

НАУКА



ONLINE

ЭЛЕКТРОННЫЙ
НАУЧНЫЙ
ЖУРНАЛ

№2 (3) | 2018

ОБЩИЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТОЧНЫХ НАУК

[HTTP://JOURNAL-NO.ULSPU.RU/](http://journal-no.ulspu.ru/)

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

Шишкарев 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

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	4
Фирсова Н.Е., Баранов А.В., Соловьев А.В., Антонова Е.И. Полиморфизм rs1800497 гена ANKK1: новый способ детекции	4
Шутова О.В., Михеев В.А. Мышевидные грызуны окрестностей города Димитровград: видовой состав, динамика численности, заражённость	14
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	27
Абреева Г.Г., Фолиадова Е.В. Некоторые задачи геометрии поверхностей с различными фундаментальными группами	27
Алтунин К.К. Разработка электронного курса "Прикладные математические пакеты программ в теоретической физике и космологии"	41
Алтунин К.К., Лушникова Ю.О., Назарова Т.В. Электронный курс по олимпиадным задачам по физике	53
Бондина В.П., Треничева А.А. Основа современной оптоэлектроники и солнечной энергетики: фоточувствительные фотоприборы	69
Коннов Е.Ю., Штраус В.А. Обобщенные функции как модели механических процессов	79
Шмыгова И.С., Чаадаев А.А. Силовое взаимодействие в жгутах многослойных углеродных нанотрубок: оценочный теоретический расчёт ..	92
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ	101
Веденеева А.А., Сайфутдинов Р.А. Компьютерные информационные технологии в социальном управлении	101
Ибрагимова Р.Р., Сайфутдинов Р.А. Негативные и положительные факторы: управления самостоятельной работой студентов заочной формы обучения вуза с использованием компьютерных технологий	108
Лемесева К.В., Сайфутдинов Р.А. Компьютерные технологии: система повышения квалификации государственных служащих	114

Биологические науки

УДК: 577.21; 57.08

ББК 28.04

Полиморфизм rs1800497 гена ANKK1: новый способ детекции

Фирсова Наталья Евгеньевна,

магистрант 2 курса, естественно-географический факультет, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия;

Баранов Александр Валерьевич,

магистрант 1 курса, естественно-географический факультет, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия;

Соловьев Алексей Вячеславович,

кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и химии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия;

Антонова Елена Ивановна,

доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и химии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия.

Аннотация. Для выявления полиморфизма rs1800497 гена ANKK1, ассоциированного с девиантным поведением (алкоголизмом, наркоманией, табакокурением), неврологическими и психическими заболеваниями, разработан простой и быстрый способ его детекции, основанный на ПЦР-РВ

(полимеразная цепная реакция с детекцией «в режиме реального времени») с использованием интеркалирующих красителей.

Ключевые слова: генетика поведения, ANKK1, rs1800497, генотипирование, ПЦР-РВ

Настоящая статья посвящена разработке оригинального способа детекции полиморфизма гена ANKK1, известного как *TaqIA* или rs1800497 (нуклеотидная замена с.2137G>A), где идентификационный номер «rs» соответствует номеру референсной последовательности полиморфизма в базе данных dbSNP (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/>).

Следует отметить, что в течение длительного времени полиморфизм rs1800497 относили к гену DRD2 (D2 рецептор дофамина), однако в 2004 году [15] показано, что полиморфизм относится к гену ANKK1 (“ankyrin repeat and kinase domain containing 1”). Ген ANKK1 располагается в регуляторной зоне гена DRD2 и регулирует его экспрессию. Ген DRD2 кодирует рецептор дофамина – белок, располагающийся на поверхности нейронов, сопряженный с G-белками и запускающий каскад реакций внутри клетки под воздействием дофамина – «гормона удовольствия» [15]. Нарушение работы дофаминергической системы ассоциировано с неврологическими и психическими заболеваниями.

Полиморфный сайт rs1800497 расположен ниже 3`-конца гена DRD2 на расстоянии около 10 000 пар оснований и локализован в последнем экзоне гена ANKK1; нуклеотидная замена с.2137G>A приводит к аминокислотной замене Glu713Lys в 11-м анкириновом повторе.

Согласно базы данных dbSNP (дата обращения: 09.03.2018), ген ANKK1 имеет 570 описанных полиморфизмов (включая синонимичные), среди которых наибольшее значение имеет полиморфизм rs1800497.

Впервые связь полиморфизма rs1800497 с алкоголизмом была выявлена в 1990 году Бламом с соавторами [9], где исследователями также предложен

способ детекции, основанный на подходе RFLP (англ. “Restriction Fragment Length Polymorphism” – полиморфизм длин фрагментов рестрикции). Анализируемый полиморфный сайт приходится на сайт узнавания эндонуклеазы рестрикции *TaqI* (нуклеотидная последовательность сайта: TCGA). Аллель С содержит данный сайт узнавания, а аллель Т, соответствующая полиморфизму rs1800497 – нет. В связи с этим другое название полиморфизма rs1800497 – *TaqIA*.

В настоящее время отмечена связь полиморфизма с девиантным поведением, предрасположенностью к алкоголизму, наркомании, табакокурению, развитию психозов, шизофрении и маниакально-депрессивным расстройствам, болезнью Паркинсона, двигательным расстройствам, мигрени и т.д. [1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 14, 16, 17]. Это связано с тем, что при наличии полиморфизма rs1800497 (аллель Т) происходит уменьшение плотности D2-дофаминовых рецепторов во всех областях полосатого тела головного мозга [17]. Также выявлена зависимость полиморфизма rs1800497 с вариантами гена FTO (“Fat mass and obesity-associated protein”), при этом может быть повышен риск ожирения и развития диабета [13].

Изучение полиморфизма также важно в аспекте развития персонализированной медицины, и полиморфизм связан с реакцией на лекарственные препараты, в том числе антипсихотические, и полиморфизм должен учитываться при назначении лечения [3, 10, 18].

Частота встречаемости минорного аллеля (Т) по разным оценкам составляет от 0,2354 до 0,3257 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/SNP/snp_ref.cgi?rs=1800497). У населения России встречаемость аллеля по разным данным и регионам составляет от 0,154 (Смоленская и Курская области) до 0,262 (Архангельская область) [19, 21, 12].

В настоящее время для выявления полиморфизма rs1800497

используются подходы RFLP [4] и ПЦР-РВ с использованием ДНК-зондов [2, 6, 20], а также секвенирование. Задача, решаемая нами в исследовании – разработка экономичного и быстрого способа выявления полиморфизма, основанного на возможности детекции результатов аллель-специфичной ПЦР электрофоретически и в режиме реального времени, в зависимости от имеющегося оборудования, без использования модифицированных олигонуклеотидов в составе тест-системы, а также апробация данного способа.

Материалы и методы

В качестве референсной последовательности для дизайна праймеров аллель-специфичной ПЦР использовалась последовательность NG_012976.1, заимствованная из базы данных GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). Дизайн праймеров проводился с использованием программного обеспечения Unipro UGENE v1.29.0. Анализ праймеров, расчёт температуры плавления, анализ вторичных структур выполнялись с помощью ресурса OligoAnalyzer 3.1 (<https://eu.idtdna.com/calc/analyzer>).

Синтез праймеров осуществлялся с помощью синтезатора ДНК/РНК ASM-800 (Биоссет, Россия).

Для проведения полимеразной цепной реакции использовалась SNP-detect полимеразы (Евроген, Россия) согласно инструкции производителя; в качестве интеркалятора для ПЦР-РВ – краситель Sybr Green I.

В качестве матрицы для апробации и оптимизации тест-системы использовалась кровь, фиксированная в ЭДТА, от пациентов с повышенным содержанием (>1,3%) карбогидрат-дефицитного трансферрина (CDT) – маркера хронического алкоголизма; повышение уровня данного маркера свидетельствует о частом употреблении алкоголя. Выделение ДНК из цельной крови (200 мкл) проводилось с использованием коммерческого набора

GeneJET Whole Blood Genomic DNA Purification Mini Kit (Thermo Fisher Scientific) согласно инструкции производителя; объём элюции – 100 мкл.

ПЦР проводилась с использованием детектирующего амплификатора qTower 2.2 (Analytik Jena, Германия), анализ результатов ПЦР-РВ выполнялся с помощью программного обеспечения qPCRsoft 3.0 (Analytik Jena, Германия).

Гель-электрофорез проводился в 1% агарозном геле при напряжении 100 В с использованием установки для горизонтального гель-электрофореза Biometra (Германия); электрофорезный буфер – однократный ТАЕ. Система гель-документации: BioDocAnalyze (Analytik Jena, Германия). Маркер длин – GeneRuler Low Range DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific).

Работа выполнена на базе Научно-исследовательского центра фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова».

Результаты

Дизайн праймеров аллель-специфичной ПЦР, лежащей в основе предлагаемого метода выявления полиморфизма, осуществлялся исходя из критериев: температура плавления аллель-специфичных праймеров должна быть около 65°C, при этом должна быть на несколько градусов меньше температуры плавления универсального праймера; минимизация вторичных структур у праймеров и минимизация получения праймер-димеров; полиморфный сайт должен приходиться на 3'-конец аллель-специфичных праймеров.

Структура сконструированных аллель-специфичных праймеров:

DRDTaqR_C: CCATCCTCAAAGTGCTGGTTCG (аллель С);

DRDTaqR_T: CCATCCTCAAAGTGCTGGTCA (аллель Т).

Структура универсального праймера [4]:

DRDTaqF: CCACGGCTGGCCAAGTTGTC.

Фланкируемая праймерами область составляет 200 пар оснований, что является наиболее оптимальным для возможности осуществления электрофоретической детекции.

Состав реакционной ПЦР-смеси: реакционный буфер с магнием – 1x (концентрация Mg^{2+} – 2,5 мМ), праймеры – по 0,2 мкМ, дезоксинуклеотидтрифосфаты – по 10 мМ; полимеразы SNP-detect (Евроген) – 0,1 ед./мкл; Sybr Green – 1x; матрица ДНК – 10% от объема реакционной смеси.

Для изучения одного генотипа необходима постановка двух реакций, для выявления аллеля С и Т, соответственно. Объем реакционной смеси одной реакции – 20 мкл.

Параметры проведения ПЦР: (1) 95°C – 3'; (2) 95°C – 20''; (3) 65°C – 30''; (4) 72°C – 25''; повторение 2–4 этапов – 45 циклов; (5) 72°C – 5'. Детекция по каналу FAM на 3-м этапе каждого цикла.

Результаты ПЦР-РВ представлены на рис. 1. Значения порогового цикла (Ct) получены при значении порога ("threshold") – 0,5. Для аллель-специфичной реакции для выявления аллеля С диапазон значений Ct составил от 26,6 до 30,81 (среднее значение – 29,08), а для аллеля Т – от 29,08 до 32,22 (среднее значение – 30,87) (таблица 1). Из исследуемых генотипов 6-ти пациентов во всех случаях выявлен аллель С, и лишь у трёх – также аллель Т, что свидетельствует о гетерозиготном состоянии гена ANKK1 по изучаемому полиморфизму.

Продукты реакций были проанализированы электрофоретически (рис. 2). На электрофореграммах отмечено наличие специфического продукта реакции длиной около 200 пар оснований со слабо выраженными областями шмер в области до 100 пар оснований, что в целом свидетельствует о специфичности разработанной тест-системы для выявления полиморфизма rs1800497. Преимуществами разработанного способа выявления

полиморфизма rs1800497 являются быстрота и экономичность, а также возможность разных типов детекции – с помощью детектирующего амплификатора и, при отсутствии такого, с помощью проведения геле-электрофореза.

Таблица 1

Интерпретация результатов ПЦР-РВ

Шифр пациента	Аллель	Значение St	Результат
1	С	28,68	гомозигота
1	Т	—	
2	С	29,26	гетерозигота
2	Т	32,22	
3	С	26,66	гомозигота
3	Т	—	
4	С	28,77	гетерозигота
4	Т	31,32	
5	С	30,29	гетерозигота
5	Т	29,08	
6	С	30,81	гомозигота
6	Т	—	

Список литературы

1. Барский В. И., Аксенова М. Г., Козлова О. Б., Кириллов А. В., Демин А. А., Ильиных Л. М., Рапопорт И. К., Асанов А. Ю. Анализ ассоциаций полиморфных маркеров генов дофаминергической (DRD2/ANKK1) и серотонинергической (HTR2A) систем мозга с личностными

характеристиками подростков // Экологическая генетика. 2010. Т. 8, № 2. С. 9–17.

2. Голимбет В. Е., Лебедева И. С., Монахов М. В., Коровайцева Г. И., Лежейко Т. В., Абрамова Л. И., Каледа В. Г., Карпов В. Л. Аллель Cys (полиморфизм Ser311Cys) гена рецептора дофамина D2 связан с шизофренией и нарушением избирательного внимания у больных // Журнал неврологии и психиатрии. 2009. Т. 9. С. 67–70.

3. Застрожин М. С., Сычев Д. А., Гришина Е. А., Савченко Л. М., Брюн Е. А. Фармакодинамические полиморфизмы генов и нежелательные побочные реакции при применении антипсихотических лекарственных средств // World Journal of Personalized Medicine. 2017. № 1 (1). С. 5–12.

4. Кибитов А. О., Воскобоева Е. Ю., Моисеев И. А., Шамакина И. Ю., Анохина И. П. Полиморфизм генов дофаминовых рецепторов у больных алкоголизмом и героиновой наркоманией // Журнал [«НАРКОЛОГИЯ»](#). 2007. № 4. С. 31–38.

5. Кибитов А. О., Воскобаева Е. Ю., Бродянский В. М., Чупрова Н. А., Смирнова Е. В. Молекулярно-генетический анализ наследственной отягощенности по алкоголизму у наркотических больных: полиморфизм гена дофаминового рецептора типа 2 (DRD2) // Клиническая наркология. 2009. №9. С. 53–63.

6. Колупаев В. Е. Преимущества метода ПЦР в реальном времени (Real Time PCR) // Лабораторная медицина. 2002. № 5. С. 110–112.

7. Шнайдер Л. Б. Девиантное поведение детей и подростков. М.: Академический проект. Трикста, 2007. 336 с.

8. Blum K., Braverman E. R., Holder J. M. Reward deficiency syndrome: a biogenetic model for the diagnosis and treatment of impulsive, addictive, and compulsive behaviors // Journal of Psychoactive Drugs. 2000. Vol. 32. P. 1–112.

9. Blum K., Noble E. P., Sheridan P. J., Montgomery A., Ritchie T., Jagadeeswaran P., Nogami H., Briggs A. H., Cohn J. B. Allelic Association of

Human Dopamine D2 Receptor Gene in Alcoholism // JAMA. 1990. Vol. 263, No. 15. P. 2055–2060.

10. Bueno C., Trarbach E. B., Bronstein M.D., Glezer A. Cabergoline and prolactinomas: lack of association between DRD2 polymorphisms and response to treatment // Pituitary. 2017. Vol. 20(3). P. 295–300.

