} \\ &= \\ &= \omega \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega x g'(x) \\ \operatorname{ch} \omega x g'(x) - g'(0) \end{pmatrix} + \omega^2 \begin{pmatrix} \operatorname{ch} \omega x g(x) - g(0) \\ -\operatorname{sh} \omega x g(x) \end{pmatrix} + \omega^3 \int_0^x \begin{pmatrix} -\operatorname{sh} \omega t \\ \operatorname{ch} \omega t \end{pmatrix} g(t) dt + \\ &\quad + \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^2. \end{aligned}$$

Таким образом, получаем общее решение (4) в виде

$$\begin{aligned} f(x) &= -\omega \operatorname{sh} \omega x \operatorname{ch} \omega x g'(x) + \omega \operatorname{ch} \omega x \operatorname{sh} \omega x g'(x) - \omega g'(0) \operatorname{sh} \omega x + \\ &\quad + \omega^2 \operatorname{ch}^2 \omega x g(x) - \omega^2 g(0) \operatorname{ch} \omega x - \omega^2 \operatorname{sh}^2 \omega x g(x) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\omega^3 \operatorname{ch} \omega x \int_0^x \operatorname{sh} \omega t g(t) dt + \omega^3 \operatorname{sh} \omega x \int_0^x \operatorname{ch} \omega t g(t) dt + C_1 \operatorname{ch} \omega x + C_2 \operatorname{sh} \omega x = \\
 & = \omega^2 g(x) - \omega g'(0) \operatorname{sh} \omega x + \omega^2 g(0) \operatorname{ch} \omega x + \omega^3 \int_0^x \operatorname{sh} \omega(x-t) g(t) dt + \\
 & \quad + C_1 \operatorname{ch} \omega x + C_2 \operatorname{sh} \omega x, C_1, C_2 \in \mathbb{R}.
 \end{aligned}$$

Дифференцируя полученное равенство, находим:

$$\begin{aligned}
 f'(x) = & \omega^2 g'(x) - \omega^2 g'(0) \operatorname{ch} \omega x + \omega^3 g(0) \operatorname{sh} \omega x + \omega^4 \int_0^x \operatorname{ch} \omega(x-t) g(t) dt \\
 & + \omega C_1 \operatorname{sh} \omega x + \omega C_2 \operatorname{ch} \omega x;
 \end{aligned}$$

подставим значение $x = 0$ в выражение для функции f и значение $x = 1$ в выражение для её производной и используем граничные условия, найденные ранее, которые с учётом замены $\lambda = -\frac{1}{\omega^2}$ принимают вид $f(0) = \omega^2 g(0)$ и $f'(1) = \omega^2 g'(1)$:

$$\begin{aligned}
 f(0) = 2\omega^2 g(0) + C_1, \quad f'(1) = & \omega^2 g'(1) - \omega^2 g'(0) \operatorname{ch} \omega + \omega^3 g(0) \operatorname{sh} \omega + \\
 & + \omega^4 \int_0^1 \operatorname{ch} \omega(1-t) g(t) dt + \omega C_1 \operatorname{sh} \omega + \omega C_2 \operatorname{ch} \omega;
 \end{aligned}$$

$$x = 0: f(0) = \omega^2 g(0) \Leftrightarrow 2\omega^2 g(0) + C_1 = \omega^2 g(0); \quad C_1 = -\omega^2 g(0);$$

$$\begin{aligned}
 x = 1: f'(1) = \omega^2 g'(1) \Leftrightarrow & \omega^2 g'(1) - \omega^2 g'(0) \operatorname{ch} \omega + \omega^3 g(0) \operatorname{sh} \omega + \\
 & + \omega C_1 \operatorname{sh} \omega + \omega C_2 \operatorname{ch} \omega + \omega^4 \int_0^1 \operatorname{ch} \omega(1-t) g(t) dt = \omega^2 g'(1).
 \end{aligned}$$

Подставляя в последнее равенство $C_1 = -\omega^2 g(0)$ и упрощая, получаем уравнение относительно C_2 :

$$-\omega^2 g'(0) \operatorname{ch} \omega + \omega C_2 \operatorname{ch} \omega + \omega^4 \int_0^1 \operatorname{ch} \omega(1-t) g(t) dt = 0$$

из которого

$$C_2 = \omega g'(0) - \frac{\omega^3}{\operatorname{ch} \omega} \int_0^1 \operatorname{ch} \omega(1-t) g(t) dt,$$

так что окончательно

$$\begin{aligned}
 f(x) &= \omega^2 g(x) + \omega^3 \int_0^x \operatorname{sh} \omega(x-t) g(t) dt - \omega^3 \frac{\operatorname{sh} \omega x}{\operatorname{ch} \omega} \int_0^x \operatorname{ch} \omega(1-t) g(t) dt = \\
 &= \omega^2 g(x) + \omega^3 \left(\int_0^x \operatorname{sh} \omega(x-t) g(t) dt - \frac{\operatorname{sh} \omega x}{\operatorname{ch} \omega} \int_0^x \operatorname{ch} \omega(1-t) g(t) dt \right) = \\
 &= \omega^2 g(x) + \omega^3 \int_0^1 K(x; t) g(t) dt,
 \end{aligned}$$

$$\text{где ядро } K(x; t) = \begin{cases} \operatorname{sh} \omega(x-t) - \frac{\operatorname{sh} \omega x}{\operatorname{ch} \omega} \operatorname{ch} \omega(1-t), & t < x \\ -\frac{\operatorname{sh} \omega x}{\operatorname{ch} \omega} \operatorname{ch} \omega(1-t), & t > x. \end{cases}$$

Итак, уравнение (2) с отрицательным λ всегда имеет единственное (выписанное выше) решение, т.е. оператор $R_\lambda(J) = (J - \lambda I)^{-1}$ при $\lambda = -\frac{1}{\omega^2}$ определен для всех функций $g \in L_2(0; 1)$ правилом

$$g(x) \rightarrow \omega^2 g(x) + \omega^3 \int_0^1 K(x; t) g(t) dt.$$

Этот оператор ограничен, поскольку ядро представляет собой ограниченную функцию:

$$\begin{aligned}
 \|R_\lambda(J)g\|^2 &= \int_0^1 |R_\lambda(J)g(x)|^2 dx \leq 2 \left(\omega^4 \|g\|^2 + \omega^6 \cdot \max(K(x; t))^2 \cdot \|g\|^2 \right) \\
 &= C(\omega) \cdot \|g\|^2.
 \end{aligned}$$

Таким образом, все $\lambda < 0$ являются регулярными точками оператора J .

2) $\lambda > 0$; обозначая $\lambda = \frac{1}{\omega^2}$, приходим к неоднородному линейному дифференциальному уравнению $f'' + \omega^2 f = -g'' \omega^2$, которому соответствует однородное уравнение $f'' + \omega^2 f = 0$ с общим решением

$$f = C_1 \cos \omega x + C_2 \sin \omega x.$$

Аналогично уже рассмотренному случаю получаем:

$$\begin{cases} C_1' \cos \omega x + C_2' \sin \omega x = 0; \\ -C_1' \omega \sin \omega x + C_2' \omega \cos \omega x = -g''(x) \omega^2; \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} \cos \omega x & \sin \omega x \\ -\sin \omega x & \cos \omega x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1' \\ C_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -\omega g''(x) \end{pmatrix}; \quad \Delta = \cos^2 \omega x + \sin^2 \omega x = 1;$$

$$\begin{pmatrix} C_1' \\ C_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \omega x & -\sin \omega x \\ \sin \omega x & \cos \omega x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ -\omega g''(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega g''(x) \sin \omega x \\ -\omega g''(x) \cos \omega x \end{pmatrix};$$

$$\begin{pmatrix} C_1(x) \\ C_2(x) \end{pmatrix} = \omega \int_0^x \begin{pmatrix} \sin \omega t \\ -\cos \omega t \end{pmatrix} g''(t) dt + \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} = \left[\begin{array}{l} u = \begin{pmatrix} \sin \omega t \\ -\cos \omega t \end{pmatrix}, \quad dv = g''(t) dt \\ du = \omega \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix} dt, \quad v = g'(t) \end{array} \right]$$

=

$$= \omega \begin{pmatrix} \sin \omega t \\ -\cos \omega t \end{pmatrix} g'(t) \Big|_0^x - \omega^2 \int_0^x \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix} g'(t) dt + \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} =$$

$$= \omega \begin{pmatrix} \sin \omega x g'(x) \\ -\cos \omega x g'(x) + g'(0) \end{pmatrix} - \omega^2 \int_0^x \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix} g'(t) dt + \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} =$$

$$= \left[\begin{array}{l} u = \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix}, \quad dv = g'(t) dt \\ du = \omega \begin{pmatrix} -\sin \omega t \\ \cos \omega t \end{pmatrix} dt, \quad v = g(t) \end{array} \right] =$$

$$= \omega \begin{pmatrix} \sin \omega x g'(x) \\ -\cos \omega x g'(x) + g'(0) \end{pmatrix} - \omega^2 \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix} g(t) \Big|_0^x + \omega^3 \int_0^x \begin{pmatrix} \sin \omega t \\ -\cos \omega t \end{pmatrix} g(t) dt$$

$$+ \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}$$

$$= \left[\begin{array}{l} u = \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix} \quad dv = g'(t) dt \\ du = \omega \begin{pmatrix} -\sin \omega t \\ \cos \omega t \end{pmatrix} dt \quad v = g(t) \end{array} \right] =$$

$$= \omega \begin{pmatrix} \sin \omega x g'(x) \\ -\cos \omega x g'(x) + g'(0) \end{pmatrix} - \omega^2 \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix} g(t) \Big|_0^x + \omega^3 \int_0^x \begin{pmatrix} -\sin \omega t \\ \cos \omega t \end{pmatrix} g(t) dt$$

$$+ \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}$$

$$= \omega \begin{pmatrix} \sin \omega x g'(x) \\ -\cos \omega x g'(x) + g'(0) \end{pmatrix} - \omega^2 \begin{pmatrix} \cos \omega x g(x) - g(0) \\ \sin \omega x g(x) \end{pmatrix} + \omega^3 \int_0^x \begin{pmatrix} -\sin \omega t \\ \cos \omega t \end{pmatrix} g(t) dt$$

+

$$+ \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^2.$$

Получаем общее решение неоднородного уравнения (4):

$$\begin{aligned} f(x) &= \omega \sin \omega x \cos \omega x g'(x) - \omega \cos \omega x \sin \omega x g'(x) + \omega g'(0) \sin \omega x \\ &\quad - \omega^2 g(x) \cos^2 \omega x - \omega^2 g(x) \sin^2 \omega x + \omega^2 g(0) \cos \omega x + \\ &\quad + \omega^3 \int_0^x g(t) (-\cos \omega x \sin \omega t + \cos \omega t \sin \omega x) dt + C_1 \cos \omega x + C_2 \sin \omega x = \\ &= -\omega^2 g(x) + \omega^2 g(0) \cos \omega x + \omega g'(0) \sin \omega x + \omega^3 \int_0^x \sin \omega(x-t) g(t) dt + \\ &\quad + C_1 \cos \omega x + C_2 \sin \omega x \end{aligned}$$

и его производную

$$\begin{aligned} f'(x) &= -\omega^2 g'(x) - \omega^3 g(0) \sin \omega x + \omega^2 g'(0) \cos \omega x + \\ &\quad + \omega^4 \int_0^x \cos \omega(x-t) g(t) dt - \omega C_1 \sin \omega x + \omega C_2 \cos \omega x. \end{aligned}$$

В частности, $f(0) = -\omega^2 g(0) + \omega^2 g(0) + C_1 = C_1$,

$$\begin{aligned} f'(1) &= -\omega^2 g'(1) - \omega^3 g(0) \sin \omega + \omega^2 g'(0) \cos \omega + \omega^4 \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt - \\ &\quad - \omega C_1 \sin \omega + \omega C_2 \cos \omega. \end{aligned}$$

Используем граничные условия $-\lambda f(0) = g(0)$, $-\lambda f'(1) = g'(1)$, которые

при $\lambda = \frac{1}{\omega^2}$ принимают вид $f(0) = -\omega^2 g(0)$, $f'(1) = -\omega^2 g'(1)$:

$$\begin{aligned} C_1 &= -\omega^2 g(0), \quad -\omega^2 g'(1) - \omega^3 g(0) \sin \omega + \omega^2 g'(0) \cos \omega + \\ &\quad + \omega^4 \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt - -\omega C_1 \sin \omega + \omega C_2 \cos \omega = -\omega^2 g'(1). \end{aligned}$$

Выписанная система условий даёт:

$$\omega^2 g'(0) \cos \omega + \omega^4 \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt + \omega C_2 \cos \omega = 0,$$

откуда

$$C_2 \cos \omega = -\omega g'(0) \cos \omega - \omega^3 \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt.$$

Получаем: либо $\cos \omega \neq 0$, и тогда

$$C_2 = -\omega g'(0) - \frac{\omega^3}{\cos \omega} \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt,$$

$$f(x) = -\omega^2 g(x) + \omega^2 g(0) \cos \omega x + \omega g'(0) \sin \omega x + \omega^3 \int_0^x \sin \omega(x-t) g(t) dt -$$

$$-\omega^2 g(0) \cos \omega x - \omega g'(0) \sin \omega x - \frac{\omega^3 \sin \omega x}{\cos \omega} \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt =$$

$$= -\omega^2 g(x) + \omega^3 \int_0^x \sin \omega(x-t) g(t) dt - \frac{\omega^3 \sin \omega x}{\cos \omega} \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt =$$

$$= -\omega^2 g(x) + \omega^3 \int_0^1 \tilde{K}(x; t) g(t) dt,$$

$$\text{где } \tilde{K}(x; t) = \begin{cases} \sin \omega(x-t) - \frac{\sin \omega x}{\cos \omega} \cos \omega(1-t), & \text{если } t < x, \\ -\frac{\sin \omega x}{\cos \omega} \cos \omega(1-t), & \text{если } t > x. \end{cases}$$

В этом случае уравнение (2) однозначно разрешимо при любом $g \in L_2(0; 1)$, резольвента $R_\lambda(J) = (J - \lambda I)^{-1}$ при $\lambda = \frac{1}{\omega^2}$, $\cos \omega \neq 0$ определена равенством

$$g(x) \rightarrow -\omega^2 g(x) + \omega^3 \int_0^1 \tilde{K}(x; t) g(t) dt$$

и является ограниченным оператором (последнее проверяется так же, как в случае $\lambda = -\frac{1}{\omega^2}$). Значения $\lambda = \frac{1}{\omega^2}$, $\omega \neq \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in Z$ – регулярные точки оператора J .