11. Dick D. M., Wang J. C., Aliev F. Family-based association analyses of alcohol dependence phenotypes across DRD2 and neighboring gene ANKK1 // Alcoholism Clinical and Experimental Research. 2007. Vol. 37 (10). P. 1645–1653.

12. Flegontova O. V., Khrunin A. V., Lylova O. I., Tarskaia L. A., Spitsyn V. A., Mikulich A. I., Limborska S. A. Haplotype frequencies at the DRD2 locus in populations of the East European Plain // BMC Genetics. 2009. Vol. 10:62. URL: <https://bmccgenet.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2156-10-62>.

13. Heni M., Kullmann S., Ahlqvist E., Wagner R., Machicao F., Staiger H., Hdring H. U., Almgren P., Groop L. C6., Small D. M., Fritsche A., Preissl H. Interaction between the obesity-risk gene FTO and the dopamine D2 receptor gene ANKK1/TaqIA on insulin sensitivity // Diabetologia. 2016. Vol. 59 (12). P. 2622–2631.

14. Jonsson E. G., Nathen M. M., Grunhage F. Polymorphisms in the dopamine

D2 receptor gene and their relationships to striatal dopamine receptor density of healthy volunteers // Molecular Psychiatry. 1999. Vol. 4(3). P. 290–296.

15. Neville M. J., Johnstone E. C., Walton R. T. Identification and characterization of ANKK1: a novel kinase gene closely linked to DRD2 on chromosome band 11q23.1 // Human Mutation. 2004. Vol. 23(6). P.540–545.

16. Noble E. P. Addiction and its reward process through polymorphisms of the D2 dopamine receptor gene: a review // European Psychiatry. 2000. Vol. 15 (2). P. 79–89.

17. Noble E. P. D2 dopamine receptor gene in psychiatric and neurologic disorders and its phenotypes // American Journal of Medical Genetics Part B

(Neuropsychiatric Genetics). 2003. Vol. 116B. P. 103–125.

18. Nuntamool N., Ngamsamut N., Vanwong N., Puangpetch A., Chamnanphon M., Hongkaew Y., Limsila P., Suthisisang C., Wilffert B., Sukasem C. Pharmacogenomics and Efficacy of Risperidone Long-Term Treatment in Thai Autistic Children and Adolescents // *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*. 2017. Vol. 121 (4). P. 316–324.

19. Osier M. V., Cheung K. H., Kidd J. R., Pakstis A. J., Miller P. L., Kidd K. K. ALFRED: an allele frequency database for Anthropology // *American Journal of Physical Anthropology*. 2002. Vol. 119. P. 77–83.

20. Paik S. H., Choi M. R., Kwak S. M., Bang S. H., Chun J. W., Kim J. Y., Choi J., Cho H., Jeong J. E., Kim D. J. An association study of Taq1A ANKK1 and C957T and - 141C DRD2 polymorphisms in adults with internet gaming disorder: a pilot study // *Annals of General Psychiatry*. 2017. Vol. 16:45.

21. Rajeevan H., Osier M.V., Cheung K.H., Deng H., Druskin L., Heinzen R., Kidd J. R., Stein S., Pakstis A. J., Tosches N. P., Yeh C. C., Miller P. L., Kidd K. K. ALFRED – the ALlele FREquency Database – update // *Nucleic Acids Research*. 2003. Vol. 31 (1). P. 270–271.

Подписи к рисункам

Рис. 1. Результаты ПЦР-РВ: графики уровня флуоресценции по каналу FAM. Верхний рисунок: гомозиготное состояние, вариант rs1800497 (аллель T) не выявлен. Нижний рисунок: гетерозиготное состояние, вариант rs1800497 выявлен.

Рис. 2. Результаты электрофоретической детекции продуктов амплификации. Лунка 1: маркер длин: 700, 500, 400, 300, 200, 150, 100, 75, 50, 25 пар оснований. Лунки 2–9: пациенты 1–4 (подписи под чертой). Обозначения «С» и «Т» указывают выявляемый целевой аллель гена ANKK1. Результаты: пациенты 1 и 3: гомозиготное состояние, вариант rs1800497

(аллель T) не выявлен; пациенты 2 и 4: гетерозиготное состояние, вариант rs1800497 (аллель T) выявлен.

УДК 599.322/.324; 578.82/.83

ББК 46.75; 28.3

Мышевидные грызуны окрестностей города Дмитровград: видовой состав, динамика численности, заражённость

Шутова Ольга Владимировна,

магистр, Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия.

Научный руководитель:

Михеев Вячеслав Аркадьевич,

кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и химии, Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия.

Аннотация. Изучение видового состава мышевидных грызунов позволит дать оценку состояния экосистем: их устойчивости и значимости для человека. До настоящего времени изучение грызунов на территории области затрагивало либо отдельные районы или виды, комплексные обзоры проводились редко. В статье проанализированы видовой состав, динамика численности мышевидных грызунов, обитающих в окрестностях города Дмитровград, заражённость рыжей полёвки (*Myodes glareolus*) вирусом Пуумала (*Puumala orthohantavirus*).

Ключевые слова: грызуны, рыжая полёвка, вирус Пуумала, биоразнообразие, экология, Ульяновская область

Цель: изучить видовой состав и динамику численности мышевидных млекопитающих в окрестностях г. Дмитровград, выявить заражённость

рыжей полёвки (*Myodes glareolus*) вирусом Пуумала (*Puumala orthohantavirus*).

Информация составлена на основании учетных работ по мелким млекопитающим, проведенных сотрудниками ФГБУЗ «ЦГиЭ № 172 ФМБА России», согласно годовым планам выполнения гос. задания в период с 2009 по 2016 год. Работы проводились в рамках эпизоотологического мониторинга природно-очаговых инфекций. Всего с 2009 до 2016 гг. было обследовано 13 биотопов, на которых было выставлено 11203 ловушки, и отловлено 4049 особей мышевидных млекопитающих. Отловы производились ежегодно, в 2 сезона: весенний период (апрель - июнь) и осенний период (август – октябрь).

Все исследования полевого материала, в том числе серологические и зооанатомические, проводились на базе лаборатории геморрагических лихорадок ФГБНУ ИПВЭ им. Чумакова (г. Москва). Для серологических исследований были приготовлены настои и суспензии из тканей легких и сердца отловленных особей.

Зоологическая работа проводилась согласно МУ 3.1.1029-01 «Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекции». Отловы проводились методом ловушко-линий с количеством давилок в линии по 50-150 штук, в качестве приманки использовался ржаной хлеб с растительным маслом. Давилки Геро используются как основное орудие лова при исследовании экологии мелких млекопитающих. Их преимущество в простоте, уловистости и надежности конструкции.

Грызуны, отловленные в окрестностях г. Димитровград, в период с 2009 до 2016 гг., представлены 11-ю видами, входящими в состав 4-х семейств.

Как видно из таблицы 1, абсолютным доминантом является рыжая полёвка.

Относительная численность исследуемых видов

№ п/п	Виды:	Всего	Доля от общего количества, %
1	Насекомоядные ¹	307	7,58
2	Соня лесная	2	0,05
3	Полёвка рыжая	2814	69,49
4	Полёвка обыкновенная	29	0,72
5	Мышь полевая	104	2,57
6	Мышь желтогорлая	344	8,50
7	Мышь лесная	449	11,09
Всего:		4049	100

Соответственно, субдоминантами выступают: лесная и желтогорлая мышь. Другие виды встречаются, в зависимости от биотопа, в количестве до 7,58 % в отлове. (рис. 1)

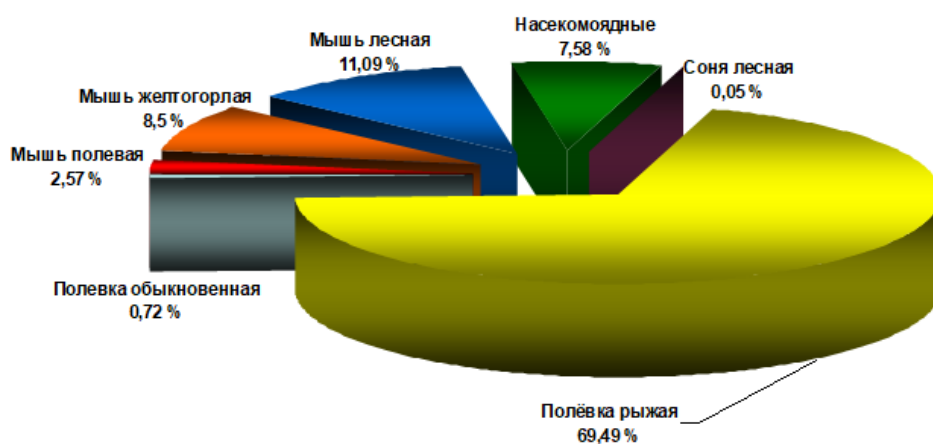


Рис.1. Относительная численность исследуемых видов

¹ Представители отряда Насекомоядные не имеют эпидемиологического значения при проведении эпизоотологического обследования, поэтому при случайном вылавливании не определяются до вида

В осенний период численность преобладает над весенним периодом у следующих видов грызунов: полёвка рыжая, мышь полевая, мышь желтогорлая, бурозубки sp. (табл. 2).

Таблица 2

Сезонная динамика численности исследуемых видов

Виды	Сезон	Количество отловленных особей								
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	всего	
Насекомоядные	Весна	6	11	4	-	2	25	24	144	293
	Осень	12	5	10	21	71	15	15	149	
Соня лесная	Весна									2
	Осень					2			2	
Полёвка рыжая	Весна	116	87	154	39	103	282	208	989	2685
	Осень	122	374	183	118	297	343	259	1696	
Полёвка обыкновенная	Весна	-	3	4	1	-	2	3	13	29
	Осень	-	6	-	2	2	5	1	16	
Мышь полевая	Весна	2	7	3	-	-	8	2	22	101
	Осень	4	-	3	2	44	6	20	79	
Мышь желтогорлая	Весна	22	19	24	10	6	27	13	121	320
	Осень	21	20	33	24	44	35	22	199	
Мышь лесная	Весна	45	13	40	6	6	34	29	173	411
	Осень	28	61	35	41	25	20	28	238	

Это объясняется тем, что весной популяции грызунов находятся на начальном этапе сезона размножения после длительной перезимовки (перенесение неблагоприятного периода без воспроизводства численности).

Согласно показателям численности, в период с 2010 по 2016 гг., динамика выявлена для насекомоядных, мыши полевой, мыши желтогорлой, и мыши лесной. Для рыжей полёвки многолетняя динамика численности не выявлена, потому что данный вид многочисленен за весь исследуемый период.

Численность насекомых, как правило, стабильна за весь исследуемый период. (рис. 2). Однако в 2014 г. наблюдается скачок, вероятно, это связано с увеличением биомассы беспозвоночных в лесной подстилке – одного источника питания насекомых.

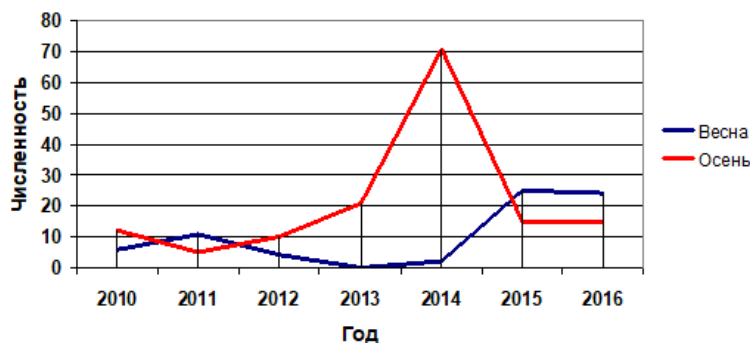


Рис.2. Динамика численности насекомых по годам

Численность рыжей полевки осенью 2016г. составляет 46,0%, что на 6,8% выше показателей за аналогичный период 2015 года (52,8 %), и выше среднееголетнего показателя (32,6 %) на 13,4 % (рис. 3). Это создает дополнительную угрозу формирования неблагоприятной эпидемиологической ситуации по ГЛПС.

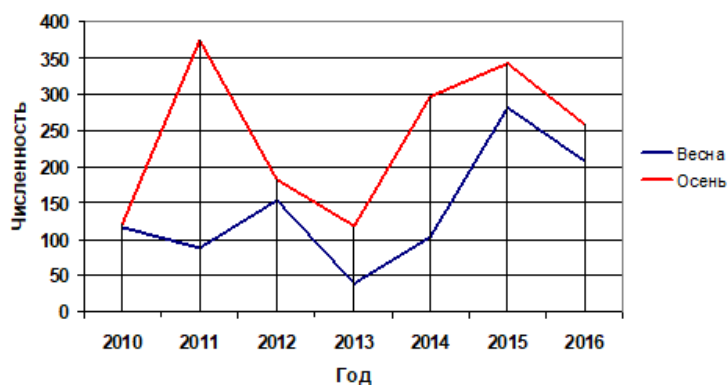


Рис.3. Динамика численности рыжей полёвки по годам

Так как точки отлова находятся в биотопах, для которых полевая мышь не является характерным обитателем, то на протяжении исследуемого периода её численность в отловах низка (рис. 4). Исключением является 2014 г. Обильная кормовая база и ряд других факторов привели к увеличению

численности этого вида в его естественных биотопах и инвазии в лесные станции.

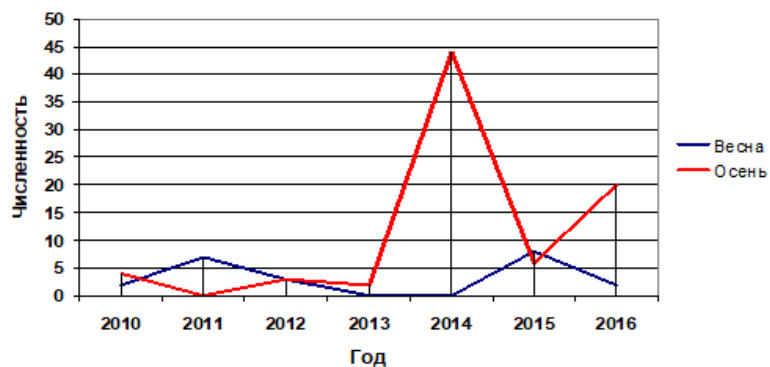


Рис.4. Динамика численности полевой мыши по годам

Численность грызунов рода лесных мышей: желтогорлая мышь (рис. 5) и малая лесная (рис. 6), сохраняются на уровне среднееголетних показателей.