Если $\cos \omega = 0$, $\omega = \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in Z$, то следствие из системы граничных условий принимает вид

$$0 = \int_0^1 \cos \omega(1-t) g(t) dt, \quad C_2 - \text{любое.}$$

Тогда решение (2) существует лишь для тех $g \in L_2(0; 1)$, которые удовлетворяют записанному условию, и в этом случае задается формулой

$$f(x) = -\omega^2 g(x) + \omega g'(0) \sin \omega x + \omega^3 \int_0^x \sin \omega(x-t) g(t) dt + C_2 \sin \omega x.$$

Таким образом, при $\lambda = \lambda_n = \frac{1}{\omega_n^2}$, $\omega_n = \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$ одному и тому же g соответствует множество значений f , т.е. оператор $J - \lambda I$ необратим. В частности, $g = 0$ соответствует множество функций вида $f(x) = C \sin \omega_n x$, составляющих ядро этого оператора (или, что то же самое, собственное подпространство оператора J , отвечающее собственному значению λ_n):

$$\text{Ker}(J - \lambda_n I) = \{C \sin \omega_n x \mid C \in \mathbb{R}\}.$$

Итак, числа λ_n входят в дискретный спектр оператора J . Отметим, что при $n \rightarrow \infty$

$$\lambda_n = \frac{1}{\left(\frac{\pi}{2} + \pi n\right)^2} = \frac{4}{(\pi + 2\pi n)^2} = \frac{4}{\pi^2(1 + 2n)} \rightarrow 0.$$

3) осталось рассмотреть случай $\lambda = 0$, когда уравнение (4) принимает вид

$$f(x) = -g''(x),$$

а граничные условия – вид $g(0) = 0; g'(1) = 0$. Очевидно, в этом случае уравнение с учётом граничных условий имеет единственное решение, т.е. резольвента $R_0(J) = J^{-1}$ существует и определена правилом

$$g(x) \rightarrow -g''(x),$$

однако не на всём пространстве $L_2(0; 1)$, но на его плотном подмножестве, и при этом не является ограниченным оператором. Следовательно, $\lambda = 0$ – точка непрерывного спектра оператора J . Можно проверить, что невещественные значения λ являются регулярными точками оператора. Тогда спектр в целом состоит из дискретного и непрерывного спектра:

$$\sigma(J) = \sigma_p(J) \cup \sigma_c(J) = \left\{ \frac{4}{\pi^2(1 + 2n)} \mid n \in \mathbb{Z}_0 \right\} \cup \{0\}.$$

Видим, что оператор обладает счётным дискретным спектром, сосредоточенным на положительной полуоси вещественной прямой, причём все собственные значения простые, отвечающие им собственные подпространства одномерны. Единственная точка спектра, не являющаяся собственным значением оператора, служит пределом убывающей последовательности точек дискретного спектра. Итак, спектр оператора J полностью охарактеризован, найдены также его собственные функции, отвечающие точкам дискретного спектра.

Проведённое нами прямое, опирающееся непосредственно на определения исследование спектра может быть реализовано и для некоторых других интегральных (а также дифференциальных, разностных) операторов; в тех случаях, когда это возможно, такой подход способствует прочному освоению базовых понятий спектральной теории линейных операторов.

Список использованных источников

1. Ахиезер Н.И., Глазман И.М. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве. Т.1. – М.: Наука, 1977. – 314 с.
2. Треногин В.М. Функциональный анализ. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 488 с.
3. Хелемский А.Я. Лекции по функциональному анализу. – М.: МЦНМО, 2004. – 552 с.

УДК 372.851

ББК 74.202.5; 74.262.21

**Элементы игрового обучения при изучении элементарных функций:
контактная модель для обучающихся с кинестетическим типом
восприятия информации**

Кузнецова Ксения Игоревна,

студентка 4 курса факультета физико-математического и технологического образования направления подготовки «Педагогическое образование» с двумя профилями «Математика. Иностранный язык», ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Макеева Ольга Викторовна,

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Приводится экскурс в историю современной системы обучения. Фиксируется проблемная ситуация, связанная с необходимостью индивидуализации подходов к обучению школьников с различными типами восприятия информации. Рассматривается идея и описание авторского продукта (игрового комплекта), позволяющего реализовать элементы игрового обучения при изучении сквозной темы «Построение графиков элементарных функций» с учётом особенностей обучающихся с кинестетическим типом восприятия информации в процессе освоения функциональной линии учебного предмета «Математика» в рамках классно-урочной системы обучения.

Ключевые слова: игровое обучение, индивидуализация обучения, кинестетический тип восприятия информации, функциональная линия

школьного курса математики.

Класно-урочная система обучения является самой распространенной формой организации учебного процесса во многих странах мира. Данная система появилась в Европе в XVI веке и утвердилась в деятельности страсбургской школы Иоганнеса Штурма (1538) – первом опыте массового обучения в средней школе. В XVII веке система получила теоретическое обоснование в работах чешского педагога Яна Амоса Коменского. Несмотря на то, что данная форма организации учебного процесса существует уже более 400 лет и получила широкое признание, регулярно проводятся исследования, связанные с поиском альтернативных подходов к организации процесса обучения. Причины таких поисков связаны с объективными недостатками класно-урочной системы: её однообразностью и монотонностью, которые снижают мотивацию к обучению; низкой эффективностью для многих категорий обучающихся, например, детей с ярко выраженным кинестетическим типом восприятия информации. Один из путей повышения продуктивности класно-урочной системы обучения связан с включением в эту систему элементов игрового обучения.

Начало систематической разработки теории игр связывают с работами Фридриха Шиллера «Письма об эстетическом воспитании человека» / «Über die ästhetische Erziehung des Menschen» (1795) и Герберта Спенсера «Воспитание умственное, нравственное и физическое» / «Education: Intellectual, Moral, Physical» (1861). В отечественной психологии и педагогике первые опубликованные размышления о значении игры принадлежат К.Д. Ушинскому. Серьёзные исследования феномена игры проводились в XX веке. Можно выделить фундаментальную работу нидерландского историка и культуролога И. Хёйзинга (1938), в которой провозглашается универсальность игры и её непреходящее значение в человеческой цивилизации [1]. Роль игры подчёркивалась и выдающимся советским педагогом А.С. Макаренко,

например, в работе «Лекции о воспитании детей», которые были подготовлены по заказу редакции радиопередач «Педагогическая пропаганда для родителей» Всесоюзного радио и прочитаны у микрофона в сентябре – декабре 1937 года. Отдельным изданием материалы были впервые опубликованы в 1940 году и неоднократно переиздавались: «Игра имеет важное значение в жизни ребёнка, имеет то же значение, какое у взрослого имеют деятельность, работа, служба. Каков ребёнок в игре, таков во многом он будет в работе, когда вырастет. Поэтому воспитание будущего деятеля происходит прежде всего в игре. И вся история отдельного человека как деятеля и работника может быть представлена в развитии игры и в постепенном переходе её в работу. <...> Игра доставляет ребёнку радость. Это будет или радость творчества, или радость победы, или радость эстетическая – радость качества. Таковую же радость приносит и хорошая работа. И здесь полное сходство.

Некоторые думают, что работа отличается от игры тем, что в работе есть ответственность, а в игре её нет. Это неправильно: в игре есть такая же большая ответственность, как в работе, – конечно, в игре хорошей, правильной...» [2, с. 257].

Большинство современных исследователей в области дидактики определяют игровое обучение как форму учебного процесса в условных ситуациях, направленную на воссоздание и усвоение общественного опыта во всех его проявлениях: знаниях, навыках, умениях, эмоционально-оценочной деятельности [3]. Применение элементов игры на уроках повышает интерес к изучаемому предмету, способствует прочному усвоению учебного материала, создаёт возможности для проявления творческой активности обучающихся, и всё это в ситуации психологического комфорта участников учебной деятельности. Труд и учение, сочетаясь с игровой деятельностью, способствует формированию важных черт характера и развитию воли участников игры [4].

В процессе развития игрового обучения появились достаточно обширные группы методов и приемов, направленных на организацию

педагогического процесса – педагогические игры. Их можно классифицировать, выбрав в качестве основания для классификации различные виды каналов первичного восприятия и внутренней обработки информации, так называемые *модальности* [5]. Модальность в психологии это спектр ощущений и переработка информации с помощью определенных органов чувств. Различают зрительную, слуховую и тактильную модальность. Выделяют также и логическую модальность, которая связана с мыслительной деятельностью, её особенность – использование информации, полученной не от первичных ощущений. Логический вид модальности выступает в роли вторичного сенсорного канала. Основные психологические характеристики типичных представителей каждого вида модальности ощущений, обусловленного спецификой получение информации из внешнего мира через сенсорные анализаторы, приведены в таблице 1 [6].

Таблица 1.

Вид модальности	Характеристика
Визуальная (зрительная)	• восприятие информации через образы; • выраженная жестикуляция; • использование при разговоре слов «видеть», «заметить», «мне кажется», «взгляните», «посмотрите»; • восприятие в процессе обучения только визуальной информации в виде графиков, схем, рисунков, фотографий, экспериментов; • обращение внимания на внешность других людей, их мимику, жесты, позы; • хорошее воображение.
Аудиальная (слуховая)	• использование в речи «слуховых» фраз («слышал», «скажи», «мне послышалось», «послушай меня»); • хорошее восприятие музыки, бесед;

	• неплохой слух; • необходимость полной тишины при сосредоточении на чем-либо; • высокая требовательность как к своей, так и чужой речи; • большая любовь к музыке; • чувствительность к разговорам; • хорошая слуховая память.
Кинестетическая (тактильная)	• частое употребление слов с выраженным эмоциональным оттенком («взволнован», «мурашки по коже», «восхищен»); • частые прикосновения к собеседнику; • близкая дистанция с человеком при разговоре; • непоседливость; • эмоциональность; • лучшее усвоение информации через движения и осязание.
Логическая (смысловая)	• руководство логикой и обдумывание действий; • четкое планирование деятельности; • минимальное проявление чувств при общении; • слабые эмоции; • стремление к содержательным разговорам и неприятие пустых тем для них; • высокое самообладание и спокойствие в условиях стресса.

Очевидно, что педагогические игры, которые затрагивают сразу несколько видов модальностей ощущений, являются наиболее продуктивными с точки зрения восприятия и освоения информации, а значит, с точки зрения их применения в целях повышения эффективности учебной работы. Однако важное значение имеют и игры, адресованные конкретному типу обучающихся, именно они позволяют реализовать *индивидуальный подход* в учебном процессе.

Одной из основных содержательных линий школьного курса математики является функциональная линия. Многие объекты алгебры и геометрии, их свойства и связи могут рассматриваться с позиций функционального подхода. Использование свойств функций составляет основу функционального метода решения математических задач. Функциональные зависимости присутствуют в различных областях знания и учебных дисциплинах. Понятие функции в математике является ключевым в контексте математического моделирования как метода познания окружающей действительности. Изучение элементарных функций в школьном курсе математики позволяет продемонстрировать учащимся значимость функционального метода, возможности аппарата функций при решении теоретических и прикладных задач [7].

При изучении функций тема «Преобразование графиков функций» традиционно вызывают затруднения у обучающихся. Особые проблемы испытывают те школьники, которые являются ярко выраженными *кинестетиками*, то есть в качестве основного канала восприятия информации имеют тактильные ощущения. График же – это образ, он требует хорошего развития визуального канала восприятия и первичной обработки информации. Для преодоления трудности, связанной с индивидуальными психологическими особенностями кинестетиков, разработано *тактильное учебное пособие*. Этот продукт авторы предлагают использовать в контексте игрового обучения. Специальный игровой комплект содержит колоду карточек со свойствами функций и доску для построения графиков с помощью контактной модели. Игровой комплект содержит также правила игры и инструкцию по её проведению. Количество участников игры может быть произвольно. Игроки ходят по очереди. В течение своего хода игрок берет 6 карт из колоды свойств. Задача игрока – построить график, используя как можно больше свойств написанных на картах, которые он взял. На каждой карте есть два признака: игрок выбирает любой из них на своё усмотрение, может использовать сразу оба признака. Игнорировать оба признака на карте запрещено. Построенный график должен обладать хотя бы одним свойством,

которое записано на каждой карте. Когда игрок завершил построение графика, подсчитывается количество использованных им признаков. Выигрывает тот, кто использовал наибольшее число признаков, приведённых на картах. На случай, если игроки испытывают затруднения в понимании используемых обозначений свойств функций, все они приведены в правилах игры.