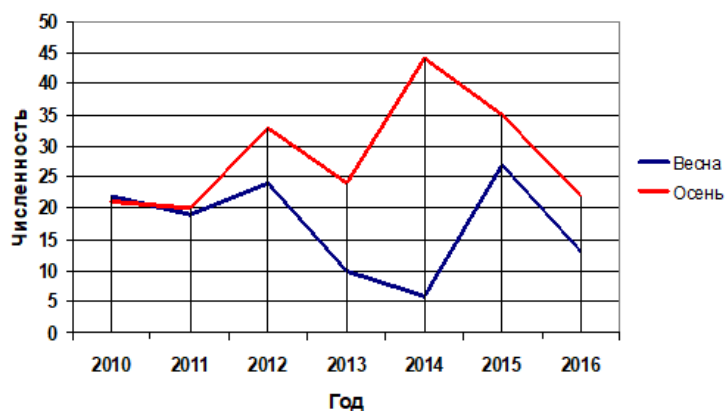


Рис.5. Динамика численности желтогорлой мыши по годам

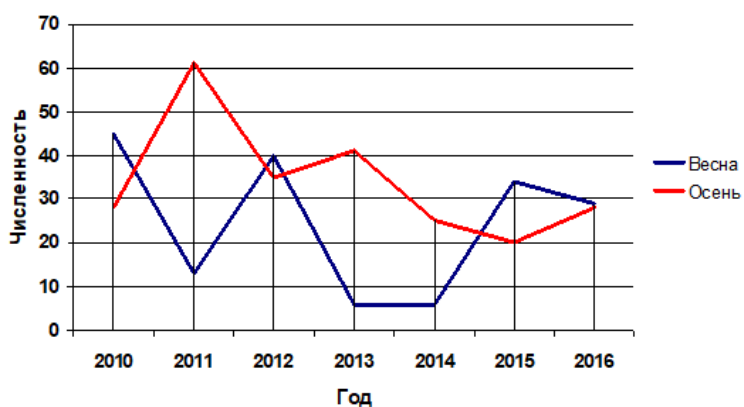


Рис.6. Динамика численности лесной мыши по годам

Вирус Пуумала (*Puumala orthohantavirus*) - представитель группы вирусов, поражающих крыс, мышей и полевок; может привести к развитию заболевания у человека, если выделения или экскременты этих грызунов попадают в его дыхательные пути или пищеварительный тракт.

Доминирующими видами грызунов-носителей ортохантавирусов на европейской территории России являются рыжая полёвка (*Myodes glareolus*) и полевая мышь (*Apodemus agrarius*). Все штаммы ортохантавирусов видоспецифичны.

Исследуемая территория является очагом циркулирования ортохантавируса ГЛПС штамма Пуумала, резервуаром и переносчиком которого является рыжая полёвка.

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) является наиболее значимым зоонозом из всех регистрируемых на территории Ульяновской области. Доля ГЛПС среди природно-очаговых инфекций в Ульяновской области составляет 65%.

Данные об инфицированности рыжей полёвки свидетельствуют о том, что интенсивность эпизоотического процесса напрямую зависит от численности вида-переносчика вируса.

Как видно из таблицы 3, нарастающая численность рыжей полёвки в период с 2009 по 2012 г. привела к увеличению инфицированности особей этого вида до максимального значения за весь рассматриваемый период.

При увеличении численности растёт плотность заселения биотопа данным видом, что, в свою очередь, ведёт к росту числа внутривидовых контактов, и, как следствие, увеличению заражённости биологическим агентом. Данный процесс полностью соответствует учению Е.Н. Павловского «О природной очаговости инфекционных болезней».

Данные серологических исследований полевого материала за 2008-2016 гг.
(выборка за август-октябрь)

Год	Общая численность, %	Доля инфицированных, %		Абсолютное число инфицированных на 100 ловушко-суток (особь)		Заболееваемость ГЛПС среди людей (на 100 тыс.)
		МФА ²	ИФА ³	МФА	ИФА	
2008	58,6	8,6		2,1		184,2
2009	21,7	3,3		3,2		91,7
2010	37,4	18,5		3,9		81,2
2011	58,3	21,8	4,3	10,2		58,8
2012	54,8	35,4	6,5	12,9		126,0
2013	35,5	8,0	1	4,5	0,56	57,6
2014	64,7	1,3	2	0,8	1,29	58,3
2015	65,2	21,8	2,1	11,5	1,10	74,0
2016	46,0	32,1	15,7	14,8	7,20	22,0 (за 9 месяцев 2016 года)

Данные за 2016 год:

- методом МФА исследовано 140 биопроб (легочная ткань и сердце от рыжих полёвок). Антитела к хантавирусам обнаружены в 45 пробах (32,1 %), в 2015 году – 21,8 %. Среднеголетний показатель – 16,8 % (рис. 7).
- методом ИФА исследовано 140 образцов (легочная ткань и сердце от рыжих полёвок). Хантавирусный антиген обнаружен в 22-х образцах –

²МФА (метод флюоресцирующих антител) основывается на реакции антигена с антителами, конъюгированными с флюоресцирующими красителями (флюорохромами); последние дают характерное свечение при облучении коротковолновым светом.

³ ИФА (иммуноферментный анализ) исследовано — лабораторный иммунологический метод качественного или количественного определения различных низкомолекулярных соединений, макромолекул, вирусов и пр., в основе которого лежит специфическая реакция антиген-антитело.

рыжие полёвки (15,7 %), в 2015 году – 2,1 %. Среднемноголетний показатель – 5,1 %.

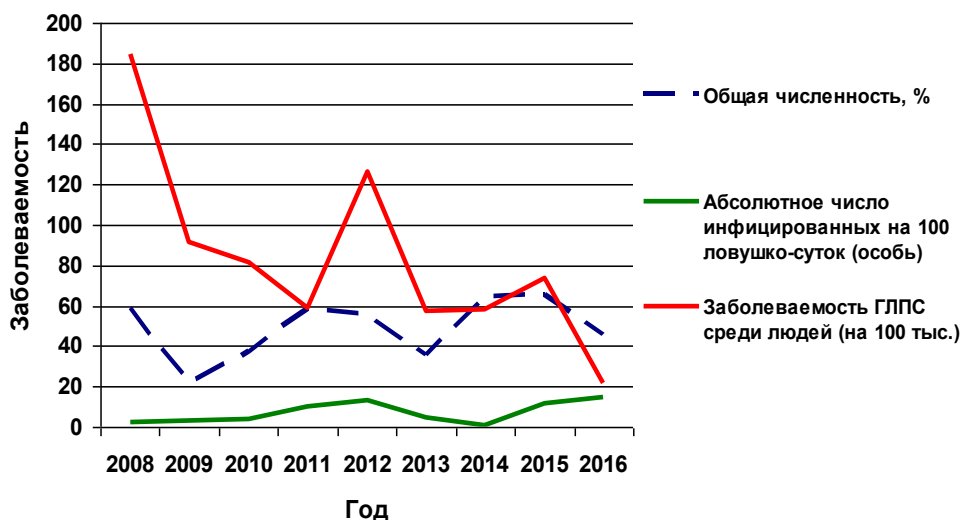


Рис. 7. Анализ зараженности хантавирусами рыжей полёвки

Данные серологических исследований свидетельствуют о том, что эпизоотический процесс начался в начале лета, достиг пика в июле, и продолжается в осенний период. Анализ совокупности всех факторов, влияющих на число контактов особей носителей хантавируса ГЛПС (рыжей полёвки) с населением г. Димитровграда указывает на высокую вероятность развития эпидемического процесса, особенно в осеннее-зимний период.

ВЫВОДЫ

1. Грызуны, отловленные в окрестностях г. Димитровград, в период с 2009 до 2016 г., представлены 11-ю видами, входящими в состав 4-х семейств.
2. Абсолютным доминантом является рыжая полёвка. Соответственно, субдоминантами выступают: лесная и желтогорлая мышь. Другие виды встречаются, в зависимости от биотопа, в количестве до 7,58 % в отлове.
3. В осенний период численность преобладает над весенним периодом у следующих видов грызунов: полёвка рыжая, мышь полевая, мышь желтогорлая, буроzubки sp. Это объясняется тем, что весной популяции

грызунов находятся на начальном этапе сезона размножения после длительной перезимовки (перенесение неблагоприятного периода без воспроизводства численности).

4. Согласно показателям численности, в период с 2010 по 2016 г., динамика выявлена для насекомоядных, мыши полевой, мыши желтогорлой, и мыши лесной. Для рыжей полёвки многолетняя динамика численности не выявлена, потому что данный вид многочисленен за весь исследуемый период.

5. Данные об инфицированности рыжей полёвки свидетельствуют о том, что интенсивность эпизоотического процесса напрямую зависит от численности вида-переносчика вируса. При увеличении численности растёт плотность заселения биотопа данным видом, что, в свою очередь, ведёт к росту числа внутривидовых контактов, и, как следствие, увеличению заражённости биологическим агентом. Данный процесс полностью соответствует учению Е.Н. Павловского «О природной очаговости инфекционных болезней». Анализ совокупности всех факторов, влияющих на число контактов особей носителей ортохантавируса ГЛПС с населением города Димитровграда, указывает на высокую вероятность развития эпидемического процесса, особенно в осенне-зимний период.

Список литературы

1. Абрахина И.Б., Осипова В.Б., Царев Г.Н. Позвоночные животные Ульяновской области. Ульяновск: Симбирская книга, 1993. 246 с.
2. Богданов М.Н. Птицы и звери черноземной полосы Поволжья и долины Средней и Нижней Волги. Тр. Об-ва. Естествоисп. при Казанском ун-те, т. I. Казань, 1871. 226 с.
3. Быстракова Н.В. Таксономическое и генетическое разнообразие мелких млекопитающих Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М, 2000. 24 с.

4. Быстракова Н.В., Ермаков О.А., Титов С.В. Определитель мышевидных млекопитающих (отряды Насекомоядные, Грызуны) Среднего Поволжья: Методическое пособие. Пенза: изд-во ПГПУ, 2008. 56 с.

5. Гайниев С.С. Позвоночные животные Ульяновской области. Ульяновск: УлГПУ, 1959. 75 с.

6. Гайниев С.С., Благовещенская Н.Н. Животные степей и полей. Природа Ульяновской области / под науч. ред. А.П. Дедкова. Казань: изд-во Казанского ун-та, 1963. С. 380-390.

7. Гайниев С.С., Наумов Н.Н., Благовещенская Н.Н. Животные лесов. Природа Ульяновской области / под науч. ред. А.П. Дедкова. Казань: изд-во Казанского ун-та, 1963. С. 374-380.

8. Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб.: ЗИН РАН, 1995. 239 с.

9. Калабухов Н.И., Раевский В.В. Методика изучения некоторых вопросов эко-логии мышевидных грызунов // Вести микробиологии, эпидемиологии и паразитологии. 1933. Т. 12. Вып. 1. С. 37-40.

10. Карасева Е.В., Телицына А.Ю., Жигальский О.А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: ЛКИ, 2008. 416 с.

11. Михеев В.А., Алеев Ф.Т., Назаренко В.А. Полевая практика по зоологии позвоночных: Учебно-методическое пособие. Ульяновск: УлГПУ, 2013. 77 с.

12. Михеев В.А., Бородин О.В. Редкие позвоночные животные Ульяновской области // Материалы введения Красной книги Ульяновской области за 2003-2007гг. Ульяновск, 2008. С. 17-19.

13. Нафеев А.А. Результаты изучения сочетанных очагов природно-очаговых зоонозов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2005. № 2. С. 117-118.

14. Нафеев А.А., Шемятихина Г.Б. Стратегия и тактика борьбы с природно-очаговыми инфекциями в современных условиях // Медлайн экспресс. Инфекционные болезни, 2008. №6. С. 47-49.

15. Нафеев А.А., Шемятихина Г.Б. Эколого-эпидемиологические подходы к надзору за геморрагической лихорадкой с почечным синдромом // Эпидемиология и инфекционные болезни, 2011. №1. С. 49-50.

16. Никульшина Ю.Б., Козин А.И., Канаева Т.И. Общая эпизоотология. Лабораторно-практический курс (Учебно-методическое пособие). Ульяновск: УГСХА, 2006. 130 с.

17. Новиков Г.А. Очерк истории экологии животных. Л.: Наука, 1980. 285 с.

18. Обзор численности мышевидных грызунов, насекомоядных и клещей Ульяновской области на зимнее – весенний период 2015 г. / А.А. Нафеев и др. Ульяновск: ФБУЗ «ЦГиЭ в Ульяновской области», 2015. 10 с.

19. Павловский Е.Н. О природной очаговости инфекционных и паразитарных болезней // Вестник АН СССР, 1939. № 10. С. 98-108.

20. Попов В.А. Млекопитающие Волжско-Камского края. Насекомоядные, рукокрылые, грызуны. Казань: Изд-во Казан. фил. АН СССР, 1960. 468 с.

21. Слонова Р.А., Ткаченко Е.А., Иванис В.А. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом. Владивосток: ОАО «Примполиграфкомбинат», 2006. 250 с.

22. Томеску В., Гаврилэ И., Гаврилэ Д. Зоонозы: Болезни животных, передающиеся человеку. М.: Колос, 1982. 318 с.

23. Шнитников В.Н. Постановка работ по изучению экологии млекопитающих // Краеведение, 1929. Т. 6. Вып. 4. С. 193-220.

24. Шутов С.С. Результаты зоо-энтомологической работы в осенний период 2015 г. по г.Димитровград. Димитровград: ФБУЗ ЦГиЭ №172 ФМБА России, 2015. 15 с.

25. Шутов С.С., Михеев В.А. Эпизоотия ГЛПС на территории Мелекесского района Ульяновской области // Природа Симбирского Поволжья. Сб. науч. трудов. Ульяновск, 2009. Вып. 10. 24 с.

26. Эверсман Э.А. Естественная история Оренбургского края. Часть I. Оренбург: Тип. Казанского ун-та, 1840. 99с.

27. Эверсман Э.А. Естественная история Оренбургского края. Млекопитающие. Часть II. Казань, 1850. 296 с.

28. Эверсман Э.А. Естественная история Оренбургского края. Птицы. Часть III. 1866.

Физико-математические науки

УДК 515.1

ББК 22.152

Некоторые задачи геометрии поверхностей с различными фундаментальными группами

Абреева Гельназ Габдулловна,

студентка магистратуры 1 курса Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н. Ульянова

г. Ульяновск, Россия

Научный руководитель:

Фолиадова Елена Викторовна,

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н. Ульянова

Аннотация. В работе рассмотрены элементы геометрии поверхностей с различными фундаментальными группами.

Ключевые слова: геометрия Евклида, сферическая геометрия, геометрия цилиндра, фундаментальная группа.

Известно, что топологические свойства многообразий проявляются, в частности, в строении их фундаментальных групп. С другой стороны, некоторые аспекты метрической геометрии (например, евклидовой) имеют топологическую природу. Возникает вопрос, какие свойства геометрии различных многообразий связаны с особенностями их фундаментальных групп. В работе этот вопрос изучается на примере поверхностей, вложенных в трёхмерное евклидово пространство: плоскости (евклидова планиметрия), сферы (сферическая геометрия), бесконечной круговой цилиндрической поверхности (цилиндрическая геометрия) и тора (тороидальная геометрия). В частности, рассматриваются классические теоремы Чевы и Менелая и их

аналоги в геометрии различных поверхностей. Как плоская, так и сферическая теоремы Менелая были известны ещё в эллинистической математике [3]; в данной работе новой является скорее постановка вопроса о связи этих и других результатов с топологическими свойствами соответствующих поверхностей. Этот подход допускает перенос на случай двумерных и трёхмерных многообразий, вложенных в четырёхмерное пространство, а также гиперповерхностей более высокой размерности. Учитывая представления современной космологии о строении пространства [6], можно допустить, что роль таких рассмотрений в какой-то мере аналогична использованию Менелаем и Птолемеем теорем, ныне носящих их имена, для расчета расстояний на небесной сфере.

Основные идеи, использованные в работе, доступны учащимся старших классов, и одна из целей работы – наметить возможные направления исследований школьников по геометрии и алгебре.

Как известно [3], фундаментальная группа $\pi_1(T)$ топологического пространства T есть множество классов гомотопных (переходящих друг в друга при непрерывной деформации) петель, выходящих из фиксированной точки пространства. В евклидовой плоскости \mathbb{R}^2 со стандартной топологией есть только один гомотопический класс петель (все петли непрерывной деформацией стягиваются в точку), так что фундаментальная группа тривиальна, $\pi_1(\mathbb{R}^2) = 1$. На окружности $S^1 = \{x \in \mathbb{R}^2 \mid \|x\| = R\}$, где $\|x\|$ – евклидова норма, каждый гомотопический класс состоит из петель, которые навиваются на окружность заданное число раз; это число может быть положительным или отрицательным в зависимости от направления. Следовательно, фундаментальная группа окружности (одномерной сферы) изоморфна аддитивной группе целых чисел: $\pi_1(S^1) = \mathbb{Z}$. Однако при любом $n > 1$ фундаментальная группа n -мерной сферы $S^n = \{x \in \mathbb{R}^{n+1} \mid \|x\| = R\}$ тривиальна: $\pi_1(S^n) = 1$.

Тор $T^2 = \{x \in \mathbb{R}^3 | (\|x\|^2 + R^2 - r^2)^2 = 4R^2(x_1^2 + x_2^2)\}$ с точки зрения топологии можно рассматривать как произведение двух окружностей $S^1 \times S^1$. Окружность – линейно связное топологическое пространство, следовательно, фундаментальная группа тора $\pi_1(T^2)$ изоморфна произведению $\pi_1(S^1) \times \pi_1(S^1) = \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$.

Рассмотрим бесконечный цилиндр $C^2 = \{x \in \mathbb{R}^3 | x_1^2 + x_2^2 = R^2\}$, основанием которого является окружность S^1 . Цилиндр можно рассматривать как произведение окружности S^1 и числовой прямой \mathbb{R} , так что фундаментальная группа цилиндра $\pi_1(C^2)$ изоморфна произведению $\pi_1(S^1) \times \pi_1(\mathbb{R}) = \mathbb{Z} \times 1 = \mathbb{Z}$.

В метрической геометрии поверхностей приходится вводить расстояние между точками, т.е. длину кратчайшей линии на поверхности, соединяющей эти точки. Роль прямых на произвольной поверхности играют геодезические линии, которые можно определить так: для любых двух не слишком удаленных друг от друга точек A и B , принадлежащих геодезической линии, ее часть AB короче любой другой линии, соединяющей A с B и лежащей на поверхности (см., напр., [1]). Таким образом, геодезические – это «локально кратчайшие» линии на поверхности. Ясно, что геодезические линии на евклидовой плоскости – это обычные прямые, причём они являются и «глобально кратчайшими», т.е. задают расстояние между любой парой своих точек.

На сфере кратчайшей из всех линий, соединяющих точки A и B , является меньшая дуга AmB (рис. 1) окружности большого круга, т.е. сечения сферы плоскостью, проходящей через центр сферы ([1], [5]). Убедиться в этом можно либо с помощью сферического неравенства треугольника (см. ниже), либо

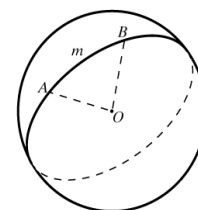


Рис. 1.

непосредственно решая задачу минимизации функционала длины дуги.

Рассмотрим для этого карту сферы (рис. 2)

$$x = (R \cos \varphi \sin \theta ; R \sin \varphi \sin \theta ; R \cos \theta), \varphi \in (-\pi; \pi), \theta \in (0; \pi),$$

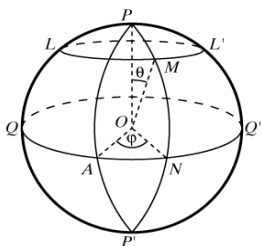


Рис. 2.

внутри которой лежат заданные точки $A(\varphi_A, \theta_A)$ и $B(\varphi_B, \theta_B)$. Если линия на сфере, соединяющая A и B , определяется уравнением $\theta = \theta(\varphi)$, то на этой линии

$$dx = (-R \sin \varphi \sin \theta d\varphi + R \cos \varphi \cos \theta d\theta;$$

$$R \cos \varphi \sin \theta d\varphi + R \sin \varphi \cos \theta d\theta; -R \sin \theta d\theta) =$$

$$= R(-\sin \varphi \sin \theta + \cos \varphi \cos \theta \cdot \theta'; \cos \varphi \sin \theta + \sin \varphi \cos \theta \cdot \theta'; -\sin \theta$$

$$\cdot \theta')d\varphi;$$

$$dl = \|dx\| = R\sqrt{\sin^2 \theta + (\theta')^2}d\varphi; L = R \int_{\varphi_A}^{\varphi_B} \sqrt{\sin^2 \theta + (\theta')^2}d\varphi.$$

Функционал $L = L(\theta)$ принимает наименьшее значение на линии, для которой $\theta = \theta(\varphi)$ является решением уравнения Эйлера

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \sqrt{\sin^2 \theta + (\theta')^2} - \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{\partial}{\partial \theta'} \sqrt{\sin^2 \theta + (\theta')^2} \right) = 0,$$

откуда в силу отсутствия явной зависимости подынтегральной функции от аргумента φ получаем $\theta' \cdot \frac{\partial}{\partial \theta'} (\sqrt{\sin^2 \theta + (\theta')^2}) - \sqrt{\sin^2 \theta + (\theta')^2} = C_1$,

$$(\theta')^2 = \frac{\sin^4 \theta}{C_1^2} - \sin^2 \theta; \frac{d\theta}{d\varphi} = \pm \sin^2 \theta \sqrt{\frac{1}{C_1^2} - \frac{1}{\sin^2 \theta}}; \frac{d(\text{ctg } \theta)}{\sqrt{\frac{1}{C_1^2} - 1 - \text{ctg } \theta}} = \pm d\varphi,$$

и общее решение уравнения можно записать в виде $\text{ctg } \theta = k \cos(\varphi - \varphi_0)$, где

$$k = \pm \sqrt{\frac{1}{C_1^2} - 1}. \text{ Задавая полученную кривую параметрически:}$$

$$x = \left(\frac{R \cos \varphi}{\sqrt{k^2 \cos^2(\varphi - \varphi_0) + 1}}; \frac{R \sin \varphi}{\sqrt{k^2 \cos^2(\varphi - \varphi_0) + 1}}; \frac{Rk \cos(\varphi - \varphi_0)}{\sqrt{k^2 \cos^2(\varphi - \varphi_0) + 1}} \right),$$

замечаем, что

$$R \cos \varphi \cdot k \cos \varphi_0 + R \sin \varphi \cdot k \sin \varphi_0 - Rk \cos(\varphi - \varphi_0) = 0,$$

так что вектор x при всех $\varphi \in (-\pi; \pi)$ лежит в плоскости с нормальным вектором $(\cos \varphi_0; \sin \varphi_0; -1)$, проходящей через начало координат. Итак, геодезическими линиями («прямыми») на сфере оказываются большие окружности.

Через любые две точки на сфере, кроме диаметрально противоположных, можно провести единственную сферическую прямую, а через диаметрально противоположные точки проходит бесконечное множество прямых. Таким образом, любые две сферические прямые пересекаются в двух диаметрально противоположных точках, т.е. в сферической геометрии не существует понятия параллельности. Кроме того, в отличие от евклидовой прямой, сферическая прямая замкнута, и точка не разбивает её на две части. Пара точек на сферической прямой определяет сферический отрезок как меньшую из двух дуг окружности; сферическое расстояние между точками (длина отрезка) $L = R\alpha$

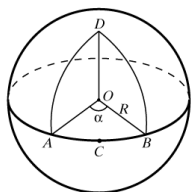


Рис. 3.

определяется радианной мерой центрального угла α (рис. 3). Любая точка C сферического отрезка AB разбивает его на два, и сумма их длин равна длине всего отрезка:

$$AOC + COB = AOB.$$

Для любой точки D вне отрезка AB имеет место неравенство треугольника: $AOD + DOB > AOB$ (свойство трёхгранного угла евклидовой стереометрии). Из неравенства треугольника следует, что сферический отрезок короче любой сферической ломаной, а значит, и любой кривой на сфере, соединяющей его концы; мы получили ещё одно доказательство того факта, что геодезические линии сферы – это большие окружности.

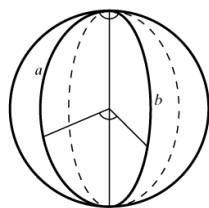


Рис. 4.

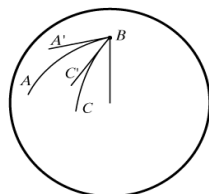


Рис. 5.

При пересечении двух сферических прямых a и b на сфере образуются четыре двуугольника (рис. 4); каждому из них соответствует двугранный угол, образованный диаметрально противоположными плоскостями, содержащими a и b . Угол между прямыми определяется как меньший из этих углов; очевидно, он равен углу между касательными к окружностям в точке B их пересечения (рис. 5), поскольку эти касательные лежат в касательной плоскости сферы, перпендикулярной радиусу OB . Углы между сферическими прямыми не превосходят $\pi/2$.

Три больших окружности, пересекаясь попарно в трёх точках, образуют на сфере восемь сферических треугольников; принято рассматривать один из них, тот, у которого все стороны меньше половины большой окружности (рис. 6). Стороны треугольника измеряются плоскими углами трехгранного угла $OABC$, углы треугольника – его двугранными углами.

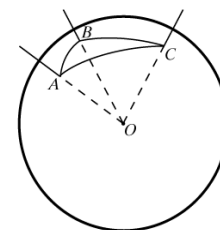


Рис. 6.

Каждой точке сферы естественно сопоставляется луч, проведенный из центра сферы в эту точку, а любой фигуре на сфере – объединение всех пересекающих ее лучей. Так, сферической прямой соответствует содержащая ее плоскость, сферическому отрезку – плоский угол, двуугольнику – двугранный угол, треугольнику – трёхгранный угол. Многогранный угол с вершиной в центре сферы пересекает сферу по сферическому многоугольнику (рис. 7). Это область на сфере, ограниченная ломаной из сферических отрезков.

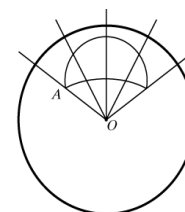


Рис. 7.

Сферическая окружность – множество точек сферы,

равноудаленных от заданной точки P . Окружность лежит в плоскости, перпендикулярной диаметру сферы PP' (рис. 8), т.е. это обычная плоская окружность с центром на диаметре PP' . Но сферических центров у нее два: P и P' . Эти центры принято называть полюсами.

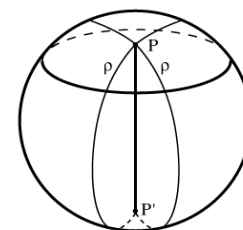


Рис. 8.

Если диаметр r сферической окружности равен $\pi/2$, то сферическая окружность превращается в сферическую прямую (называемую полярной каждой из точек P и P'). Сферической окружности в евклидовом трёхмерном пространстве соответствует коническая поверхность, ось которой проходит через полюсы окружности.

Как известно, многие свойства плоских треугольников и окружностей вместе с их доказательствами переносятся на их сферические аналоги [5]. Основой здесь является понятие равенства фигур (фигуры равны, если одну можно отобразить на другую движением) и признаки равенства треугольников. Так, сохраняется характеристика серединного перпендикуляра к отрезку как множества точек, равноудалённых от его концов, откуда следует существование и единственность описанной окружности любого сферического

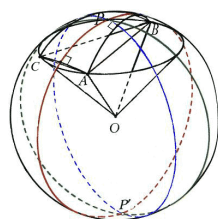


Рис. 9.

треугольника (рис. 9), а также характеристика биссектрисы двугольника как множества точек, равноудалённых от его сторон – следовательно, в любой сферический треугольник можно вписать окружность, и её центр (точнее, пара её полюсов) лежит на пересечении биссектрис. Теоремы о

пересечении высот и медиан треугольника также остаются верными.

Однако к известным трем случаям равенства треугольников на сфере добавляется еще и четвертый: два треугольника равны, если равны их соответственные углы. Таким образом, на сфере не существует подобных треугольников, более того, в сферической геометрии нет самого понятия подобия,

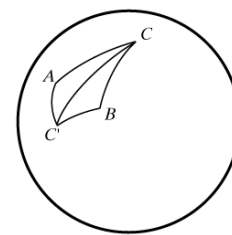


Рис. 10.

т.к. не существует преобразований, изменяющих все расстояния в одинаковое (не равное 1) число раз. Эти особенности связаны с нарушением аксиомы параллельных и присущи также геометрии на псевдосфере, т.е. геометрии Лобачевского. Однако в сферической геометрии имеется понятие симметрии: треугольники, имеющие равные элементы и различную ориентацию (например, треугольники $AC'C$ и BCC' на рис. 10), называются симметричными. Имеется также аналог параллельного переноса (перенос вдоль геодезической, т.е. поворот вокруг центра сферы).

Сумма углов всякого сферического треугольника больше 180° . Разность $A + B + C - \pi = d$ (измеряемая в радианах) называется сферическим избытком данного сферического треугольника. Площадь сферического треугольника $S = R^2 d$, где R – радиус сферы, а d – сферический избыток (формула Жирара), что легко доказывается сравнением площадей восьми треугольников, образованных тремя данными прямыми (см., напр., [2]).