Доска для построения графиков функций (рисунок 1) – многофункциональная. Её можно использовать отдельно от колоды карт. Она позволяет прикоснуться к графику, тем самым увеличив количество каналов восприятия информации при его построении. Она проста в применении, позволяет экономить время учебной деятельности, связанной с «построением» линии, привлекает и концентрирует внимание на деталях важных при построении графика функции.

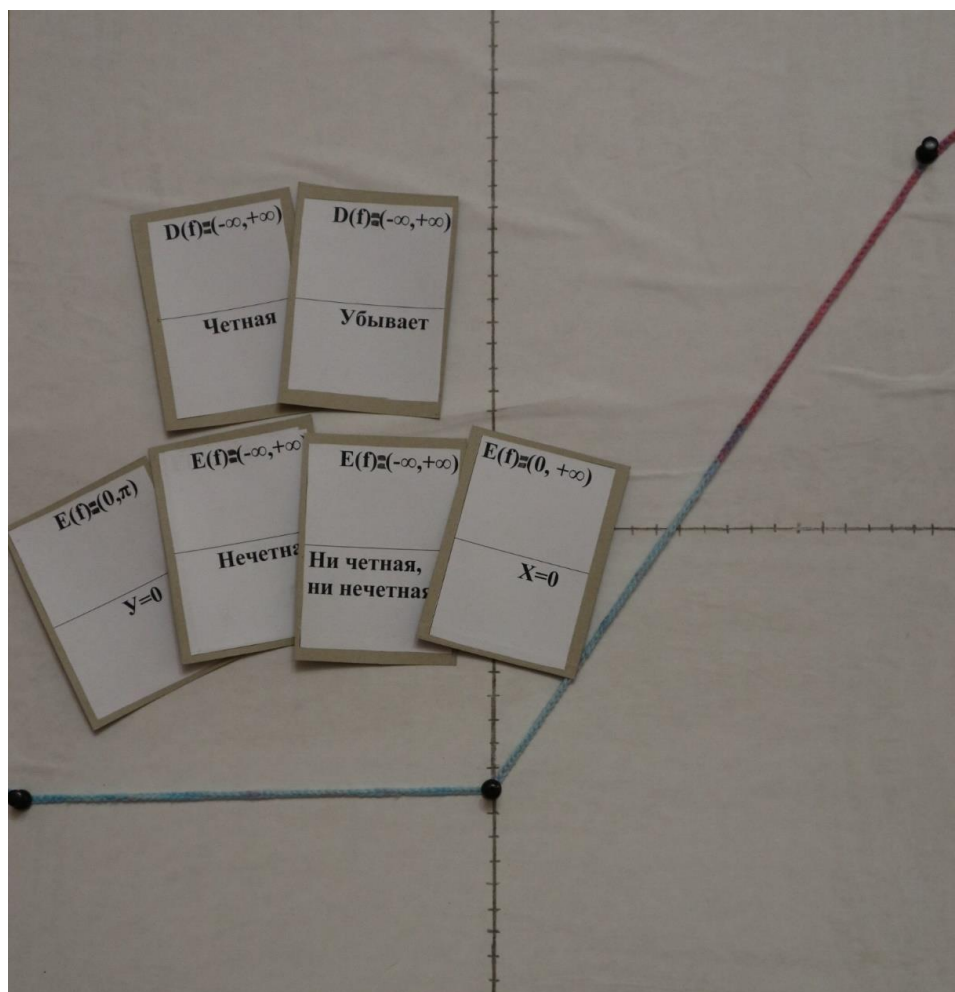


Рисунок 1.

Использовать данную игровую конструкцию на уроках математики можно начиная с 7 класса, когда изучение функции реализуется на содержательной основе: вводится понятийный аппарат (независимая и зависимая переменные, график, область определения, область значения), рассматриваются различные способы задания функции (формулой, таблицей, графически, описанием). Эффективным будет использование данного продукта и при изучении элементарных функций в курсе основной школы, в том числе функции «модуль», функций заданных кусочно. Очевидные трудности, связанные с построением гладких кривых, можно рассматривать как специально организованные проблемные ситуации пропедевтического характера, которые позволяют осваивать идею гладкости задолго до её обоснования методами дифференциального исчисления в курсе старшей школы.

Список использованных источников

1. Хёйзинга Йохан. Homo ludens. Человек играющий / Сост., предисл. и пер. с нидерл. Д.В. Сильвестрова; коммент., указатель Д.Э. Харитоновича. – СПб.: Издательство Ивана Лимбаха, 2011. – 416 с.
2. Макаренко А.С. Книга для родителей: Лекции о воспитании детей / А.С. Макаренко: сост. и автор. вступ. статья К.И. Беляев. – М.: Просвещение, 1969. – 359 с.
3. Игровое обучение [Электронный ресурс] // Википедия, свободная энциклопедия. [2019-2019]. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=99452119> (дата обращения: 17.11.2019).
4. Дидактические игры как средство активизации учебной деятельности младших школьников [Электронный ресурс] // EDUCATION PLACE. Образование сегодня [сайт]. [2019-2019]. URL: <http://www.educationplace.ru/eduts-313-2.html> (дата обращения: 17.11.2019).

5. Модальность [Электронный ресурс] // ПСИХОЛОГОС — Энциклопедия практической психологии. [2009-2019]. URL: <https://www.psychologos.ru/articles/view/modalnost> (дата обращения: 17.11.2019).
6. Гамезо М.В., Петрова Е.А., Орлова Л.М., Петрова Е.П. Возрастная и педагогическая психология. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 512 с.
7. Методика обучения математике. В 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / под ред. Н.С. Подходовой, В.И. Снегуровой. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 274 с.

Технические науки

УДК 629.113.004.58

ББК 30

Техническое состояние и регулировка дизельных форсунок

Карпухин Федор Васильевич,

студент 4 курса факультета физико-математического и технологического образования, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Научный руководитель – **Шленкин Константин Владимирович,**

к.т.н., доцент кафедры технологий профессионального обучения, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Работа посвящена анализу существующих на данный момент времени проблем в сфере профессионального образования в подготовке автомехаников. Приводится пример повышения качества практического обучения на основе детального разбора способов проверки дизельных форсунок. Современные условия требуют качественной подготовки квалифицированных специалистов по ремонту и обслуживанию автомобилей для обеспечения их безопасного и экономичного использования.

Ключевые слова: форсунки, дизельное топливо, топливная аппаратура, дизельный двигатель, регулировка, топливо, стенд.

Интенсивное развитие технологий, а также условий взаимодействия в обществе в настоящее время выдвигают повышенные требования к качеству

подготовки специалистов и их профессиональному развитию в высших учебных заведениях.

В основе процесса обучения выделяют три основных элемента:

- знания, которые были получены в ходе изучения учебной литературы;
- умения свободно владеть материалом, грамотно изъясняться, правильно излагать свои мысли;
- навыки профессионального характера.

Со стороны преподавателя эти элементы носят характер исконных компонентов содержания образования. В свою очередь со стороны обучающихся данные элементы характеризуются качеством продуктов усвоения [1].

Знания, умения, навыки неразрывно взаимосвязаны друг с другом и естественно совершенствуют учебный процесс. Но формирование данных компонентов образования носит отличия при преподавании гуманитарных и технических дисциплин. Технические дисциплины отличаются от гуманитарных технологией преподавания. При их изложении необходимо обращаться к терминологическому и иллюстративному материалу различного уровня, начиная от формул, схем, рисунков, заканчивая графиками, учебными стендами и наглядными пособиями.

При формировании знаний у студентов важное значение представляет умение довести необходимые знания до обучающихся. Именно по этой причине важно готовить качественные материалы для учебного процесса, наглядные пособия, иллюстративные материалы.

При подготовке педагогов технических дисциплин очень важно обращать внимание на такую, казалось бы, небольшую по размерам деталь, как форсунка. Но именно от степени её исправности будет зависеть весь процесс работы двигателя внутреннего сгорания: расход топлива, мощность и некоторые другие показатели. Необходимо обеспечить учащихся знаниями по оценке технического состояния дизельных форсунок и умениями по их

регулировке. Всё это можно получить при правильном планировании учебного процесса.

Надежность, экономичность и экологичность работы дизельного двигателя обеспечивается во многом работоспособностью топливного насоса высокого давления (ТНВД) и форсунок. Топливные форсунки – один из главных элементов системы питания двигателя. Форсунки обеспечивают прямую подачу топлива в камеры сгорания и его равномерное распределение по стенкам. Распыление топлива происходит через специальные сопла (распылитель форсунки). Сопла формируют строго заданный топливный факел, в результате чего топливо и воздух смешиваются эффективнее, а смесь сгорает лучше. Основное отличие форсунок для бензиновых и дизельных систем заключается в рабочем давлении топливной магистрали. Так, если бензонасос создает давление в 1...2 атмосферы в бензиновых двигателях, то в свою очередь, топливный насос высокого давления (ТНВД) нагнетает дизтопливо до отметки в несколько сотен атмосфер. С течением времени, конструкция и принцип работы форсунок неоднократно менялись, у каждого нового поколения появлялись свои особенности [2,3].

После краткого экскурса в тему о дизельной аппаратуре, можно обратиться к технологии проверки технического состояния и регулировке форсунок.

В основном многие параметры работоспособности форсунок оценивают на стенде для тестирования и регулировки форсунок. Любой из стендов в своем большинстве имеет составные элементы (см. рисунок 1).

Воздействуя на рычаг, мы передаем усилие на плунжер насоса. Он набирает чистое топливо из бака и прокачивает его по топливным трубкам и подает в форсунку под давлением. На манометре следят за давлением, при котором происходит выброс топлива из форсунки.



Рис. 1. Стенд для регулировки форсунок

Форсунки, вызывающие подозрения насчет исправности их работы, необходимо разобрать, промыть чистым топливом, прочистить от грязи и отложений. Очень важно при разборке нескольких форсунок одновременно не смешивать их части, так как они являются прецизионными парами.

Проверка и регулировка подъема иглы форсунки.

Форсунку необходимо установить на стенде и при помощи рычага прокачать через неё топливо. Необходимо заметить величину давления на манометре, при котором происходит сброс топлива из форсунки. Его принимают за давление подъема иглы. Измеренное значение необходимо сравнить с табличными данными, представленными в инструкции по эксплуатации. Если измеренное значение отличается от рекомендуемого на величину более 0,5 МПа, то производится регулировка посредством изменения силы натяжения пружины форсунки.

Проверка подтекания форсунки.

При проведении предыдущей операции на этом же стенде можно проверить форсунку и на подтекание. Плотность притирки уплотняющего конуса иглы проверяют медленным повышением давления топлива в

форсунке. Для этого плавно оказывают воздействие на рычаг стенда. При давлении на 5...10 кгс/см² меньше давления впрыска конец распылителя должен быть сухим. Герметичность запорного конуса иглы считается нормальной, если после повышения давления сопло осталось сухим [4,5].

Если же форсунка подтекает, то необходимо слегка иглу притереть к её седлу. После операции притирки необходимо тщательно промыть форсунку, продуть воздухом и снова проверить на стенде на отсутствие подтекания.

Проверка отсутствия засорения отверстий в соплах и качества распыливания топлива.

Проверяемую форсунку предварительно устанавливают на стенде, впрыскивают топливо на плотный лист чистой бумаги. По оставленным от топлива следам определяют количество работающих в сопле отверстий. При нормальной работе форсунки эти данные должны совпадать с количеством отверстий распылителя. При необходимости отверстия прочищают. Если же диаметры отверстий сопла увеличились на 10...12% по сравнению с табличными данными или на 5% отличаются между собой, то сопла необходимо заменить. Также пятна топлива на бумаге должны быть одинаковой густоты и расположены на равном расстоянии друг от друга и центра.

Во время подачи топлива, у хорошо работающей форсунки распыл сопровождается звенящим звуком и имеет резкую отсечку. Начало и конец впрыска топлива должны быть четкими и сопровождаться резким звуком. Замедленная подача топлива, при медленном ходе плунжера, вызывает прерывистый, дробный звук. Распыленное топливо должно находиться в туманообразном состоянии.

Проверка плотности пары игла-направляющая.

Проверка данного параметра осуществляется следующим образом:

- форсунку с отрегулированным давлением подъема иглы, устанавливают на стенд;

- прокачкой топлива создают давление в форсунке до значения близкого к давлению подъема иглы (не доходя до момента впрыска 3...5 кгс/см²) и включают секундомер;
- засекают время падения давления на 5,0 МПа;
- в среднем, время падения давления считается в норме для новых распылителей – 15 секунд, для бывших в употреблении – 5 секунд.

Уменьшение плотности пары значительно увеличивает протечки топлива через зазор во время работы двигателя. Для новой форсунки нормальным считается протечка топлива на 1...4% от общего количества топлива, поданного в цилиндр. В случае необходимости, пара игла-направляющая меняется на новую [6,7].