Как известно, в евклидовой планиметрии указанные выше теоремы о конкурентности биссектрис, медиан, высот треугольника являются частными случаями теоремы Чевы, которая, наряду с теоремой Менелая, широко применяется для решения задач. Теорема Менелая утверждает, что если

прямая пересекает треугольник ABC , причем C_1 – точка ее пересечения со стороной AB , A_1 – точка ее пересечения со стороной BC и B_1 – точка ее пересечения с продолжением стороны AC (рис. 11), то

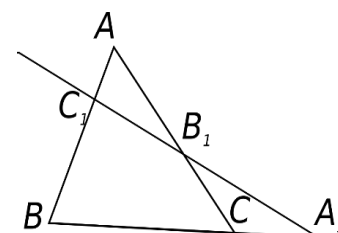


Рис. 11.

$$\frac{AC_1}{C_1B} \cdot \frac{BA_1}{A_1C} \cdot \frac{CB_1}{B_1A} = 1.$$

Доказательство этого утверждения на плоскости обычно проводится с применением параллельности прямых и подобия треугольников и, следовательно, не переносится на сферический случай. Однако уже Менелай Александрийский знал сферический аналог этой теоремы [3]. Попробуем предположить, как он мог её доказывать. Спроектируем рисунок 10 из центра сферы на ее поверхность (рис. 12). Из треугольников OB_1C_1 и OC_1A_1 :

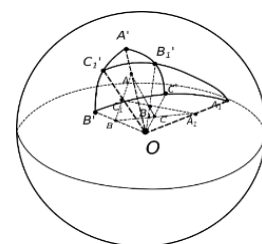


Рис. 12.

$$\frac{AC_1}{C_1B} = \frac{S_{\triangle OC_1A}}{S_{\triangle OBC_1}} = \frac{OA \cdot \sin |AC_1|}{OB \cdot \sin |C_1B|}$$

из треугольников OBA_1 и OA_1C , OAB_1 и OB_1C

$$\frac{BA_1}{A_1C} = \frac{S_{\triangle OBA_1}}{S_{\triangle OA_1C}} = \frac{OB \cdot \sin |BA_1|}{OC \cdot \sin |A_1C|}$$

$$\frac{CB_1}{B_1A} = \frac{S_{\triangle OCB_1}}{S_{\triangle OAB_1}} = \frac{OC \cdot \sin |CB_1|}{OA \cdot \sin |B_1A|}$$

По плоской теореме Менелая

$$1 = \frac{AC_1}{C_1B} \cdot \frac{BA_1}{A_1C} \cdot \frac{CB_1}{B_1A} = \frac{OA \cdot \sin |AC_1|}{OB \cdot \sin |C_1B|} \cdot \frac{OB \cdot \sin |BA_1|}{OC \cdot \sin |A_1C|} \cdot \frac{OC \cdot \sin |CB_1|}{OA \cdot \sin |B_1A|} =$$

$$= \frac{\sin |AC_1|}{\sin |C_1B|} \cdot \frac{\sin |BA_1|}{\sin |A_1C|} \cdot \frac{\sin |CB_1|}{\sin |B_1A|}$$

Таким образом, для любого сферического треугольника, пересеченного сферической прямой, справедлива теорема Менелая в форме

$$\frac{\sin |AC_1|}{\sin |C_1B|} \cdot \frac{\sin |BA_1|}{\sin |A_1C|} \cdot \frac{\sin |CB_1|}{\sin |B_1A|} = 1.$$

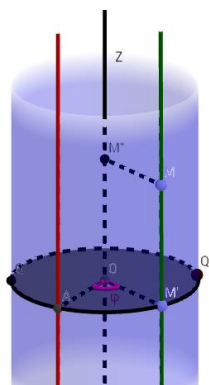


Рис. 13.

Рассмотрим теперь элементы цилиндрической геометрии. Сечение бесконечного цилиндра любой плоскостью – эллипс (окружность, если плоскость перпендикулярна образующим) либо пара прямых (если плоскость параллельна образующим). Зададим карту цилиндра (рис. 13). Зафиксируем некоторый круг QQ' (экватор), образованный пересечением цилиндра и плоскости, перпендикулярной образующим. Через центр

O окружности QQ' проводим прямую OZ , перпендикулярную к QQ' . Зафиксируем образующую, проходящую через точку A , принадлежащую QQ' (первая образующая). В качестве одной из координат точки M на цилиндре принимается угол $\varphi = \angle AOM'$ между первой образующей и образующей, проходящей через точку M , в качестве второй – длина отрезка OM'' (высота точки). Бесконечный цилиндр локально изометричен полосе, ширина которой равна длине экватора цилиндра (рис. 14).

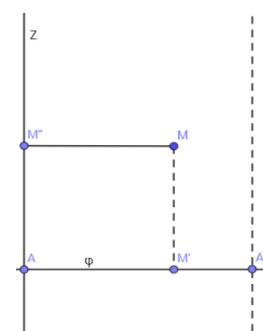


Рис. 14.

Определим, как выглядят геодезические на цилиндре. Возможны три случая расположения двух точек цилиндра друг относительно друга (рис. 15).

1. Две точки A' и B' лежат на одной из образующих. В этом случае кратчайшей из всех линий на цилиндре, соединяющих точки A' и B' , является отрезок $A'B' \subset l$. Таким образом, можно сделать вывод, что образующие являются геодезическими на цилиндре.

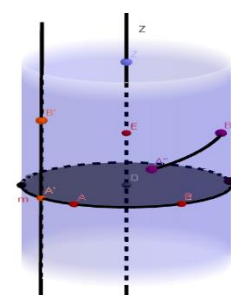


Рис. 15.

2. Две точки A и B лежат на плоскости, перпендикулярной образующим. В этом случае меньшая дуга AmB окружности является кратчайшей из всех линий на цилиндре, соединяющих заданные точки.

3. Две точки A'' и B'' не принадлежат одной образующей и не лежат в плоскости перпендикулярной образующим (рис. 15). В этом случае кратчайшей из всех линий на цилиндре, соединяющих точки A'' и B'' , является часть одной из винтовых линий, проходящих через эти две точки, длина которой является наименьшей. Уравнение геодезических линий, проходящих через две заданные точки, можно задать параметрически:

$$x = (\cos \varphi ; \sin \varphi ; a + \varphi \operatorname{tg} \alpha), \varphi \in \mathbb{R},$$

где α – угол между винтовой линией и плоскостью, перпендикулярной образующим, $\alpha \in (-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2})$. При $\alpha = 0$ получаем уравнение для линий, описанных в пункте 2: $x = (\cos \varphi ; \sin \varphi ; a), \varphi \in \mathbb{R}$. Через любые две точки проходит бесконечно много геодезических линий, но только одна геодезическая определяет кратчайшее расстояние между двумя точками.

В геометрии цилиндра через точку, не лежащую на данной цилиндрической прямой, можно провести одну прямую, параллельную данной.

Длина отрезков, подобных AB , определяется через радианную меру центрального угла α и радиус основания цилиндра R (рис. 16), по формуле длины дуги она равна $L_{AB} = R\alpha$. Любая точка C отрезка AB разбивает его на два, и сумма их длин равна длине всего отрезка.

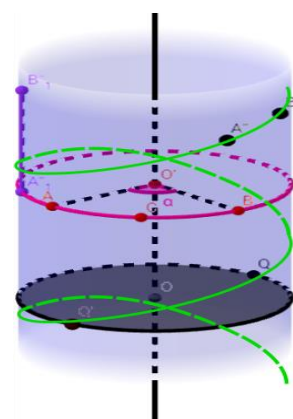


Рис. 16

Длина отрезков, подобных $A'B'$, определяется через расстояние между точками A' и B' на образующей (рис. 16),

$L_{A'B'} = |z_2 - z_1|$, где z_1, z_2 - координаты z точек A' и B'

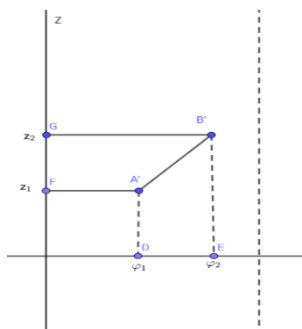


Рис. 18

соответственно в системе координат, заданной выше. Любая точка C' отрезка $A'B'$ разбивает его на два, и сумма их длин равна длине всего отрезка, т.е. $A'C' + C'B' = A'B'$.

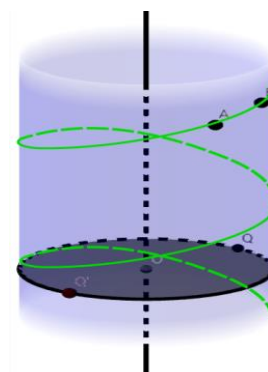


Рис. 17

Определим длину отрезков, подобных $A''B''$ (рис. 17), т.е. $\rho_{\text{ц}}(A, B)$, $A(\varphi_1, z_1), B(\varphi_2, z_2)$, $\varphi_1, \varphi_2 \in (-\pi; \pi]$ Спроектируем эти точки на полосу (рис.18), которой локально изометричен цилиндр. Точка A перейдет в точку $A'(\varphi_1, z_1)$, точка B перейдет в точку $B'(\varphi_2, z_2)$. $\rho_2(A', B') = \sqrt{(\varphi_2 - \varphi_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$, так как цилиндр изометричен полосе. Итак,

$$\rho_{\text{ц}}(A, B) = \sqrt{(\varphi_2 - \varphi_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}.$$

Определим длину участка геодезической линии

$$x = (\cos \varphi ; \sin \varphi ; a + \varphi \operatorname{tg} \alpha), \varphi \in \mathbb{R}: \quad x' = (-\sin \varphi ; \cos \varphi ; \operatorname{tg} \alpha),$$

$$dl = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} d\varphi = \frac{d\varphi}{\cos \alpha}, \quad \Delta l = \frac{1}{\cos \alpha} \Delta \varphi.$$

Для любой точки D вне отрезков $AB, A'B', A''B''$ имеет место неравенство треугольника. Из этого неравенства следует, что цилиндрический отрезок короче любой цилиндрической ломаной, а значит, и любой кривой на цилиндре, соединяющей его концы.

Цилиндрическая окружность – множество точек цилиндра, равноудаленных от заданной точки P .

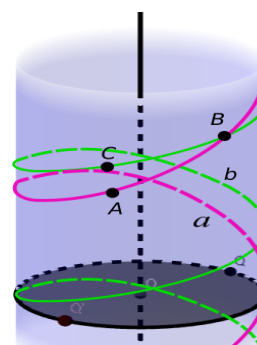


Рис. 19

Углы на цилиндре определяются следующим образом. При пересечении двух цилиндрических прямых a и b образуются углы (рис. 19). Градусная мера углов определяется углом между касательными к геодезическим в точке из пересечения.

Определим, как часто пересекаются две геодезические линии (в виде винтовых) с разными углами наклона. Будем считать (в силу симметрии это не уменьшает общности), что они выходят из одной точки $(1; 0; 0)$:

$$x^{(1)} = (\cos \varphi ; \sin \varphi ; \varphi \operatorname{tg} \alpha_1), x^{(2)} = (\cos \varphi ; \sin \varphi ; \varphi \operatorname{tg} \alpha_2), \varphi \in \mathbb{R}.$$

Пусть для определенности $\alpha_1 > \alpha_2$. Если две геодезические пересекаются,

$$\text{то } x^{(1)}(\varphi_1) = x^{(2)}(\varphi_2), \text{ т.е.}$$

$$\begin{cases} \varphi_2 = \varphi_1 + 2\pi k, k \in \mathbb{Z} \\ \varphi_2 \operatorname{tg} \alpha_2 = \varphi_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varphi_2 = \varphi_1 + 2\pi k \\ \varphi_1 = 2\pi k \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2}, k \in \mathbb{Z}. \end{cases}$$

При $k = 1$ получаем точку первого пересечения, соответствующую

$$\varphi_1 = 2\pi \operatorname{tg} \alpha_2 / (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2), \varphi_2 = 2\pi \operatorname{tg} \alpha_1 / (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2)$$

и отстоящую от общей начальной точки двух геодезических по оси z на величину $\Delta z = 2\pi \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_2 / (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2)$. Итак, частота пересечения двух геодезических зависит от α_1 и α_2 .

Три цилиндрические прямые, пересекаясь попарно в трёх точках, образуют на сфере два цилиндрических треугольника (рис. 20). Известные на плоскости случаи равенства треугольников сохраняются. Это легко показать, применив развертку бесконечного цилиндра. Сумма углов всякого цилиндрического треугольника равна 180° . Для треугольников справедливы аналоги теорем Чевы и Менелая. Сформулируем теорему Менелая. Пусть прямая пересекает треугольник ABC , причем C_1 - это точка ее пересечения со стороной AB , A_1 - точка ее пересечения со стороной BC и B_1 - точка ее пересечения с продолжением стороны AC (рис. 21). Тогда имеет место соотношение: $\frac{AC_1}{C_1B} \cdot \frac{BA_1}{A_1C} \cdot \frac{CB_1}{B_1A} = 1$.

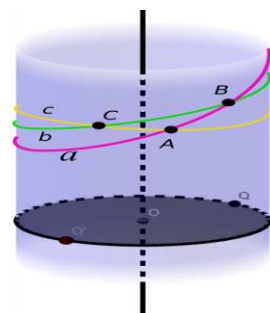


Рис. 20

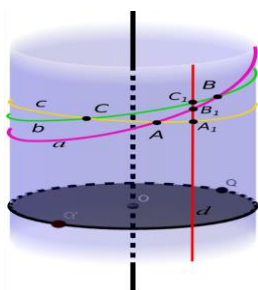


Рис. 21

пересечения со стороной AB , A_1 - точка ее пересечения со стороной BC и B_1 - точка ее пересечения с продолжением стороны AC (рис. 21). Тогда имеет место соотношение: $\frac{AC_1}{C_1B} \cdot \frac{BA_1}{A_1C} \cdot \frac{CB_1}{B_1A} = 1$.

$$\frac{BA_1}{A_1C} \cdot \frac{CB_1}{B_1A} = 1.$$

Так как цилиндр изометричен плоской полосе, то теоремы Менелая для цилиндрической сводится к ее доказательству для (рис. 22).

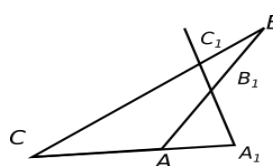


Рис. 22

локально доказательство поверхности плоскости (рис. 22).

Геодезические линии на торе определяются решением вариационной задачи, приводящей к уравнению

$$(\theta')^2 = \left(\frac{R}{r} + \cos \theta \right) \sqrt{C_1^2 (R/r + \cos \theta)^2 - 1},$$

откуда уравнение геодезических линий получаем в виде

$$\varphi = \varphi_0 + \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{dt}{\left(\frac{R}{r} + \cos \theta\right) \sqrt{k^2 \left(\frac{R}{r} + \cos \theta\right)^2 - 1}}.$$

Их исследование и анализ свойств геометрии тора, отличных от сферической и цилиндрической геометрий, предполагается продолжить.

Выделим некоторые закономерности, предположительно связанные с фундаментальной группой рассматриваемой поверхности. В \mathbb{R}^2 и S^2 две прямые, пересекаясь, разделяют пространство на четыре части. На S^2 прямые пересекаются счетное число раз. При пересечении образующих с винтовыми линиями и двух винтовых линий получаем счетное число областей, при пересечении цилиндрических прямых, перпендикулярных образующим, с винтовыми линиями и с образующими – две области.

Список литературы

1. Атанасян Л.С. Курс элементарной геометрии, часть 2. Стереометрия / Л.С. Атанасян, Н.С. Денисова, Е.В. Силаев - М.: Сантакс-Пресс, 1997. – 287 с.
2. Васильев Н. Сумма углов сферического многоугольника // Н. Васильев, В. Гутенмахер. «Квант», 1988, №2. – С. 52-56.
3. Виро О.Я. Элементарная топология / Виро О.Я., Иванов О.А., Нецветаева Н.Ю., Харламов В.М. – М.: ЛОГОС, 2004. – 380 с.
4. История математики от древнейших времён до начала XIX столетия. Том первый. История математики с древнейших времен до начала нового времени / И.Г. Башмакова, Э.И. Березкина, А.И. Володарский, Б.А. Розенфельд, А.П. Юшкевич, Под ред. А.П. Юшкевича. М.: Наука, 1970. – 351 с.
5. Федосова М. Сферическая геометрия. Энциклопедия Кругосвет [Электронный ресурс] // М. Федосова. – Режим доступа: <http://www.krugosvet.ru/node/41971>.
6. Яу Ш. Теория струн и скрытые измерения Вселенной / Ш. Яу, С. Надис – СПб.: Питер, 2013. – 400 с.

УДК 531

ББК 22.31

Разработка электронного курса "Прикладные математические пакеты программ в теоретической физике и космологии"

Алтуний Константин Константинович,

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

Аннотация. Рассмотрены теоретические и методические проблемы использования электронного курса по прикладным математическим пакетам в учебных дисциплинах по теоретической физике и космологии. Предложен подход преподавания дисциплины "Пакеты прикладных программ Maple, Mathematica в теоретической физике" с использованием современных компьютерных технологий в университете.

Ключевые слова: математические пакеты, теоретическая физика, электронный курс, электронный образовательный ресурс, пакеты прикладных программ

1. Введение

В настоящее время интенсивно развиваются новые формы традиционного и смешанного обучения с использованием разнообразных современных технологий. Одной из самых популярных технологий является использование системы дистанционного обучения MOODLE. Поэтому создание электронных учебников, электронных курсов и дистанционных курсов по теоретической физике является актуальной задачей.

Целью работы является создание электронного курса по применению прикладных математических пакетов в теоретической физике и космологии в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Объектом исследования является электронный курс, связанный с использованием прикладных математических пакетов в теоретической физике и космологии, в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE. Предметом исследования является процесс создания электронного курса по пакетам прикладных математических программ в теоретической физике и космологии.

В дальнейшем, элементы теоретического содержания дистанционного курса могут быть использованы для создания электронного учебника по применению прикладных математических пакетов в теоретической физике и космологии. Задачами работы являются разработка теоретического материала смешанного электронного курса и создание дистанционного курса “Прикладные математические пакеты программ в теоретической физике и космологии” в системе дистанционного обучения, реализованного на основе системы MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в возможности интенсификации процесса обучения теоретической физике и космологии за счёт применения электронных курсов и электронных образовательных ресурсов.

Создание и организация учебных курсов с использованием электронных обучающих средств, в особенности на базе Интернет-технологий, представляет непростую технологическую [6, 8, 11-12, 15] и методическую задачу [7, 9, 14]. При этом большие трудозатраты по разработке электронных обучающих средств зачастую не компенсируются их эффективностью по причине их быстрого устаревания. Тем не менее, индустрия компьютерных учебно-методических материалов расширяется в силу их востребованности и социальной значимости.

Электронными образовательными ресурсами являются любые электронные ресурсы, состоящие из сведений образовательного характера [7, 10] или из систематизированных указаний научного и практического характера, имеющие определённую форму, и предназначенные для учения и обучения, для обучающихся различного возраста и уровня.

2. Описание электронного курса "Прикладные математические пакеты программ в теоретической физике и космологии"

Различные прикладные математические пакеты довольно широко используются в современных научных расчётах в теоретической физике, теоретической космологии и современной теории гравитации. Современные математические пакеты представляют широкие возможности для визуализации зависимостей физических величин в виде графиков, поверхностей и контуров. Современные математические пакеты позволяют производить численные и символьные вычисления, включая вычисления с тензорными величинами.

В работе рассматриваются прикладные аспекты использования различных математических пакетов программ для проведения расчётов различных характеристик в теоретической физике и космологии.

The screenshot shows a Moodle course page with a sidebar on the left containing navigation buttons: 'Настройки' (Settings), 'Навигация' (Navigation), 'Последние действия' (Recent actions), 'Предстоящие события' (Upcoming events), and 'новости' (News). The main content area has a title 'Прикладные математические пакеты программ в теоретической физике и космологии' and a breadcrumb trail: 'Моя домашняя страница > Факультет физико-математического и технологического образования > Физика > Прикладные математические пакеты программ в теорет...'. Below the breadcrumb is a 'Новостной форум' (News forum) icon. The page features two main topics:

- Тема 1. Пакет Maple**
Математические пакеты Maple. Пакеты финансовой математики. Геометрические пакеты. Математический анализ. Работа с полиномами. Пакет для решения задач линейной алгебры. Двухмерная и трёхмерная графика. Двухмерная и трёхмерная мультипликация. Пакеты учебных вычислений.
Файл: 1 Гиперссылки: 15 Задания: 2
- Тема 2. Пакет Mathematica**
Общая характеристика пакета Mathematica. Достоинства пакета. Интерфейс пакета. Численные методы. Графика. Программирование. Стандартные дополнения. Решение примеров с помощью программы Mathematica. Графические функции. Решение задач математического моделирования, вычислительных задач математического анализа, построения плоских и объёмных геометрических фигур различной степени сложности в Mathematica. Пакеты расширения системы Mathematica.
Страницы: 3 Гиперссылки: 5 Файлы: 2 Задания: 2

Рис. 1. Изображение страницы электронного курса по прикладным математическим пакетам программ в теоретической физике и космологии, разработанного в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

В рамках магистерской программы "Приоритетные направления науки в физическом образовании" читается учебная дисциплина "Прикладные математические пакеты программ в теоретической физике и космологии", связанная с изучением прикладных математических пакетов. Изучение этой учебной дисциплины проводится по смешанной форме обучения с использованием электронного курса, разработанного в системе MOODLE.

На рис. 1 представлено изображение страницы электронного курса по пакетам прикладных математических программ в теоретической физике и космологии, разработанного в системе дистанционного обучения ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова» на основе платформы MOODLE.

Основной целью курса “Прикладные математические пакеты программ в теоретической физике и космологии” является изучение основных физических принципов, физических законов и методов численных исследований в теоретической физике и космологии. Кроме того, при изучении курса у студентов должны сформироваться основные представления о работе с системой дистанционного обучения MOODLE, умение правильно выражать физические идеи в теоретической физике и вычислять различные физические величины и функциональные зависимости, решать численными методами задачи теоретической физики и космологии. Курс знакомит со сведениями по основным математическим пакетам Maple и Mathematica.

На рис. 2. приведено изображение страницы электронного курса по теме 1 по прикладным математическим пакетам программ в теоретической физике и космологии, разработанного в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE. В данном разделе электронного образовательного ресурса рассматривается прикладной пакет Maple и особенности использования в теоретической физике и космологии.

Тема 1. Пакет Maple

Математический пакет Maple. Пакеты финансовой математики. Геометрические пакеты. Математический анализ. Работа с полиномами. Пакет для решения задач линейной алгебры. Двухмерная и трёхмерная графика. Двухмерная и трёхмерная мультипликация. Пакеты учебных вычислений.

Самоучитель по Maple

Пакет Maple весьма популярен в научных кругах. Пользователи характеризуют Maple как очень надежный и устойчиво работающий Пакет. Кроме аналитических преобразований пакет в состоянии решать задачи численно. Характерной особенностью пакета является то, что ряд других программных продуктов используют интегрированный символический процессор Maple.

Матросов, А. В. Основы работы в Maple V Rel. 4 / А. В. Матросов

Дьяконов В. П. Maple 7. Учебный курс. СПб.: Питер, 2002. - 672 с. документ PDF, 40.8Мбайт

Матросов, А. В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики / А. В. Матросов. документ PDF, 26.6Мбайт

Дьяконов, В. П. Математическая система Maple V R3/R4/R5 / В. П. Дьяконов. М.: Солон, 1998. - 399 с. 26.8Мбайт

<http://www.mapleprimes.com/tags/contourplot>

Самоучитель по Maple

Дьяконов В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. - 720 с.

Дьяконов В. П. Maple 9.5/10/11 в математике, физике и образовании. 2-е изд., перераб. и доп. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. - 752 с. ЭБС Консультант студента

Дьяконов В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. - 720 с. ЭБС Консультант студента

Дьяконов В. П. Maple 8 в математике, физике и образовании. М.: СОЛОН-Пресс, 2008. - 656 с. ЭБС Консультант студента

Инструментальные средства математического моделирования: учебное пособие / А. А. Золотарёв, А. А. Бычков, Л. И. Золотарёва, А. П. Корнюхин. Ростов-н/Д: ЮФУ, 2011. - 90 с. ЭБС УБО

В книге "Инструментальные средства математического моделирования" рассматривается Maple 9.5.

Рис. 2. Изображение страницы электронного курса по теме 1 по прикладным математическим пакетам программ в теоретической физике и космологии, разработанного в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 3 представлено изображение страницы электронного курса по теме 2 по прикладным математическим пакетам программ в теоретической

физике и космологии, разработанного в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

← Тема 1. Пакет Maple Список литературы ►

Тема 2. Пакет Mathematica

Общая характеристика пакета Mathematica. Достоинства пакета. Интерфейс пакета. Численные методы. Графика. Программирование. Стандартные дополнения. Решение примеров с помощью программы Mathematica. Графические функции. Решение задач математического моделирования, вычислительных задач математического анализа, построения плоских и объёмных геометрических фигур различной степени сложности в Mathematica. Пакеты расширения системы Mathematica.

[Общая характеристика пакета](#)

Пакет Mathematica, по-видимому, является сегодня наиболее популярным в научных кругах, особенно среди теоретиков. Пакет предоставляет широкие возможности в проведении символических (аналитических) преобразований, однако требует значительных ресурсов компьютера. Система команд пакета во многом напоминает какой-то язык программирования.

[Достоинства пакета](#)

[Интерфейс пакета](#)

[Воробьёв Е. М. Введение в систему символьных, графических и численных вычислений "Математика-5": учебное пособие. М.: Диалог-МИФИ, 2005. - 365 с.](#)

[Левин, В. А. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии на базе пакета «Mathematica» / В. А. Левин, В. В. Калинин, Е. В. Рыбалка. - М.: Физматлит, 2007. - 192 с. ЭБС УБО](#)

[Компьютерная геометрия: практикум / А. О. Иванов, Д. П. Ильютко, Г. В. Носовский и др. М.: НОУ "ИНТУИТ", 2010. - 388 с.](#)

[Мостовской А. П. Численные методы и система Mathematica: учебное пособие. Мурманск: 2009. - 249 с.](#)

[Мостовской А. П. Численные методы и система Mathematica: учебное пособие. Мурманск: 2009. - 249 с. документ PDF, 1.5Мбайт](#)

[Стехина К. Н. Решение дифференциальных уравнений в пакете Mathematica. Часть 1. Уравнения первого порядка и их приложения: учебное пособие / К. Н. Стехина, Д. Н. Тумаков. – Казань, 2014. – 116 с.](#)

[Стехина К. Н. Решение дифференциальных уравнений в пакете Mathematica. Часть 1. Уравнения первого порядка и их приложения: учебное пособие / К. Н. Стехина, Д. Н. Тумаков. – Казань, 2014. – 116 с. документ PDF, 3.6Мбайт](#)

[Введение в Mathematica документ PDF, 573.3Кбайт](#)

[О системе Mathematica документ PDF, 4.7Мбайт](#)

Рис. 3. Изображение страницы электронного курса по теме 2 по прикладным математическим пакетам программ в теоретической физике и космологии, разработанного в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

В данном разделе электронного образовательного ресурса рассматривается прикладной пакет Mathematica и особенности использования в теоретической физике и космологии.

В отличие от электронного курса по фотоэффекту [2], ориентированного на школьников, и электронного курса по нанооптике [1, 3–5], ориентированного на студентов бакалавриата, электронный курс по прикладным математическим пакетам программ в теоретической физике и космологии ориентирован на студентов магистратуры, обучающихся по программе "Приоритетные направления науки в физическом образовании". Слушателям курса предлагается очная часть, а затем предлагается продолжить работу в рамках электронного курса в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Электронные учебники, электронные курсы и электронные образовательные ресурсы расширяют возможности традиционного обучения, сделают учебный процесс более разнообразным. Использование информационных технологий позволит не только улучшить и закрепить получаемые знания, но и увеличить интерес к занятиям по теоретической физике. Использование электронного образовательного ресурса по теоретической физике способствует интенсификации учебно-воспитательного процесса, более осмысленному изучению материала, приобретению навыков самоорганизации, превращению систематических знаний в системные, помогает развитию познавательной деятельности обучаемых и интереса к предмету. У обучаемых, прошедших обучение с использованием обучающей программы происходит не только существенное развитие логического мышления, но и значительно повышается уровень рефлексивных действий с материалом, изучаемым на занятиях. Электронный курс, созданный на основе платформы MOODLE, способен стать эффективным помощником, автоматизирующим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя.

Преподавание данного курса в значительной мере ориентировано на использование новых информационных технологий. Центральное место в новом подходе к преподаванию курса занимают задания по написанию компьютерных программ с использованием математических пакетов Maple и Mathematica, моделирующих физические процессы в теоретической физике и космологии. Прослушав лекции по соответствующей теме, студенты могут приступать к выполнению заданий. Работа с моделирующими программами во многом сходна с небольшим научным исследованием, в котором студент играет активную роль.

3. Обсуждение результатов

Создан электронный курс в системе дистанционного обучения MOODLE по использованию прикладных математических пакетов в теоретической физике и космологии. Электронный курс содержит элементы теоретического содержания такие, как лекции, гипертекстовые страницы, а также различные элементы контроля знаний такие, как база тестовых вопросов и заданий, набор заданий и семинаров.

Результаты настоящей работы были апробированы в рамках учебных дисциплин “Пакеты прикладных программ Maple, Mathematica в теоретической физике”, “Пакеты прикладных программ Maple, Mathematica” и “Теория нелинейных процессов”, читаемых автором для студентов магистратуры "Приоритетные направления науки в физическом образовании" на факультете физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО "Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова".

Суть инновационного подхода к прочтению курса состоит во всестороннем внедрении компьютерных технологий в изучение физических явлений, что позволяет студентам ориентироваться в моделировании

физических явлений. К положительным результатам применения электронного образовательного ресурса по прикладным пакетам в теоретической физике и космологии можно отнести: выбор студентами оптимального темпа выполнения заданий с учётом их индивидуальных способностей, немедленная оценка усилий, возможность получить сведения о знаниях студентов по всему предмету.

Применение новых компьютерных технологий в преподавании физико-математических дисциплин в университете позволяет существенно повысить эффективность занятий при традиционной, смешанной и дистанционной формах обучения. Использование электронных образовательных ресурсов на лекциях, практических занятиях и семинарах по теоретической физике способствует развитию интереса студентов к предмету, повышает эффективность их самостоятельной работы и учебного процесса в целом, позволяет решать задачи индивидуализации и дифференциации образовательного процесса.

За последние пять лет использования технологии с применением системы MOODLE произошла качественная перестройка курса для студентов магистратуры. Студенты магистратуры по физике стали лучше владеть компьютерными технологиями, качественнее проводить научные вычисления и оформлять научные работы, более интенсивно участвовать в научной деятельности кафедры физики и технических дисциплин.