Стоит отметить, что на данный момент времени многие производители закладывают в своих изделиях определенный ресурс, который они должны отработать. Форсунки получают необслуживаемыми, и при достижении определенного пробега требуют замены. В основном, современные форсунки редко кто из мастеров берется ремонтировать, ибо это достаточно трудоемкий процесс. Но на просторах нашей страны много коммерческого транспорта, работающего на дизельных двигателях. Большой преобладающий процент оснащен ещё старой топливной аппаратурой. И проблема проверки технического состояния и регулировки форсунок остается актуальной по сей день. В связи с этим, возникает острая необходимость в подготовке квалифицированных кадров для сферы технического обслуживания автомобилей. Необходимо уделять большое внимание качеству обучения студентов.

Список использованных источников

1. Коршунов, Д.А. Развитие профессионального обучения через совершенствование самостоятельной работы при подготовке магистров: региональный аспект и педагогические решения / Д.А. Коршунов, М.В.

- Короткова, К.В Шленкин, С.О. Никитина. Глобальный научный потенциал. 2018. № 3 (84). С. 32-35.
2. Шленкин, А.К. Вредное влияние автомобильного транспорта на человека и окружающую среду / А.К. Шленкин, К.В. Шленкин, Т.М. Шленкина // В сборнике: СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ - 2017 IX Международная студенческая электронная научная конференция. 2017.
 3. Шленкин, К.В. Анализ надежности систем с помощью дерева отказов / К.В. Шленкин, Ю.А. Лапшин, С.В. Калачин. В сборнике: Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России // Материалы Всероссийской научно-производственной конференции, 60-летию академии посвящается. Редколлегия: Ю.Б. Дриз главный редактор, М.А. Багманов, А.Х. Куликова, В.В. Варнаков, В.А. Ермолаев, М.В. Постнова, В.А. Исайчев, А.В. Бушов, И.С. Королева. 2003. С. 211-213.
 4. Шленкин, К.В. Вопросы надежности техники при дилерской системе технического сервиса в АПК / К.В. Шленкин. В сборнике: Организация системы технического сервиса машин в АПК // Сборник научных трудов. Ульяновск, 1997. С. 71-74.
 5. Габитов И. И., Грехов Л. В., Неговора А. В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей: Учебное пособие. — М.: Изд-во Легион-Автодата, 2008. — 248 с.
 6. Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. — М.: Изд-во Легион-Автодата, 2011. — 344 с.
 7. Краснокутский В.В. Системы питания дизельных двигателей. Часть 1: Назначение и конструкция: учебное пособие / В.В. Краснокутский, М.А. Русанов, И.П. Трояновская. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. — 72с.

Проверка технического состояния

форсунок бензинового двигателя

Чагров Михаил Валерьевич,

студент 3 курса факультета физико-математического и технологического образования, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Научный руководитель – Шленкин Константин Владимирович,

к.т.н., доцент кафедры технологий профессионального обучения,

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Работа посвящена методике преподавания лабораторных работ по техническим дисциплинам, изложены основные неисправности электромагнитных форсунок бензинового двигателя.

Ключевые слова: лабораторная работа, форсунка, тестирование, ультразвуковая очистка, система питания двигателя, техническое состояние, стенд.

Одно из преимуществ лабораторных занятий технических дисциплин в сравнении с другими видами аудиторной учебной работы состоит в том, что они интегрируют теоретико-методологические знания, практические умения и навыки обучающихся в едином процессе деятельности учебно-исследовательского характера. Соприкосновение теории и опыта, осуществляющееся в учебной лаборатории, активизирует познавательную деятельность обучающихся, придает конкретный характер изучаемому на лекциях и в процессе самостоятельной работы теоретическому материалу,

способствует детальному и прочному усвоению учебной информации. Лабораторная работа требует от обучающегося творческой инициативы, самостоятельного принятия решений, глубокого знания и понимания учебного материала. Благодаря лабораторным занятиям мы лучше усваиваем программный материал, так как в процессе выполнения лабораторных работ многие положения процесса обучения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, при этом выявляется множество таких деталей, о которых мы раньше не имели представления, а между тем они содействуют уяснению сложных вопросов науки. При выполнении большинства лабораторных работ технических дисциплин нам предоставляется возможность стать «сооткрывателем истины», что благоприятно сказывается на развитии познавательного интереса. Многие лабораторные работы по общепрофессиональным и специальным дисциплинам могут проводиться и как иллюстративные, и как исследовательские (рисунок 1).



Рис. 1. Проведение лабораторной работы с применением стенда для диагностики и ультразвуковой очистки форсунок

Главной же нашей целью при проведении лабораторной работы «Проверка технического состояния форсунок бензинового двигателя» было исследовать процессы происходящие с форсунками на различных режимах работы. Установить время через которое необходимо производить их техническое обслуживание [1,2]. Также мы рассмотрели принципиальное

устройство электромагнитных форсунок. Принцип их действия. Также рассмотрели возможное будущее форсунок. Для нашей работы мы применили специальный стенд для диагностики и ультразвуковой очистки форсунок CNC-602/402/601 (рис. 2) [3,4,5], с помощью которой мы проводили исследования, касаемые характеристик форсунок. Данный стенд предназначен для ультразвуковой очистки и тестирования этих форсунок. Установка выполнена в настольном варианте и позволяет производить тестирование до 6-ти форсунок одновременно. Методика работы со стендом очень проста и наглядна: тест форсунок до очистки, очистка, тест форсунок после очистки.

В стенде реализован режим управления форсунками со стабилизацией тока, что делает возможной работу с форсунками различных типов. Установка компактна, и может размещаться как на специализированной тележке, так и на рабочем верстаке. В базовую комплектацию стенда входит набор переходников для работы с самыми распространенными типами форсунок. Дополнительно можно приобрести адаптеры для подключения других типов. При работе со стендом используются специальные составы для проверочного и промывочного контура, рекомендованные для применения в ультразвуковых стендах [6,7].



Рис. 1. Стенд для диагностики и ультразвуковой очистки форсунок
CNC-602/402/601

Сегодня существует несколько методов проверки работоспособности электромагнитных форсунок. Все они делятся на две основные группы: без демонтажа и с демонтажем. Первая группа проверки работоспособности ЭФ предусматривает контроль их работоспособности по следующим критериям: сопротивление обмотки возбуждения – этот параметр необходим для определения состояния управляющей обмотки ЭФ на предмет выявления обрыва или межвиткового замыкания в электрической цепи обмотки; шум работы ЭФ – подобный контроль производится стетоскопом на слух и необходим для косвенного определения степени загрязненности ЭФ. Чем меньше слышны стуки (щелчки) работы клапана ЭФ, тем выше степень загрязнения подвижных частей ЭФ.

Критерии работоспособности второй группы, контролируемые при стендовых испытаниях на снятых ЭФ с ДВС: угол факела распыла и дисперсия частиц топлива – характеризуется диаметром распределённых частиц по факелу распыленного топлива; герметичность электромагнитной форсунки – обеспечивает способность удерживать топливо от просачивания между сопряженными поверхностями при заданном давлении топлива; производительность ЭФ – характеризует способность пропускать заданное количество топлива при номинальном его давлении на входе в форсунку [8].

Потому что наиболее распространенной неисправностью электромагнитных форсунок (ЭФ) является их загрязнение. ЭФ самые теплонагруженные детали топливной подсистемы, а значит, они являются основными объектами накопления смолянистых отложений.

Основные признаки загрязнения форсунок: затрудненный пуск двигателя; остановка двигателя; неустойчивая работа двигателя на холостом ходу и на переходных режимах; провалы при резком нажатии на педаль газа; ухудшение динамики разгона двигателя и потеря мощности; увеличение расхода топлива; появление детонации при разгоне вследствие обеднения смеси и повышения температуры в камере сгорания; пропуски «зажигания»; хлопки в выпускной системе; быстрый выход из строя свечей зажигания,

кислородного датчика (лямбда-зонда) и каталитического нейтрализатора ОГ; повышение токсичности отработавших газов СО и СН.

Загрязнение форсунок становится особенно заметным с наступлением холодов. Когда испаряемость топлива ухудшается, появляются проблемы с пуском холодного двигателя. Поэтому форсунки необходимо диагностировать и проводить их очистку в установленные сроки в зависимости от марки автомобиля.

Исходя из проделанной нами работы можно сказать, что несмотря на превосходство систем впрыска топлива по экономии топлива и экологичности и ряду других показателей, не все готовы в нашей стране поменять карбюратор на эту, казалось бы, несложную систему, из-за того, что система впрыска, конечно, хороша и надёжна, но собственными руками, без специального оборудования с ней сделать что-либо сложно. Но прогресс не стоит на месте и даже в нашей стране автомобили без системы впрыска скоро перестанут выпускать, так что за системой впрыска будущее в автомобильной промышленности.

Приведенные в данной работе сведения и рекомендации позволят студенту, будущему педагогу профессионального обучения, грамотно проводить лабораторные работы и организовать обслуживание топливных систем легковых автомобилей с комплексной диагностикой инжекторных двигателей.

Список использованных источников

1. Шленкин, К.В. Анализ надежности систем с помощью дерева отказов / К.В. Шленкин, Ю.А. Лапшин, С.В. Калачин // Материалы Всероссийской научно-производственной конференции, 60-летию академии посвящается - Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России. – Ульяновск: ГСХА им. П.А. Столыпина, 2003. - С.211-213.
2. Шленкин, К.В. Общая структурная расчетная схема системы «дорога - шина - зерноуборочный комбайн - оператор» / К.В. Шленкин //

- Материалы Всероссийской научно-практической конференции - Современное развитие АПК: региональный опыт, проблемы, перспективы. – Ульяновск: ГСХА им. П.А. Столыпина, 2005. - С.373-376.
3. Шленкин, К.В., Сафаров Р.К., Прошкин Е.Н. Организационные формы использования машинно-тракторного парка / К.В. Шленкин, Р.К. Сафаров, Е.Н. Прошкин // Материалы Всероссийской научно-производственной конференции, 60-летию академии посвящается - Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России. - Ульяновск, ГСХА, 2003. - С.216-220.
 4. Шленкин, К.В. Характеристики отказов элементов зерноуборочных комбайнов семейства «ДОН» / К.В. Шленкин, С.В. Калачин, А.В. Погодин // Материалы Всероссийской научно-производственной конференции, 60-летию академии посвящается - Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России. – Ульяновск: ГСХА им. П.А. Столыпина, 2003. - С.214-216.
 5. Семенов Д. А., Рубанов Д. Ю., Петроченко В. В. Техническое обслуживание топливных форсунок бензиновых двигателей // Молодой ученый, 2017. - №46. - С. 73-76. - URL <https://moluch.ru/archive/180/46457/> .
 6. Шленкин, К.В. Вопросы надежности техники при дилерской системе технического сервиса в АПК / К.В. Шленкин // Сборник научных трудов - Организация системы технического сервиса машин в АПК. – Ульяновск, ГСХА, 1997. - С.71-74.
 7. Лезин, П.П. Формирование надежности сельскохозяйственной техники при ее ремонте. (Под редакцией Ю.А. Вантюсова). - Саратов.: Издательство Саратовского университета, 1987. -195с.
 8. Шленкин, К.В. Определение ресурса слабейшего звена зерноуборочного комбайна «ДОН-1500» последовательным методом / К.В. Шленкин // Материалы Областной межвузовской научно-практической конференции - Молодые ученые агропромышленному комплексу. Часть II. - Ульяновск, ГСХА, 2002. – С.32-33.

УДК 373.5

ББК 74.26

Здоровьеориентированный урок как инновационная форма учебной деятельности

Шарафутдинов Азат Минсеитович,

кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии профессионального обучения, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Статья посвящена организации здоровьеориентированного урока в образовательной практике средней школы. Авторами определен спектр основных здоровьеориентированных действий, направленных на координацию психофизиологических особенностей учащихся среднего школьного возраста.

Ключевые слова: здоровьеориентированный урок, профилактика, образовательная среда, школа.

Эволюция образовательной среды современной школы идет в направлении интенсификации, увеличения физических и психических нагрузок на учащихся средних образовательных учреждений. Вызывает опасение возникновения реальной возможности развития глобальной катастрофы всей современной цивилизации. По данным НИИ педиатрии: 14% детей среднего школьного возраста практически здоровы; 50% - имеют отклонения в развитии опорно-двигательного аппарата, 35-40% детей страдают хроническими заболеваниями.

Все вышесказанное актуализирует проблему здоровья детей в масштабе нашей страны, региона, города и отдельно взятой общеобразовательной школы.

Мы считаем, что в современной школе должен быть применен системный подход к формированию *Школы Гармонизации Здоровья Ребенка*. Естественно, что ведущие педагоги при таком подходе принимают на себя ответственность за здоровье своих воспитанников. Реализация данного подхода возможна только через системное применение здоровьесберегающих технологий в образовательном процессе. [2]

Необходимо выделить отличительные особенности здоровьесберегающих образовательных технологий от иных педагогических технологий, а именно:

- отсутствие назидательности и авторитарности
- воспитание, а не изучение культуры здоровья
- элементы индивидуализации обучения
- наличие мотивации на здоровый образ жизни учителя и учеников
- интерес к учебе, желание идти в школу
- наличие физкультминуток
- наличие гигиенического контроля [1,3]

Эти технологии помогают учащимся лучше самореализоваться в учебной деятельности, а также самоутвердиться в коллективном сообществе одноклассников.

Основные черты здоровьесберегающего урока показаны на схеме 1.