Список литературы

1. Алтунин К. К. Разработка и внедрение электронного курса по нанооптике // В книге: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники материалы 19-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара. 2016. С. 128–129.

2. Алтунин К. К., Коннова Т. С. Исследование информационных образовательных сред и электронных учебников на примере темы «Фотоэффект» // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции, 27 апреля 2016 года. – Ульяновск : Типография «Вектор-С», 2016. — С. 11–16.
3. Алтунин К. К., Хамзина Л. Ш. Разработка и внедрение электронного курса на примере темы “Наноплазмонные материалы” // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции, 27 апреля 2016 года. — Ульяновск : Типография «Вектор-С», 2016. — С. 78–81.
4. Алтунин К. К., Хорошилова М. С. Исследование распространения плазмона в наноматериале с квазиулевым показателем преломления // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции, 27 апреля 2016 года. — Ульяновск : Типография «Вектор-С», 2016. — С. 82–87.
5. Алтунин К. К., Юртаева Н. Д. Разработка и внедрение электронного курса по нанооптике на примере темы “Наноматериалы с квазиулевой диэлектрической проницаемостью” // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции, 27 апреля 2016 года. — Ульяновск : Типография «Вектор-С», 2016. — С. 88–91.
6. Башмаков А. И., Башмаков И. А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 2003. – 616 с.
7. Григорьев С. Г., Краснова Г. А., Роберт И. В. Разработка концепции образовательных электронных изданий и ресурсов // Открытое и дистанционное образование. — 2002. — № 3. — С. 31–33.

8. Зайнутдинова Л. Х. Создание и применение электронных учебников (на примере общетехнических дисциплин). Астрахань: Издательство ЦНТЭП, 1999. – 363 с.
9. Курганская Г. С. Система дифференцированного обучения через Интернет. Иркутск: Издательство ИГУ, 2000. – 103 с.
10. Овчаренко О. И. Проектирование информационно-образовательной среды с использованием новых информационных технологий // Труды IV Международной научно-практической конференции "Проблемы регионального управления, экономики, права и инновационных процессов в образовании". — Т. 2. — Таганрог : ТИУиЭ, 2005. — С. 245–250.
11. Иванов В. Л. Структура электронного учебника. // Информатика и образование. М.: ИНФО. 2001. № 6. с . 63–71.
12. Христочевский С. А. Электронные мультимедийные учебники и энциклопедии. // Информатика и образование. М.: ИНФО. 2000. № 2. с. 70–77.
13. Христочевский С. А. Электронный учебник — текущее состояние. // Компьютерные инструменты в образовании. СПб.: Издательство ЦПО "Информатизация образования" 2001. № 6. с. 3–10.
14. Баранова Ю. Ю., Перевалова Е. А., Тюрина Е. А., Чадин А. А. Методика использования электронных учебников в образовательном процессе. // Информатика и образование. М.: ИНФО. 2000, № 8. С. 41–43.
15. Матрос Д. Ш. Электронная модель школьного учебника. // Информатика и образование. М.: ИНФО. 2000. № 8. С. 93–100.

УДК 53.01

ББК 74.262.23

Электронный курс по олимпиадным задачам по физике

Алтунин Константин Константинович,

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

Лушникова Юлия Олеговна,

студент 5 курса направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), Профиль: Физика. Математика, факультета физико-математического и технологического образования, группы ФМ-13, ФГБОУ ВО "Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова", г. Ульяновск, Россия

Назарова Татьяна Валерьевна,

студент 5 курса направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), Профиль: Физика. Математика, факультета физико-математического и технологического образования, группы ФМ-13, ФГБОУ ВО "Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова", г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Разработан электронный курс в системе управления обучением MOODLE для подготовки к решению олимпиадных задач по физике. В курсе использована система задач по физике олимпиадного типа. На основе задач олимпиадного типа созданы задания электронного курса в системе управления обучением MOODLE.

Ключевые слова: физика, задача, задача по физике, олимпиадная задача, олимпиадная задача по физике, система управления обучением, MOODLE, электронный курс

В настоящее время существует большое количество олимпиад по физике и физико-математическим дисциплинам для школьников, поэтому становится актуальной создание системы подготовки одарённых школьников к олимпиадам по физике различного уровня.

Целью исследования являются разработка и научное обоснование методики использования электронного курса в системе MOODLE по методике олимпиадных задач по физике как средства развития одарённости школьников при подготовке к олимпиадам по физике.

Для подготовки к олимпиадным заданиям существует большое количество литературы, которая помогает в усвоении задач повышенного уровня [1-7]. Задачи, которые предлагаются школьникам (участникам олимпиад) значительно отличаются от типовых задач, которые решают ребята на уроках. Главная характерная особенность олимпиадной задачи — её нестандартность, то есть внешняя непохожесть на типовые задачи. Для решения большинства олимпиадных задач практически никогда не требуется знание материала, изучение которого не предусмотрено школьной программой физики. Для подготовки к олимпиадным заданиям существует большое количество литературы, которая помогает в усвоении задач повышенного уровня. Школьники, решая олимпиадные задачи, развивают мышление, воображение, память и др. навыки решения задач. Олимпиадные задачи нужно решать самостоятельно под контролем учителя. Школьники пишут в общеобразовательных учреждениях олимпиадные задания всего раз в год, проверяя свои знания на практике.

В десятом классе закладываются фундаментальные основы подготовки по физике в классах профильного и углубленного уровней, что является принципиально важным в начале подготовки к олимпиадам по физике различного уровня. В десятом классе существует два типа программ углубленного изучения физики. По одному из них первые месяцы углубленно повторяется механика. Углубленное повторение механики оправдано с целью усвоения нового математического аппарата механики, который понадобится в следующих разделах физики. И лишь к концу первого полугодия начинается изучение газовых законов. Заканчивается год изучением электростатики и конденсаторов. Весь остальной материал, включающий в себя постоянный электрический ток, магнитные явления, переменный электрический ток, геометрическую и волновую оптику, атомную и ядерную физику изучается в одиннадцатом классе. В таблице 1 приведено тематическое планирование подготовки олимпиадного уровня по физике в 10 и 11 классах.

Таблица 1. Тематическое планирование подготовки к олимпиадам по физике в 10 и 11 классах.

№ п/п	№ темы	Тема
1	1.1.	Кинематика материальной точки. Системы отсчёта. Равномерное движение. Средняя скорость. Мгновенная скорость. Ускорение. Прямолинейное равнопеременное движение. Свободное падение. Графики движения (пути, перемещения, координат от времени); графики скорости, ускорения и их проекций в зависимости от времени и координат.

2	1.2.	Движение по окружности. Нормальное и тангенциальное ускорение. Угловое перемещение и угловая скорость.
3	1.3.	Относительность движения. Закон сложения скоростей. Абсолютная, относительная и переносная скорость.
4	1.4.	Криволинейное равноускоренное движение. Полёты тел в поле однородной гравитации. Радиус кривизны траектории.
5	1.5.	Кинематические связи (нерастяжимость нитей, скольжение без отрыва, движение без проскальзывания). Плоское движение твёрдого тела
6	1.6.	Динамика материальной точки. Силы. Векторное сложение сил. Законы Ньютона.
7	1.7.	Динамика систем с кинематическими связями
8	1.8.	Гравитация. Закон Всемирного тяготения. Первая космическая скорость. Перегрузки и невесомость. Центр тяжести.
9	1.9.	Силы трения. Силы сопротивления при движении в жидкости и газе.
10	1.10.	Силы упругости. Закон Гука.
11	1.11.	Импульс. Закон сохранения импульса. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Реактивное движение.
12	1.12.	Работа. Мощность. Энергия (гравитационная, деформированной пружины). Закон сохранения энергии. Упругие и неупругие взаимодействия. Диссипация энергии.
13	1.13.	Статика в случае непараллельных сил. Устойчивое и неустойчивое равновесие.

14	1.14.	Механические колебания. Маятник. Гармонические колебания. Волны. Определения периода колебаний, амплитуды, длины волны, частоты).
15	2.1.	Газовые законы. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро. Температура.
16	2.2.	Основы молекулярно-кинетической теории. Потенциальная энергия взаимодействия молекул.
17	2.3.	Термодинамика. Внутренняя энергия газов. Количество теплоты. Первый закон термодинамики. Теплоёмкость. Адиабатный процесс. Цикл Карно.
18	2.4.	Насыщенные пары, влажность.
19	2.5.	Поверхностное натяжение. Капилляры. Краевой угол. Смачивание.
20	3.1.	Электростатика. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряжённость. Теорема Гаусса. Потенциал.
21	3.2.	Проводники и диэлектрики в электростатических полях.
22	3.3.	Конденсаторы. Соединения конденсаторов. Энергия конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.
23	3.4.	ЭДС. Методы расчёта цепей постоянного тока (в том числе правила Кирхгофа, методы узловых потенциалов, эквивалентного источника, наложения токов и т.п.). Нелинейные элементы.
24	3.5.	Работа и мощность электрического тока.
25	3.6.	Электрический ток в средах. Электролиз.

26	3.7.	Магнитное поле постоянного тока. Силы Лоренца и Ампера.
27	4.1	Закон индукции Фарадея. Вихревое поле. Индуктивность, катушки, R, L, C - цепи
28	5.1	Колебания механические и электрические
29	6.1	Переменный ток. Трансформатор
30	7.1	Электромагнитные волны
31	8.1	Геометрическая оптика. Формула тонкой линзы. Системы линз. Оптические приборы. Очки
32	8.2	Волновая оптика. Интерференция. Дифракция
33	9.1	Теория относительности
34	10.1	Основы атомной и квантовой физики
35	11.1	Ядерная физика

При конструировании дистанционного курса выбран второй тип программ.

В настоящее время в отечественном образовании опережающими темпами разворачивается процесс накопления цифровых образовательных ресурсов по физике, в том числе по решению задач. Обучение с применением компьютера даёт возможность индивидуального образования путём персонального обучения как очно, так и в заочной форме (дистанционно). Дистанционное обучение в сочетании с элементами очного или заочного обучения на основе интернет-технологий даёт возможность талантливым (и не только) учащимся непрерывно повышать свой образовательный уровень. Резко возрастает роль дистанционных курсов, видео курсов, трансляция

разбора решений олимпиад в современной подготовке к олимпиадам по физике.

Дистанционное обучение представляет собой технологию обучения, реализуемую с использованием информационных технологий и компьютерной техники. Дистанционное обучение сделало доступным получение качественного образования независимо от места жительства и возраста обучающегося, и в удобное для него время. Дистанционное обучение в университете реализуется на принципах открытого образования и базируется на платформе MOODLE. Подход к организации обучения физике с привлечением дистанционных образовательных технологий позволяет организовать учебную деятельность ученика, обучает его самостоятельности в обучении и развитию навыка «учиться учению». Как правило, электронные курсы и электронные учебные пособия строятся по модульному принципу и включают в себя текстовую часть, графику (статические схемы, чертежи, таблицы и рисунки), анимацию, видеозаписи, а также блок, содержащий компоненты мультимедиа.

Решение олимпиадной задачи о состоянии идеального газа в системе двух одинаковых цилиндрических сосудов, соединённых трубками с краном, опубликовано в работе [8].

Разработка электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE рассматривалась в работе [9].

В самостоятельной части работы разработан электронный курс для подготовки к решению олимпиадных задач по физике. Произведён подбор и анализ олимпиадных задач по физике по программе олимпиады 10 и 11 классов. Затем производилось размещение задач и заданий в курсе, созданном в системе дистанционного обучения ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова». На рис.

1 изображена структура тем электронного курса по олимпиадным задачам по физике, которые соответствуют программе олимпиады по физике в 10 классе.

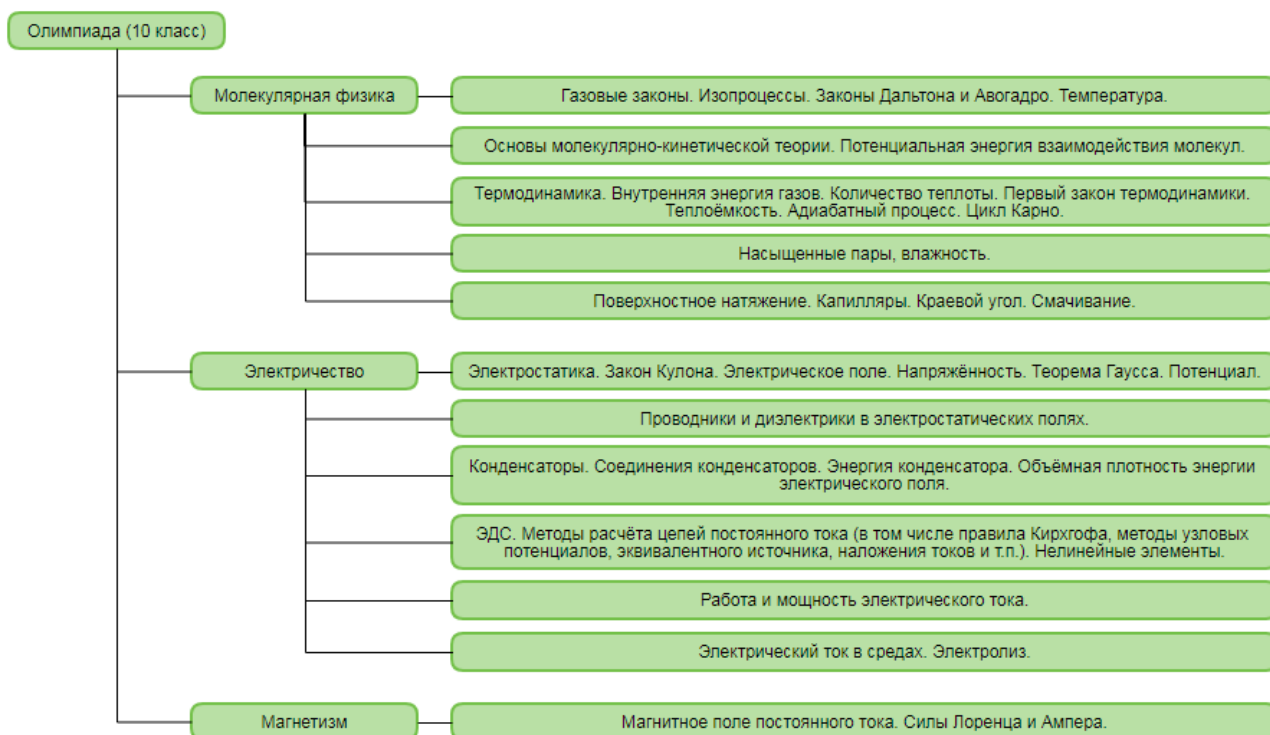


Рис. 1. Структура тем электронного курса по олимпиадным задачам по физике, которые соответствуют программе олимпиады по физике в 10 классе.



Рис. 2. Структура тем электронного курса по олимпиадным задачам по физике, которые соответствуют программе олимпиады по физике в 11 классе.