Здоровьесберегающий урок должен: просвещать, активизировать у детей желание жить, быть здоровыми и жизнерадостными; акцентировать внимание на то, что жизнь - это прекрасно, вызывать у них позитивную самооценку».

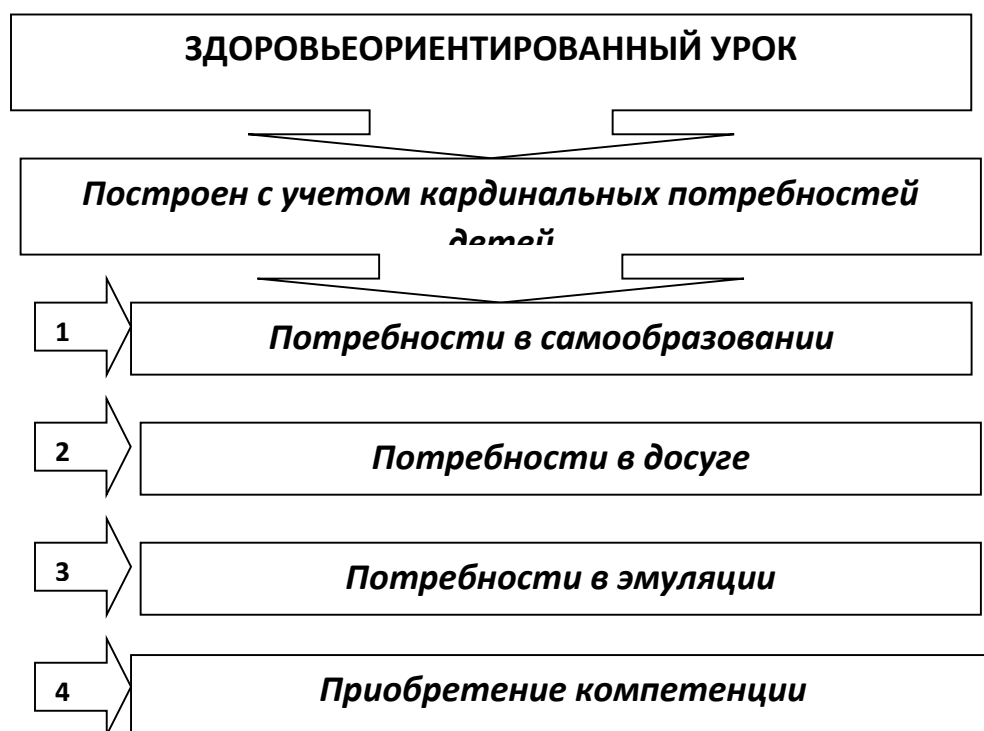


Схема 1. Структура здоровьесориентированного урока.

Здоровьесориентированные действия на уроке:

1.Оптимальная плотность урока

- количество видов учебной деятельности
- их смена
- длительность и чередование
- отвлечения от учебной работы

2.Чередование видов учебной деятельности

- чтение,
- письмо,
- слушание,
- рассказ,
- рассматривание пособий,
- ответ на вопрос,
- решение примеров.
- просмотр видеосюжетов и презентаций

Рекомендации:

1. Считается гигиенически рациональным использование 4-7 видов учебной деятельности, 1-2 – нерациональным.
2. Смена различных видов должна проводиться через каждые 7-10 минут (нерациональная смена через 15-20 минут, когда у ребенка уже появляются признаки утомления).

Оздоровительные моменты на уроке:

- физкультминутки, динамические паузы
- минутки релаксации
- дыхательная гимнастика
- гимнастика для глаз
- массаж активных точек
- речевая гимнастика

Цель оздоровительных моментов:

1. Отдых центральной нервной системы.

Наличие эмоциональных разрядок необходимы для снятия умственного напряжения, утомления. В течение урока рационально использовать 2-3 разрядки.

- поговорка,
- высказывание,
- веселое четверостишие,
- юмористическая или поучительная картинка

2. Профилактика утомления, нарушения осанки, зрения.

Правильная поза ученика во время занятий за столом.(рис.1)

- длина сиденья стула должна соответствовать длине бедер ребенка
- высота ножек стула должна равняться длине голени.
- голеностопный, коленный, тазобедренный суставы при сидении образуют прямой угол
- между краем стола и грудной клеткой сидящего ученика необходимо выдерживать расстояние равное ширине кисти ребенка

-
- расстояние от глаз до стола (тетради, книги) соответствует 30-35 см.
- тетрадь при письме должна лежать на столе под углом 30 градусов.
- при письме сидеть нужно с одинаковой нагрузкой на обе ягодицы.
- позвоночник опирается на спинку стула.
- Предплечья лежат на поверхности стола симметрично и свободно.
- надплечья находятся на одном уровне.



Рис.1. Осанка учащегося во время занятий за столом.

Правильная поза ученика во время занятий стоя у рабочего стола.(рис.2).

Правильная осанка в положении стоя

- Максимально вытянут позвоночник
- Плечи выпрямленные
- Живот втянут
- Голова находится в свободном положении, направив взгляд прямо вперед, подбородок слегка приподнят

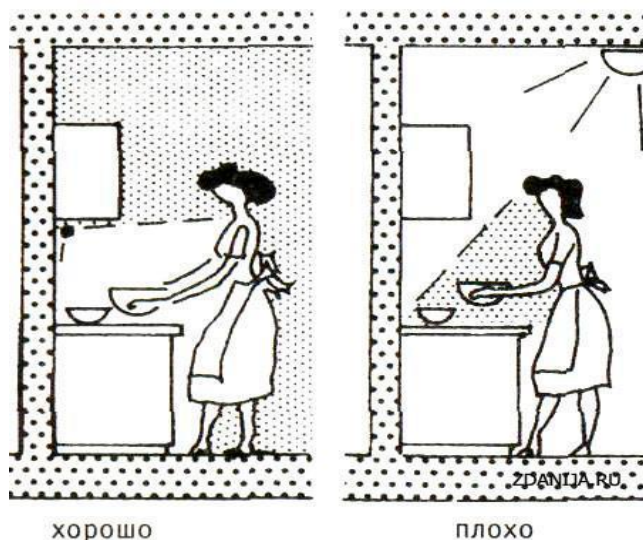


Рис.2. Осанка учащегося во время занятий стоя у кухонного стола.

Рабочая поза должна соответствовать виду учебной деятельности на уроке. Её соблюдение и чередование во время занятий контролируется педагогом, непродолжительные отклонения от указанных поз нужны для отдыха, расслабления. Педагогам следует корректировать нарушения в рабочей позе учащихся.

3. Положительные эмоции

- Создание у детей положительной эмоциональной настроенности является обязательным условием правильно организованного учебного процесса.
- Положительные эмоции способны полностью снимать последствия отрицательных.

Список использованных источников

1. Алимов М.М., Шарафутдинов А.М. Формирование здорового образа жизни при изучении технологии (на примере раздела «Технологии домашнего хозяйства» 5 класс). Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин. Материалы всероссийской заочной научно-практической конференции. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2016.
2. Козельская О.В., Шарафутдинов А.М. Организация учебной аудитории с учетом реализации принципа наглядности. Актуальные вопросы

преподавания технических дисциплин. Материалы всероссийской заочной научно-практической конференции. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2016.

3. Советова Е.В. Педсовет: практическое руководство для директора школы. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2006.

УДК 373.5

ББК 74.26

Роль интерактивных методов обучения на практических занятиях по эргономике

Шарафутдинов Азат Минсеитович,

кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии профессионального обучения, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. В этой статье проводится обзор интерактивных методов обучения и рассматриваются примеры проведения практических занятий по эргономике.

Ключевые слова: интерактивный, самостоятельный, активизация, проектирование, контекстное обучение, исследование, поиск, эргономика.

В современном российском образовании сложились и утвердились три основные формы взаимодействия преподавателя и студентов:

1. Пассивный метод – это форма взаимодействия преподавателя и студента, в которой преподаватель является основным действующим лицом и управляющим ходом занятия, а студенты выступают в роли пассивных слушателей. Связь преподавателя со студентами на пассивных занятиях осуществляется посредством устных и письменных опросов, самостоятельных и контрольных работ и т. д.

2. Активный метод – это форма взаимодействия студентов и преподавателя, при которой они взаимодействуют друг с другом в ходе занятия. Студенты здесь не пассивные слушатели, а активные участники,

студенты и преподаватель находятся на равных правах. Если пассивные методы предполагают авторитарный стиль взаимодействия, то активные – демократический.

3. Интерактивный метод («inter» – это взаимный, «act» – действовать) – означает взаимодействовать, находиться в режиме беседы, диалога преподавателя со студентом. В отличие от активных методов, интерактивные ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом, на активность студентов в процессе обучения. Роль преподавателя на интерактивном занятии сводится к направлению деятельности студентов [1].

Интерактивное обучение — это специальная форма организации познавательной деятельности. Студент, приобретая знания и навыки, создает тем самым базу для работы по решению проблем после того, как обучение закончится.

В современной педагогической литературе различают три типа интерактивности в учебном процессе [2,3]:

1. Взаимодействие студента и предмета обучения.

Этот тип интерактивности определяет процесс интеллектуального взаимодействия студента с предметом, в результате чего изменяется уровень подготовки обучающегося, его интеллектуальный уровень.

2. Взаимодействие студента и преподавателя.

Преподаватель формирует мотивацию к обучению, предлагая вниманию студента определенный материал для получения информации, демонстрируя применение навыков при моделировании определенной ситуации (задачи).

3. Взаимодействие студентов.

Данный тип интерактивности предусматривает взаимодействие студентов между собой, отдельно взятого студента с другими студентами в составе группы или без нее, в присутствии преподавателя или без него в реальном времени [2].

Согласно ФГОС 3-го поколения реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся [4].

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется особенностью подготовки специалиста, контингента обучающихся, содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30 % аудиторных занятий (например, для специальности 190401 «Эксплуатация железных дорог»).

В связи с этим, одной из важнейших задач, выполнение которых обеспечивает качественную подготовку специалиста, является внедрение активных и интерактивных форм обучения.

Отметим, что интерактивная и активная формы обучения предусматривают вовлечение в учебный процесс всех студентов группы без исключения. При этом эффективность обеспечивается активностью студента не только в отношении преподавателя, но и в отношении других студентов, что позволяет обучающимся обмениваться идеями, приемами решения задач, что, в свою очередь, приводит к более качественному усвоению знаний.

Ведущий преподаватель мотивирует участников обучения к самостоятельному поиску. Активность преподавателя при таком подходе уступает место активности студентов.

Основной задачей становится создание условий для инициативы обучающихся. Поэтому интерактивное обучение применимо в интенсивном обучении достаточно взрослых обучающихся (например, студентов, получающих заочное высшее образование).

В настоящее время в педагогике нет единой общепринятой классификации интерактивных технологий обучения, поэтому мы примем за основу более полную и исчерпывающую их бонитировку :

1) неимитационные, т.е., используемые в рамках традиционных форм учебной деятельности (лекции, практические занятия, курсовое и дипломное проектирование и др.);

2) имитационные (в основном неигровые), применение которых связано с использованием в учебном процессе новых методов обучения.

В последнее время популярным становится новый интерактивный метод обучения – вебинар. Вебинар (анг. webinar) – это виртуальный семинар (лекция, беседа) в синхронном режиме, позволяющая слушателям принимать активное участие в процессе обучения посредством вопросов, выражения мнения, общения со всеми участниками. Это так называемое онлайн-обучение: преподаватель ведёт семинар, компьютер с веб-камерой транслирует, онлайн-аудитория семинар смотрит, слушает и задаёт вопросы в прямом эфире.

После завершения мероприятия остается запись, которую тоже можно использовать в целях обучения. Однако такое дистанционное образование не может заменить полноценного обучения, потому как теряется эмоциональная составляющая, которая возникает в момент непосредственного контакта преподавателя и аудитории. Поэтому, на наш взгляд, вебинар – это одна из форм дистанционного интерактивного обучения[].

Приведем некоторые методы интерактивных занятий-лекций, которые используются преподавателями кафедры «Общая физика и технические дисциплины» ФГБОУ ВО «УлГПУ имени И.Н.Ульянова».

Проблемная лекция (относится к неимитационным методам). Проблемная лекция начинается с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. Готового решения в данном случае нет. То есть деятельность студента приближается к поисковой,

исследовательской. На подобных лекциях обязателен диалог преподавателя и студентов. Студенты активно привлекаются к обсуждению, поиску тех или иных вариантов решения. Подход может активно применяться при изложении прикладных глав математики, статистики, методов моделирования, что, конечно же, требует определенного уровня сформированной у студентов теоретической базы и достаточной технической оснащенности аудитории.

Лекция-визуализация. Данная лекция учит студента преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, выделяя при этом наиболее значимые и существенные элементы. На лекции используются схемы, рисунки, чертежи и т.п., к подготовке которых привлекаются обучающиеся. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала. Данный тип лекции хорошо использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему, дисциплину. Визуальное представление материала помогает выработать у студентов более четкое представление о большинстве разделов курса математики, эконометрики, моделирования.

Лекция с разбором конкретной ситуации, изложенной устно или в виде короткого диафильма, видеозаписи и т.п.; студенты совместно анализируют и обсуждают представленный материал. Метод удобен при изучении прикладных дисциплин (эргономика, охрана труда, , физика).

Таким образом, для преподавателя, читающего лекции, функция прямой передачи информации должна трансформироваться в функцию организации самостоятельной работы студента по освоению данной учебной дисциплины [3].

Приведем краткий обзор некоторых методов, а затем более подробно рассмотрим методику проведения практических занятий.

Контекстное обучение (относится к неигровым имитационным методам) направлено на формирование целостной модели будущей

профессиональной деятельности студента. При этом знания, умения, навыки даются не как предмет для запоминания, а в качестве средства решения профессиональных задач. Применяется при преподавании прикладных аспектов математики, методов математического моделирования, статистики, эконометрики. Активно используется при работе со студентами экономических специальностей.

Методы группового решения творческих задач. Метод Дельфи помогает выбрать из предлагаемой серии альтернативных вариантов лучший: от членов группы требуется дать оценку каждого варианта в определенной последовательности. Очень удобен при построении и оценивании математических моделей реальных ситуаций в экономике, инженерной практике. Активно применяется при преподавании эконометрики.

Проектирование. Метод проектов – это совокупность учебно-познавательных приемов, которые позволяют решить ту или иную проблему в результате самостоятельных действий учащихся с обязательной презентацией этих результатов.

Данный метод может применяться для выполнения типового расчета по математической или экономической статистике. Предполагается самостоятельная организация выборочного наблюдения, обработка полученных результатов, получение выводов. Может быть организована презентация проведенного исследования и его результатов [3].

Стоит отметить, что в современных условиях использование технических средств обучения позволяет преподавателям расширить диапазон применяемых в учебном процессе методик, усовершенствовать способы проверки выполнения заданий, лучше наладить «обратную связь» со студентами, более гибко реагировать на те или иные проблемные ситуации, возникающие при освоении курса.

При использовании описанных выше методов решаются следующие задачи:

- формирование у студентов интереса к изучаемой дисциплине;
- эффективное усвоение учебного материала;
- самостоятельный поиск студентами путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (проблемы);
- умение работать в команде;
- формирование у студентов отношения к соответствующей учебной задаче (проблеме), ее решению;
- формирование жизненных и профессиональных навыков;
- достижение уровня осознанной компетентности студента.

Отметим эффективность интерактивного обучения:

- активизирует процесс понимания, усвоения и творческого применения знаний при решении практических задач;
- усиливает мотивацию и вовлеченность участников в решение обсуждаемых проблем, что побуждает их к конкретным действиям;
- обеспечивает раскрытие новых возможностей обучающихся.

Приведем пример проведения практического занятия по дисциплине «Эргономика» для студентов направления подготовки 44.03.01 «Профессиональное обучение», профиль «Сервис и эксплуатация автомобильного транспорта» ФГБОУ ВО «УлГПУ имени И.Н.Ульянова».

Предварительная подготовка заключается в разбиении студентов учебной группы на подгруппы по 6 человек в каждой. При этом каждый из студентов заранее индивидуально и самостоятельно решает выданные ему задачи по какой-либо из тем, изученных на практическом занятии ранее. Количество и качество задач подразумевается равным для всех студентов группы. Таким образом, уже на предварительном этапе обучение происходит в интерактивной форме.

Практическое занятие – это защита студентами подгруппы сделанного самостоятельно задания. Поскольку оцениваться будет работа подгруппы в

целом, а не каждого студента в отдельности, дается время для обсуждения полученных индивидуально решений задач внутри подгруппы. Каждый член подгруппы должен быть готов к защите полученного решения, поэтому задача всех остальных членов группы – при совместном обсуждении предлагаемого решения – добиться исключительно правильного подхода в выборе метода решения и обнаружить и исправить любые ошибки, если они были. Таким образом, внутри подгруппы обсуждаются все задачи, выносимые на защиту для этой подгруппы.

Отметим, что процесс обучения в такой форме позволяет студенту приобрести следующие очень полезные навыки: умение изложить метод решения задачи, отстаивать правильность выбранного подхода, ответить на поставленные другими членами группы вопросы (во время объяснения решения своих задач); вникнуть в процесс решения вновь изложенной задачи, обнаружить неточности в решении (при обсуждении решений задач других членов группы). Важной особенностью такого подхода является вовлечение всех без исключения студентов в процесс обучения, во время которого происходит не только закрепление полученных навыков, но и возникает ситуация, позволяющая каждому из студентов наладить процесс коммуникации, обеспечивающий наиболее качественную подготовку всей подгруппы к защите индивидуальных заданий.

Когда обсуждение закончено, и подгруппа готова к процессу защиты, студент этой подгруппы делает соответствующую отметку на доске, где отмечены все подгруппы и номера задач, защита которых предусмотрена на занятии. Таким образом, преподаватель имеет информацию о готовности группы к ответу.

Сам процесс защиты задачи происходит также в активной форме, поскольку студент приводит решение какой-либо из своих задач, аргументировано показывает эффективность выбранного метода и отвечает на вопросы преподавателя, касающиеся предмета обсуждения (здесь возникает обратная связь студента с преподавателем). Результатом является

выставленное (всей группе) количество баллов рейтинговой системы. Например, может быть предложен следующий подход: 3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.

Количество студентов, которые могут быть выбраны для ответа из каждой подгруппы определяется количеством задач, заданных для защиты, временем, отведенным на проведение такой защиты, количества подгрупп в группе. Например, при наличии 4 подгрупп и 2 академических часов на проведения занятия вполне можно проверить 3-4 задачи, т.е. могут быть выслушаны преподавателем примерно 12-16 студентов.

Опишем способ выбора студента для защиты индивидуального задания и задач, решение которых ему предстоит объяснить. Курс «Теория вероятностей» позволяет обратиться за помощью к случайным величинам, а именно: выбор отвечающего для каждой из подгрупп проводится случайным образом. Например, с помощью бросания игральной кости (при этом за каждым из 6 студентов подгруппы закрепляется индивидуальный номер – от 1 до 6). Таким образом, выбранный студент защищает решение определенной задачи. Номера задач тоже могут выбираться случайным образом, например, для двух задач выбор можно осуществлять с помощью монеты, для большего количества задач – бросание двух или трех монет, монеты и игральной кости, двукратного бросания игральной кости и т.п. (здесь главное – равновероятные возможности выпадения любой из задач).

Общее количество баллов полученной студентами подгруппы за время всего занятия далее переводится по заранее разработанной шкале в пятибалльную (или любую другую рейтинговую) систему оценивания.

Учитывая вышесказанное, отметим взаимосвязи процесса обучения, возникающие во время проведения занятия в такой форме: студент-студент (развивается умение строить взаимоотношения в среде сверстников, умение аргументировано доказывать свое мнение, умение быстро реагировать на возникающие замечания и вопросы, расширяется кругозор), студент-преподаватель (процесс обучения происходит в индивидуальном порядке с использованием обратной связи). Таким образом, раскрываются все возможности интерактивного подхода в обучении.

Заметим, что приведенный способ проведения практического занятия легко модифицируется. Достаточно внести возможность использования технических средств (компьютер, ноутбук), как спектр проверяемых заданий значительно расширяется. Может быть заранее выдано одно задание для всей подгруппы и возможности защиты всего проекта целиком с помощью презентации. После изучения достаточно большой части материала, объединенного по какому-либо признаку, может быть проведен брейн-ринг (на доске возникают условия задач по порядку; первая из подгрупп, готовая предложить решение, отстаивает его у доски (остальные могут задавать вопросы)). Таким образом, набираются баллы. Важно, что при любой вариации студент остается активным участником процесса, все студенты активно коммутируют между собой, проявляется обратная связь с преподавателем.

Также в качестве примера применения интерактивных методов обучения на практике рассмотрим практическую работу на тему «Эргономическая карта современного автомобиля» по курсу «Эргономика» бакалавров направления 44.03.01 «Профессиональное обучение», профиль «Сервис и эксплуатация автомобильного транспорта» ФГБОУ ВО «УлГПУ имени И.Н.Ульянова».

Обучение бакалавров данного направления подготовки подразумевает некоторую специфику: предпочтение отдается самостоятельной работе и индивидуальным консультациям. Таким образом, речь идет о взаимодействии студента и преподавателя, о проектировании и контекстном обучении.

В начале семестра после изучения определенного теоретического материала каждый обучающийся получает индивидуальное задание. Первая часть задания (задание 1) у студентов общая с отличающимися числовыми данными для каждого варианта:

Задание 1. Изучается зависимость работоспособности человека-оператора от частоты его сердечного пульса u (уд./мин.) Требуется построить и обосновать линейную зависимость между этими показателями, а также рассчитать пороговые значения .

При решении данной задачи необходима дополнительная самостоятельная проработка теоретического материала, изучение примеров решения конкретных задач, применение полученных навыков в своей работе. Приветствуются консультации с преподавателем. Консультации могут носить как индивидуальный так и групповой характер. Но при этом обсуждается не решение конкретной задачи, а общие подходы. Это способствует принятию самостоятельных решений при решении своего варианта каждым магистрантом. Также при построении уравнения регрессий используется пакет надстроек Excel, что способствует освоению студентами применения прикладных программ.

Второе задание носит творческий характер и подразумевает использование магистрантами данных, близких им по специфике работы (магистранты на данном этапе обучения, как правило, имеют постоянную работу):

Задание 2. Самостоятельно выбрать модель временного ряда (желательно реальную). Число уровней ряда не менее двенадцати. Построить мультипликативную и аддитивную модели, сравнить их доступными методами, выбрать лучшую.

Как показала практика, данное задание вызывает большую активность обучающихся, поскольку направлено на исследование реальной ситуации и демонстрацию прикладного аспекта курса. Наибольший интерес представляет ситуация, при которой магистрант использует данные собственного исследования, а полученные результаты становятся частью его дипломной работы. При этом новую роль приобретают групповые консультации, на которых предполагаются обсуждение проблемных моментов отдельных работ, презентации готовых результатов, поиск удачных моментов и ошибок при сдаче проектов.

Такая работа объединяет в себе следующие интерактивные методы: исследовательские и проектировочные игры, мозговой штурм, групповое решение творческих задач. Это позволяет сформировать у магистрантов не только навыки поиска решения задачи, но и защиты предлагаемых методов, отстаивания своей точки зрения, что очень важно в будущей профессиональной деятельности.

Мы привели два примера применения интерактивных методов обучения на практике, которые показывают, как можно активизировать и методически обеспечить самостоятельную работу студента. Таким образом организованное обучение обеспечивает максимальную активность студента, что и требует современный образовательный процесс.

Список использованных источников

1. Валиева В.А., Шарафутдинов А.М. Разработка паспорта компетенции как основа современного образовательного процесса. Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин. Материалы всероссийской заочной научно-практической конференции. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2016
2. Козельская О.В., Шарафутдинов А.М. Организация учебной аудитории с учетом реализации принципа наглядности. Актуальные вопросы

преподавания технических дисциплин. Материалы всероссийской заочной научно-практической конференции. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2016

3. Макарова Е.Л. Использование интерактивных форм обучения для повышения эффективности образовательного процесса // [http://www.smtueco.ru/en/items/interactive-forms-of-learning./](http://www.smtueco.ru/en/items/interactive-forms-of-learning/) Дата обращения: 15.11.19 г.
4. Переход российских вузов на уровневую систему подготовки кадров в соответствии с федеральными образовательными стандартами: нормативно-методические аспекты // http://www.narfu.ru/pomorsu.ru/www.pomorsu.ru/_doc/umu/level/kpk/posobie.pdf/ Дата обращения: 15.11.19 г.

Информатика, вычислительная техника и управление

УДК 378.16

ББК 74.5

Информационная система дистанционного обучения

Сайфутдинов Рафаэль Амирович,

доцент кафедры Информатики Ульяновского государственного педагогического университета им. И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия

Белогрудова Дарья Юрьевна, Родненко Яна Вадимовна,

курсанты Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск, Россия.

Аннотация. В статье рассмотрены типы и преимущества дистанционной формы обучения и его практическое применения обучению в сфере охраны труда .

Ключевые слова: информационные технологии, система дистанционного образования, коммуникационные технологии, дистанционное обучение в сфере охраны труда.

Информационные технологии являются неотъемлемой частью современного образования, и с каждым днем все больше совершенствуются методы подачи и обработки информации в различных сферах образовательной деятельности. Этому способствуют повсеместная информатизация общества и необходимость получения качественного образования, вне зависимости от таких факторов, как: регион проживания, недостаток информации и образовательных ресурсов, отсутствие компетентного педагогического состава и др.

Система дистанционного образования – это новая, наиболее прогрессивная форма заочного обучения с использованием новейших методик

обучения. В ее основе лежит самостоятельная работа студента (слушателя) с учебно-практическими материалами. Преподаватели-консультанты проводят обзорные лекции, групповые консультации, лично консультируют студента (слушателя), помогая осваивать материал курса, проводят тестирование и своевременно указывают на ошибки в освоении материала [3].

Дистанционная форма обучения обладает следующими преимуществами [6]:

- получение образования в самые сжатые сроки;
- низкая стоимость обучения;
- возможность получения зарубежного сертификата об окончании курса определенной дисциплины, не требующая личной явки обучаемого в учебное заведение;

-обеспечивает качество обучения, построенного на государственных образовательных стандартах и другие [5].

Коммуникационные технологии, посредством которых и выполняется дистанционное обучение, разделяют online и offline – режимы. Первый режим обеспечивает обмен информацией в реальном времени, «здесь и сейчас». Так, посланное отправителем сообщение, достигнув компьютера адресата, немедленно направляется на соответствующее устройство вывода. Второй режим коммуникаций позволяет сохранять полученные сообщения на компьютере адресата. Пользователь может просмотреть их в любое удобное для себя время.

Среди дистанционных технологий выделяются следующие типы:

- кейсовая технология (обучение действием) – технология, основанная на сборе учебно-методических материалов (на бумажных носителях или компакт-дисках) и рассылке обучающимся для самостоятельного изучения;
- интернет-сетевая технология – технология, функционирующая на базе сети Интернет (или локальной сети) с использованием главного компьютера – сервера, где хранятся основные методические материалы и на котором

задаются основные параметры работы, и остальных равноправных компьютеров, на которые распространяется программа;

- информационно-спутниковая технология – технология, основанная на использовании телевидения и спутниковых средств передачи и постоянном пополнении и обновлении информации в локальных сетях через спутниковые каналы связи.

Несмотря на быстрое развитие информационных систем в Российской Федерации, мы редко можем встретить новшества в сфере обучения по охране труда. На данный момент услуги по обучению и проверке знаний требований охраны труда чаще всего предоставляют частные компании на коммерческой основе, а также, важно отметить, что эта программа в большинстве случаев проходит заочно на базе компании, которая может находиться совершенно в другом регионе страны, что доставляет массу неудобств обучающемуся или компании-заказчику. В свою очередь, эти неудобства приводят к неправомерным действиям, когда частные компании готовы предоставить «услугу без оказания услуг», т.е. выдать удостоверения о проведении проверки знаний без непосредственного обучения и даже без присутствия обучающегося.

По статистике, в Российской Федерации зарегистрировано около 6 млн бизнесов, из которых можно выделить около 2 млн крупных компаний, таких как «Ашан», «Газпром», «МТС», «Сбербанк» и т.д., и можно смело сказать, что эти компании могут материально обеспечить очное обучение всех работников по охране труда (предоставить командировку обучающемуся или пригласить специалистов по охране труда из компетентных компаний для проведения обучения и проверки знаний). В отличие от крупных компаний, оставшиеся 4 млн микро- и малых предприятий сталкиваются с проблемой качественного обучения работников и работодателей, и даже если половина из них каким-то образом справится с решением данного вопроса, то у двух миллионов бизнесов работники будут либо некачественно обучены, что может привести к несчастному случаю или профессиональному заболеванию на

производстве и иным последствиям, либо вовсе не обучены, либо данным предприятиям просто придется совершить вышеуказанные неправомерные действия [2].

Дистанционное обучение в сфере охраны труда может решить эту возможную проблему, если применить его как государственную услугу, например, создав электронный портал по предоставлению государственных услуг по обучению и проверке знаний по охране труда.

Регистрация на данном портале может проходить с помощью Единой системы идентификации и аутентификации (ЕСИА). Регистрация в ЕСИА включает несколько этапов с обязательной привязкой и проверкой электронного адреса, мобильного телефона, а также очным подтверждением личности пользователя. А так как многие жители Российской Федерации уже зарегистрированы в ЕСИА (к примеру, через «Единый портал госуслуг»), процесс дистанционного обучения является еще более доступным [1].

Для юридических лиц данный портал мог бы быть удобен своей структурой, так как существует возможность группировки данных, создав сообщество компании. Таким образом, житель РФ может указать в своем личном кабинете название организации, в которой он работает, если у данной компании создано свое сообщество на портале. После подтверждения компанией факта трудоустройства этого работника, она может отслеживать его процесс обучения и проверки знаний по охране труда. Обязанности по контролю возлагаются на специалиста по охране труда или соответствующую службу на предприятии.

Также на портале может быть предусмотрена удобная система группировки информации, в которой при указании рода деятельности работника, класса условий труда на его рабочем месте, вида предприятия и другой конкретизирующей информации работнику становится доступна только необходимая ему информация в сфере охраны труда: обучающие фильмы, нормативно-правовые документы, тренировочные тесты, виртуальные практические занятия, презентации и др. Специалисту по охране

труда компании могут быть видны все действия работников, состоящих в сообществе компании. Так, при необходимости, он может указать на ошибки и посоветовать какую-либо информацию для работника как на сайте портала, оставив заметки в личном кабинете работника, так и лично на предприятии.

Первым шагом в обучении по охране труда является проведение инструктажа по охране труда вновь принимаемых на службу сотрудников и работников, которые переводятся на другую работу, а также при необходимости в некоторых иных случаях. Данный инструктаж проводится посредством просмотра соответствующего видеоматериала в соответствующем разделе портала предоставления государственных услуг по обучению и проверке знаний по охране труда. После видео-инструктажа проводится тест на усвоение информации, а затем результаты закрепляются на портале как в личном кабинете работника, так и в организации.

Вторым шагом является обучение безопасным методам и приемам выполнения работ всех поступающих на предприятия специалистов, а также лиц, переводимых на другую работу, которое проводится в течение календарного месяца после заключения с сотрудником трудового договора. Кроме того, обучение проводится при подготовке специалистов рабочих специальностей и при обучении их другой работе.

Руководители и специалисты организаций также обязаны проходить специальное обучение по охране труда в объеме должностных обязанностей. Эти категории работников проходят обучение в течение месяца после заключения трудового договора, впоследствии — один раз в три года. В некоторых случаях руководители проходят внеочередную проверку знания охраны труда [4].

При наступлении срока сдачи экзамена на получение удостоверение по факту проведения проверки знаний требований охраны труда по различным программам, для объективности результатов проверки, специалист по охране труда компании обязан лично проследить данный процесс, который представляет собой сдачу работником итогового теста в своем личном

кабинете. При успешной сдаче экзамена работнику выдается удостоверение как электронно, сохраняясь в личном кабинете работника, где можно отследить сроки его действия, так и присылается по почте на фактический адрес организации или работника. При неудачной сдаче итогового теста в течение месяца работник обязан пройти повторную проверку. Важно отметить, что, если сотрудник не прошел необходимую проверку знаний и требований по охране труда, его нельзя допускать к работе. Также, по результатам проверки знаний должен быть составлен электронный протокол заседания в сообществе организации, в котором указываются результаты проверки по каждому работнику.

Создание портала по предоставлению государственных услуг по обучению и проверке знаний по охране труда требует крупных средств, поэтому, весьма вероятно, что данная государственная услуга, как и многие другие, будет осуществляться платно. Но, важно отметить, что для работодателя будет выгоднее дистанционное обучение работников, чем какой-либо другой способ. Также как и государственная услуга, она всегда будет иметь лицензию и никогда не будут аннулированы результаты ее проведения.

Дистанционное обучение позитивно влияет на качество обучения студента, повышая его творческий и интеллектуальный потенциал благодаря самоорганизации, стремлению к знаниям, умению взаимодействовать с компьютерной техникой и самостоятельно принимать ответственные решения. Как одно из наиболее перспективных и активно развивающихся сегодня информационных технологий, оно является одной из важнейших образовательных технологий XXI века и получает широкое развитие и в нашей стране. Реальные потребности в дистанционном образовании побуждают все большее количество образовательных учреждений России внедрять в сфере высшего образования элементы дистанционного обучения по различным специальностям и отдельным дисциплинам[7].

Список использованных источников

1. Единая система идентификации и аутентификации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Единая_системаидентификации_аутентификации.
2. Количество юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, сведения о которых содержатся в Едином реестре субъектов малого и среднего предпринимательства по состоянию на 10 мая 2018 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rcsme.ru/ru/statistics>. – Заглавие с экрана.– Яз. рус.
3. Сайфутдинов Р.А., Митялина К.А., Валеева Е.С., Зярянова У.П. Информационные технологии в образовательном процессе В сборнике: Информационные технологии в образовании Материалы всероссийской очной научно-практической конференции. 2019.
4. Сайфутдинов Р.А., Миронова А.А., Мартыненко О.В., Бонд Д.Н. Информационные технологии в дистанционном образовании. В сборнике: Траектории взаимодействия в развитии цифровых навыков Материалы всероссийской очной научно-практической конференции. 2019.
5. Сайфутдинов Р.А., Порозова М.Ю. Применение электронных образовательных ресурсов в образовании. В сборнике: Образование и информационная культура: теория и практика материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. 2016.
6. Сайфутдинов Р.А., Гнедина Д.М., Халимдарова А.Ф. Электронные образовательные ресурсы. В сборнике: Информационные технологии в образовании Материалы Международной заочной научно-практической конференции. Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова. 2015.
7. Соколова А.В., Гималетдинова К.Р., Сайфутдинов Р.А. Проблема внедрения информационно -коммуникационных технологий в образовательный процесс. В сборнике: Образование и информационная культура: теория и практика Сборник научных трудов. Ульяновск, 2017.

УДК 378.4

ББК 74.58

Применение сервисов Google Classroom и Trello с целью эффективной деятельности современной образовательной организации

Шубович Валерий Геннадьевич,

доктор педагогических наук, кандидат технических наук, заведующий кафедры информатики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Гималетдинова Камиля Рамилевна,

инженер-электроник кафедры информатики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

Лукиянов Владимир Анатольевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры информатики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия.

Аннотация. В данной статье исследуются онлайн сервисы Google Classroom и Trello, проводится их анализ, выделяются основные преимущества для эффективной организации рабочего пространства в образовательной организации и осуществления образовательной деятельности. Описывается процесс внедрения данных сервисов в образовательную и повседневную деятельность.

Ключевые слова: сетевые сервисы, платформа Google Classroom, сервис Trello, Канбан-доска, рабочее пространство, онлайн платформы.

В современном цифровом образовании одной из важнейших задач является формирование ключевых цифровых компетенций в процессе подготовки специалистов. Эффективное внедрение современных информационных технологий является важнейшей задачей информатизации образовательного процесса. В настоящий момент Интернет активно вошел в современный образовательный процесс. Следует заметить, что именно сетевые сервисы и инструменты позволяют организовать образовательный процесс на более качественном и новом уровне. Сервисов для реализации образовательной деятельности существует довольно много, но, хотелось бы выделить, наиболее оптимальные и эффективные. К таковым относятся сервис Google Classroom (семейства Google Apps for Education) и сервис Trello. [1].

Google Classroom – это бесплатный сервис Google, который позволяет значительно упростить создание, распространение и оценку заданий в образовательном процессе при альтернативе традиционному бумажному способу обучения. Так, при организации образовательной деятельности на занятиях преподаватели используют разные способы проверки работ учащихся. Например, учащиеся копируют файлы с выполненной работой в общую папку или высылают на электронную почту преподавателя. К сожалению, эти способы не позволяют организовать системный подход к решению поставленной задачи, а именно - организации среды, в которой и преподаватель, и студент могут комфортно работать, получать задания, с возможностью прямого просмотра, оценивания и комментирования работы. В такой ситуации нам на помощь приходит Google Classroom. Для работы с данной платформой достаточно иметь аккаунт в Google. Google Classroom позволяет обеспечить быструю связь с Google Диском и предоставляет удобный интерфейс для создания и управления учебными курсами, что, в свою очередь, открывает новые возможности в преподавании дисциплин, активизирует процесс обучения и организует обратную связь с обучающимися [2].

В Google Classroom преподаватели могут создавать курсы, публиковать темы, задания, рассылать объявления, проверять, оценивать и комментировать работы студентов. А студенты, в свою очередь, могут быстро и эффективно изучать материал, выполнять задания, обмениваться материалами между собой и общаться и т.д. [3].

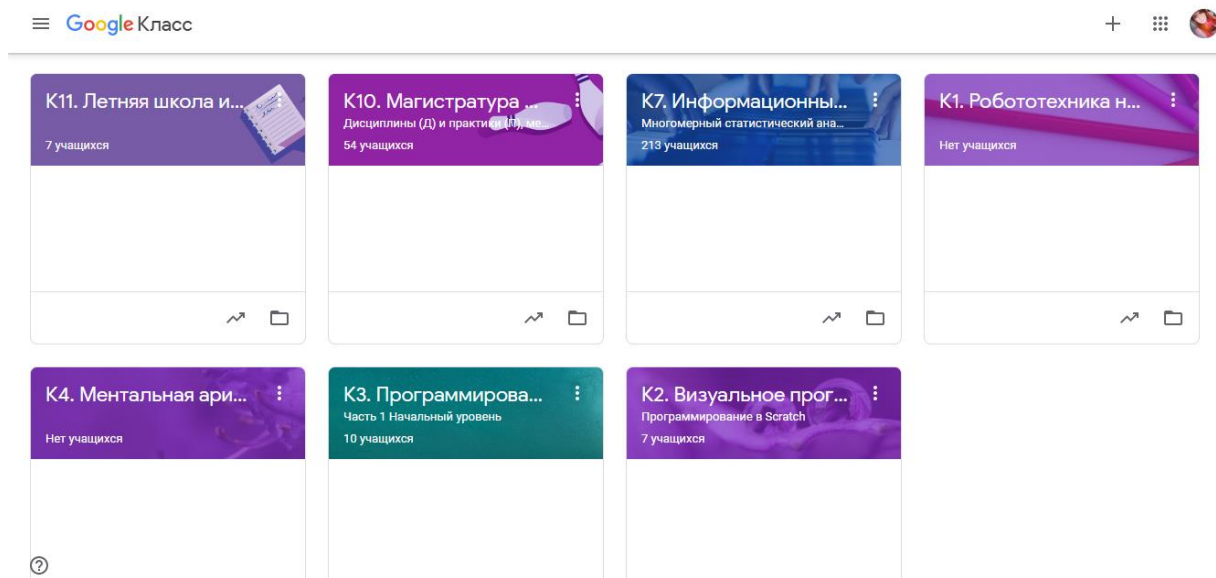


Рис.1. Курсы, созданные в Google Classroom

Для проверки эффективности использования сервиса Google Classroom в образовательном процессе Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н. Ульянова преподавателями кафедры информатики, под руководством профессора В.Г. Шубовича, было проведено исследование при организации процесса обучения студентов магистратуры по направлению «Информационные технологии в образовании» (МПИТО). С этой целью на платформе Google Classroom был создан курс «Магистратура ИТО. Дисциплины и практики». Для удобства магистрантов и преподавателей, занятых на данном направлении, в обозначенном курсе были размещены все дисциплины и практики из учебного плана МПИТО. В результате, те дисциплины, на которых была использована платформа Google Classroom были освоены магистрантами намного легче, быстрее и эффективнее, что содержалось в повышении интереса к изучаемой дисциплине, возрастании

активности обратной связи между магистрантами и преподавателями, в проявлении инициативы со стороны обучающихся, каждый магистрант группы выполнил все обязательные требования и задания в установленные сроки, отчитался перед преподавателем, получил оценку собственной деятельности. Между преподавателем и магистрантами был выстроен такой алгоритм работы, максимально приближённый к индивидуальной форме работы [4].

Отметим, что не все преподаватели кафедры использовали данную платформу для размещения изучаемого материала и заданий для самостоятельного выполнения. Ряд преподавателей решили не внедрять данную платформу в образовательную деятельность и работать традиционными способами.

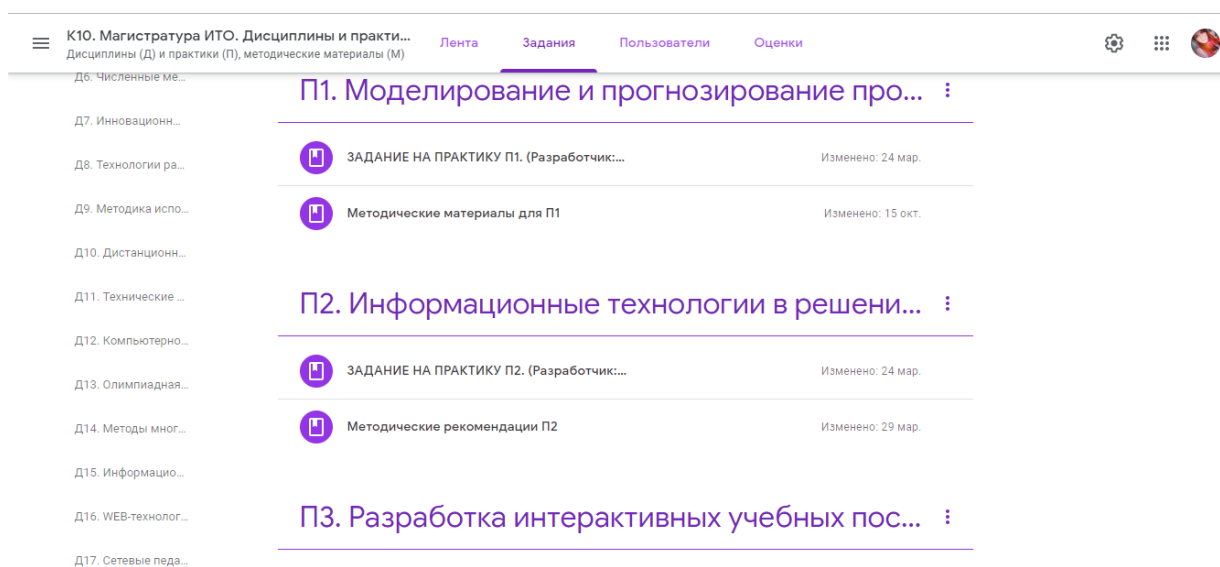


Рис.2. Пример курса «Магистратура ИТО. Дисциплины и практики»

Теперь обратимся к сервису Trello. Trello представляет собой Канбан-доску, которая является одним из основных инструментов методологии управленческой деятельности. Сервис обеспечивает повышенную эффективность работы коллектива и позволяет тесно сотрудничать всем участникам образовательного проекта.

Одной из важных задач при выполнении проектной деятельности в образовательном процессе является воспитание самоорганизованной и

структурированной личности. Поэтому очень важно подобрать удобный инструмент для организации целостной системы при выполнении проектных задач. Использование бесплатного веб-инструмента Trello помогает сократить

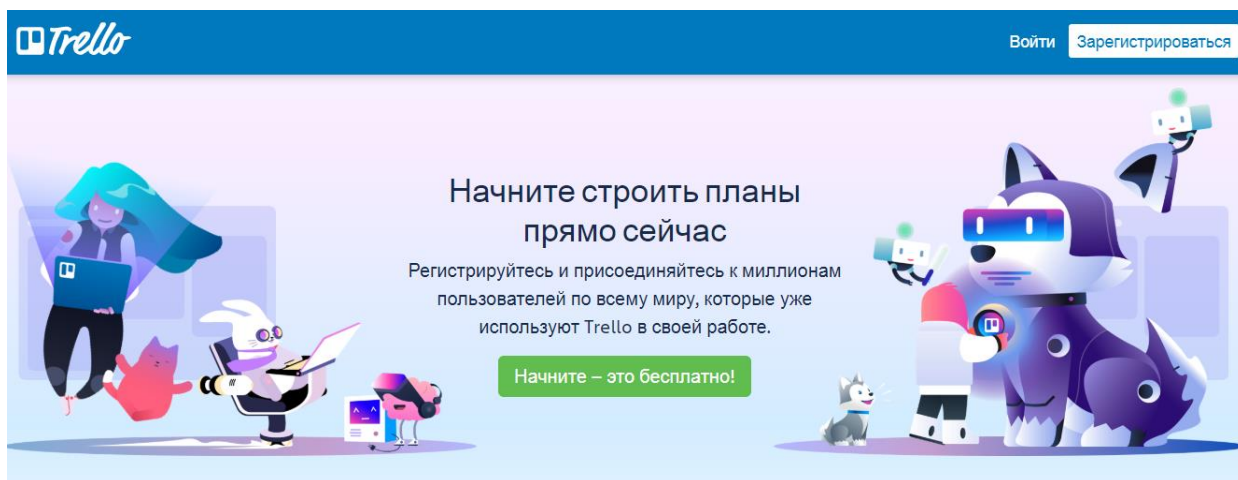


Рис.3. Сервис Trello.

количество совещаний, встреч, документов и электронных писем, при этом, повысив эффективность работы над образовательным проектом. Trello – отличный инструмент для организации и управления совместной деятельностью. Состоит он из плиток, колонок и карточек, которые заполняют все участники образовательного проекта. Ограничений в количестве информации и количестве участников нет. На каждой доске можно создать огромное количество списков карточек мероприятий (заданий), которые могут обозначать все этапы работы над проектом и контролировать степень его выполнения. Для организации деятельности в Trello необходимо создать бесплатную учетную запись или войти через аккаунт Google. Trello имеет приложения для операционных систем iOS и Android, что даёт возможность его использования и на мобильных устройствах.

По своему предназначению онлайн-сервис Trello подходит не только для планирования и демонстрации результатов обучения, но и для создания широкого спектра инструментов в области образовательной деятельности. Сама суть идеологии использования канбан-досок превосходно подходит для планирования обучения и самоконтроля результатов освоения учебного материала, создает условия для формирования навыков командной работы.

При визуализации персонального прогресса, обучающегося исходная реализация канбан-доски требует распределения событий по трем связанным категориям: Что следует сделать? – «Срочность» и «приоритет». Что делается? Что сделано? [5].

Хотелось бы отметить, что онлайн-сервис Trello обладает огромными возможностями для создания, как отдельных онлайн-страниц для решения конкретных задач, связанных с образованием и преподаванием, так и полнофункциональных образовательных проектов. На базе кафедры информатики Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н. Ульянова под руководством профессора В.Г. Шубовича, заведующего кафедрой, активно осуществляется работа над образовательными проектами в сервисе Trello. Данный сервис постепенно вводится в образовательный процесс кафедры информатики для решения задач, связанных с преподаванием учебных дисциплин и проектированием образовательных траекторий деятельности кафедры, что, в свою очередь, подтверждает, апробацию данного сервиса в образовательной деятельности.

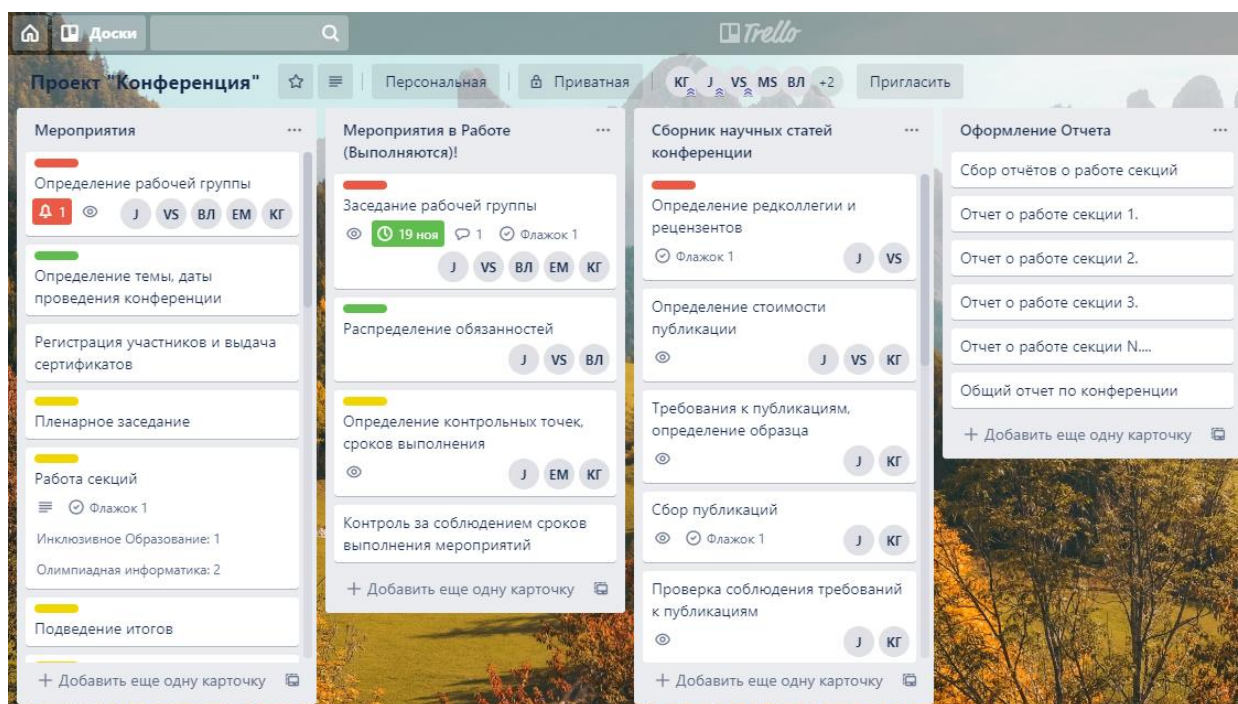


Рис. 4. Рабочее пространство группы, сформированное в Trello.

Исходя из проведенных исследований, можно заметить, что для получения более высоких результатов по учебным дисциплинам необходимо

активно использовать сервис LMS Google Classroom, который предоставляет возможность не только размещать учебные материалы и проверять задания, но и формировать сетевые компетенции и навыки командной работы у преподавателей и студентов, обеспечивая условия сотрудничества в сети. Для решения ряда задач, связанных с преподаванием учебных дисциплин и проектирования образовательных траекторий необходимо использование сервиса Trello, что значительно повышает эффективность учебной деятельности и интерес к обучению в условиях цифровизации образования.

Список использованных источников

1. Гималетдинова К.Р., Информатизация образования как основополагающий фактор развития современного общества / Гималетдинова К.Р., Мулеева А.Ю., Шубович В.Г., Сайфутдинов Р.А. // в сборнике: Информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов. Ульяновск, 2018. С. 30-34. ISBN: 978-5-6041869-1-6.
2. Шубович В.Г. Информационные технологии в образовании / Шубович В.Г., Сайфутдинов Р.А., Меркулов В.Н., Чернов В.А. // в сборнике: Траектории взаимодействия в развитии цифровых навыков Материалы всероссийской очной научно-практической конференции. 2019. С. 135-139.
3. Гималетдинова К.Р. Использование социальных сетей в процессе обучения / Гималетдинова К.Р., Сайфутдинов Р.А., Сайфутдинова Р.Р. // в сборнике: Образование и информационная культура: теория и практика Сборник научных трудов. Ульяновск, 2017. С. 45-48.
4. Дудниченко М.И. Использование облачных технологий в образовательном процессе на примере сервиса Google Classroom / Дудниченко М.И., Емельянов Д.А. // Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий. 2017. № 2. С. 25-29.
5. Зайцев В.Г., Желтова А. А., Тибирькова Е.В. Разработка образовательных ресурсов с использованием web-сервиса Trello // Высшее образование в России. 2016. № 12 (207). С. 94-98.