На рис. 2 изображена структура тем электронного курса по олимпиадным задачам по физике, которые соответствуют программе олимпиады по физике в 11 классе. Часть перечня модулей электронного курса "Олимпиадные задачи по физике" представлена на рис. 3.

The screenshot shows a web interface for an online course. At the top, the title "Олимпиадные задачи по физике" is displayed in a large, bold font. Below the title, there is a navigation bar with the following elements: "Личный кабинет" (Personal cabinet), "Мои курсы" (My courses), and "Олимпиадные задачи по физике" (Olympiad problems in physics). To the right of the navigation bar is a button labeled "Режим редактирования" (Editing mode). On the left side, there are two vertical buttons: "Навигация" (Navigation) and "Настройки" (Settings). Below the navigation bar, there is a section for "Объявления" (Announcements) with a speech bubble icon. The main content area contains a list of five topics, each separated by a horizontal line:

- 1. Газовые законы. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро. Температура.**
- 2. Основы молекулярно-кинетической теории. Потенциальная энергия взаимодействия молекул.**
- 3. Термодинамика. Внутренняя энергия газов. Количество теплоты. Первый закон термодинамики. Теплоёмкость. Адиабатный процесс. Цикл Карно.**
- 4. Насыщенные пары, влажность.**
- 5. Поверхностное натяжение. Капилляры. Краевой угол. Смачивание.**

Рис. 3. Часть перечня модулей электронного курса "Олимпиадные задачи по физике".

На рис. 4 изображено задание 2 олимпиадного типа по программе 10 класса в составе электронного курса "Олимпиадные задачи по физике". В курсе использована система задач по физике олимпиадного типа. На основе задач олимпиадного типа созданы задания электронного курса в системе управления обучением MOODLE. Олимпиадные задачи служат для построения максимально разветвлённой структуры внутрипредметных связей физики.

The screenshot shows a Moodle course interface. On the left, there are two vertical navigation buttons: 'Навигация' (Navigation) and 'Настройки' (Settings). The main content area has a breadcrumb trail: 'Личный кабинет > Мои курсы > Олимпиадные задачи по физике > > Задание олимпиады №2 (10 класс)'. Below this is the title 'Задание олимпиады №2 (10 класс)'. The task text reads: 'При прослушивании магнитофонной записи было замечено, что радиус катушки пленки на кассете уменьшился вдвое за время $t_1=20$ мин. За какое время t_2 после этого радиус ещё раз уменьшится вдвое?'. Below the text, it says 'Изолированные группы: Все участники'. A section titled 'Резюме оценивания' (Evaluation Summary) contains a table with the following data:

Участники	14
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	среда, 12 апреля 2017, 00:00
Оставшееся время	Задание сдано

At the bottom of the summary section, there are two buttons: 'Просмотр всех ответов' (View all answers) and 'Оценка' (Evaluation).

Рис. 4. Олимпиадное задание 2 по программе 10 класса в составе электронного курса "Олимпиадные задачи по физике".

На рис. 5 изображено задание 3 олимпиадного типа по программе 10 класса в составе электронного курса "Олимпиадные задачи по физике".

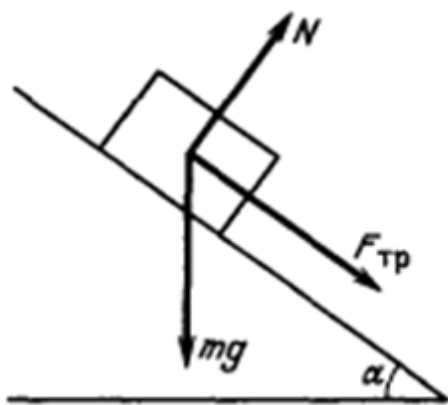
Олимпиадные задачи по физике

- Навигация
- Настройки

[Личный кабинет](#) ▶
 [Мои курсы](#) ▶
 [Олимпиадные задачи по физике](#) ▶
 [Задание олимпиады №3 \(10 класс\)](#)

Задание олимпиады №3 (10 класс)

Брусек толкнули резко вверх вдоль крыши, образующей угол α с горизонтом. Время подъема бруска до высшей точки оказалось в два раза меньше, чем время спуска до исходной точки. Определите коэффициент трения μ между бруском и крышей.



Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Участники	14
Черновик	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	среда, 12 апреля 2017, 00:00
Оставшееся время	Задание сдано



[Просмотр всех ответов](#)
[Оценка](#)

Рис. 5. Олимпиадное задание 3 по программе 10 класса в составе электронного курса "Олимпиадные задачи по физике".

Навигация

Задание олимпиады №4 (10 класс)

Настройки

Мяч, движущийся со скоростью, равной $v=10\text{ м/с}$, ударяется о ногу футболиста. Определите скорость u , с которой должна двигаться нога футболиста для того, чтобы ударившийся о ногу мяч остановился. Считать массу мяча много меньшей массы ноги футболиста, а удар абсолютно упругим.

Рис. 6. Олимпиадное задание 4 из темы "Динамика".

Навигация

Задание олимпиады №5 (10 класс)

Настройки

Покажите, что максимальная скорость, которую при столкновении может сообщить протону α -частица, составляет 1.6 ее начальной скорости.

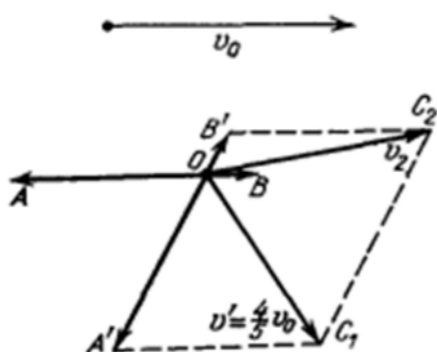


Рис. 7. Олимпиадное задание 5 из темы "Законы сохранения".

Навигация

Задача об одинаковых цилиндрах

Настройки

Два одинаковых цилиндрических сосуда высоты H с вертикальными стенками соединены трубками (рис. 1). В левом сосуде имеется массивный поршень, способный без трения двигаться вдоль стенок. Над поршнем и под поршнем находится идеальный газ. Кран на верхней трубке закрыт, а на нижней открыт. Поршень пребывает в равновесии точно в середине цилиндра, при этом давление под поршнем в два раза больше, чем над ним. Нижний кран закрывают, а верхний открывают. На какой высоте установится поршень? Система поддерживается при постоянной температуре.

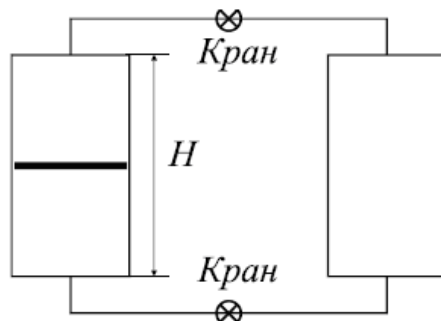



Рис. 1. Схема установки с двумя цилиндрами, которые соединены трубками с краном.


Рис. 8. Элемент электронного курса "Олимпиадные задачи по физике" с задачей об установке с двумя цилиндрами, которые соединены трубками с краном.

Навигация

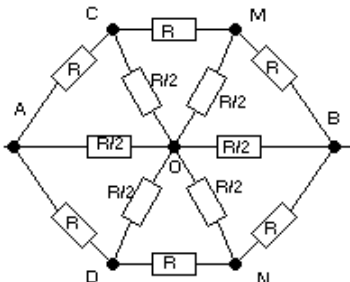
Настройки

 [Олимпиадное задание 1 по физике 11 класс](#)

С высоты 21 м вверх под углом к горизонту брошен мяч. Через 3 с он упал на землю, переместившись по горизонтали на 6 м. Определите начальную скорость мяча.

 [Олимпиадное задание 2 по физике 11 класс](#)

Из проволоки сделан правильный шестиугольник, в каждом ребре которого по сопротивлению R . Все вершины шестиугольника соединены проводниками с центром. В каждой из этих ветвей находится по одинаковому сопротивлению $R/2$ (см. рис.). Определите сопротивление схемы, если она включена в сеть максимально удаленными вершинами А и В.




☰


Рис. 9. Элемент курса по олимпиадным задачам по физике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Навигация

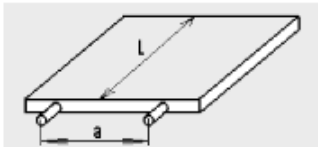
Настройки

 [Олимпиадное задание 3 по физике 11 класс](#)

Две одинаковые пружины жесткостью 100 Н / м соединяют 1) последовательно, 2) параллельно. Для каждого случая определите удлинение системы пружин под действием груза массой 5 кг.

 [Олимпиадное задание 4 по физике 11 класс](#)

В серванте имеется выдвижная доска для резанья на ней хлеба. К доске спереди приделаны две ручки на расстоянии a друг от друга, симметрично относительно середины. Длина доски (в глубь серванта) равна L . При каком наименьшем значении коэффициента трения k между боком доски и стенкой серванта нельзя вытащить доску, действуя на одну из ручек, как бы ни была велика приложенная сила?



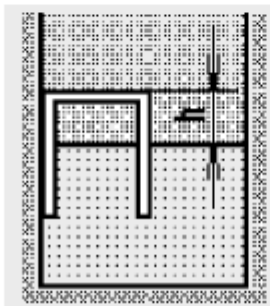
☰

Рис. 10. Элемент курса по олимпиадным задачам по физике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.



Олимпиадное задание 5 по физике 11 класс

Цилиндр прикреплен вверх дном к стенке открытого сосуда с водой. Верхняя часть цилиндра заполнена воздухом, давление которого равно атмосферному. Высота дна цилиндра над уровнем воды $h = 1$ см. Вода имеет температуру $t_0 = 0$ С. На сколько сместится уровень воды в цилиндре, если воду и воздух нагреть до 100 С (но не доводить воду до кипения)? Тепловым расширением воды и цилиндра, а также давлением водяного пара при $t = 0$ С пренебречь. Сосуд широкий.



Олимпиадное задание 6 по физике 11 класс

Квадратная сверхпроводящая рамка со стороной a расположена горизонтально и находится в неоднородном магнитном поле: $B_x = -kx$; $B_z = kz + B_0$. Масса рамки m , индуктивность L , ток по рамке не идет. Рамку отпустили. Как она будет двигаться и где окажется через время t ?

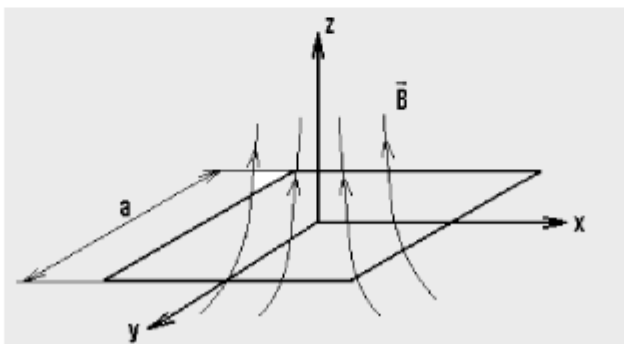


Рис. 11. Элемент курса по олимпиадным задачам по физике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

В ходе самостоятельной части работы создан электронный курс "Олимпиадные задачи по физике" на основе системы олимпиадных задач, часть которой размещена в форме заданий дистанционного курса на платформе MOODLE. На рис. 2-11 изображены элементы разработанных в

работе заданий по разным темам. На рис. 8 изображено олимпиадное задание с задачей по молекулярной физике об установке с двумя цилиндрами, которые соединены трубками с краном. Была разработана система олимпиадных задач, часть которой размещена в форме заданий дистанционного курса. Создание эффективной методики подготовки к решению олимпиадных задач по физике и использованием потенциала среды дистанционного обучения на платформе MOODLE позволяет обеспечить заметные изменения практики обучения решению олимпиадных задач по физике, что приводит к качественно новым образовательным результатам и интенсивному развитию новых методик и технологий подготовки к решению олимпиадных задач по физике.

Итак, в рамках выполнения работы создан электронный курс для подготовки к решению олимпиадных задач по физике в системе дистанционного обучения ФГБОУ ВО "УлГПУ им. И. Н. Ульянова". Электронный курс по олимпиадным задачам по физике основан на системе олимпиадных задач по физике. Разработанный электронный курс по олимпиадным задачам по физике позволяет обеспечить планомерную информационную поддержку изучения олимпиадных задач по физике в рамках тем по механике и молекулярной физике. Эффективное сочетание дистанционного обучения с очным обучением в рамках углубленного изучения физики постепенно приобретает черты универсальной формы физического образования.

Список литературы

1. Бакунов, М. И. Олимпиадные задачи по физике / М. И. Бакунов, С. Б. Бирагов. - Москва : Физматлит, 2017. - 246 с. - ISBN 978-5-9221-1764-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485169>.

2. Драбович, К. Н. Физика. Практический курс для поступающих в университеты / К. Н. Драбович, В. А. Макаров, С. С. Чесноков. - Москва : Физматлит, 2010. - 540 с. - ISBN 978-5-9221-0652-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76676>.
3. Задачник по физике : учебное пособие / С. Н. Белолипецкий, О. С. Еркович, В. А. Казаковцева, Т. С. Цвезинская ; ред. О. С. Еркович. - Москва : Физматлит, 2010. - 368 с. - ISBN 978-5-9221-0175-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76671>.
4. Кондратьев, А. С. Физика: Сборник задач : учебное пособие / А. С. Кондратьев, В. М. Уздин. - Москва : Физматлит, 2005. - 392 с. - ISBN 5-9221-0579-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76788>.
5. Пинский, А. А. Задачи по физике / А. А. Пинский. - 3-е изд., стереотип. - Москва : Физматлит, 2003. - 296 с. - ISBN 978-5-9221-0384-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76605>.
6. Физические олимпиады в Адыгее (2005–2010 гг.) : учебное пособие / А. В. Аракелов, И. Н. Жукова, В. С. Малых, Г. С. Феклистов. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 472 с. - ISBN 978-5-4475-2847-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271771>.
7. Физические олимпиады в Адыгее (1999–2004 гг.) : учебное пособие / А. В. Аракелов, И. Н. Жукова, В. С. Малых. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 396 с. - ISBN 978-5-4475-2846-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271770>.
8. Лушникова, Ю. О. Подход к решению олимпиадной задачи о состоянии идеального газа в системе двух одинаковых цилиндрических сосудов, соединённых трубками с краном / Ю. О. Лушникова // Электронный научный журнал «НАУКА ОНЛАЙН». — 2018. — № 1 (2). — С. 116–126.

9. Алтунин, К. К. Разработка электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE / К. К. Алтунин // Поволжский педагогический поиск. — 2017. — № 3 (21). — С. 116–124.

УДК: 1535.015

ББК 22.3

**Основа современной оптоэлектроники и солнечной энергетики:
фоточувствительные фотоприборы**

Бондина Вера Петровна,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин, ФГБОУ ВО "Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова", г. Ульяновск, Россия.

Треничева Александра Алексеевна,

студент 5 курса направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), Профиль: Физика. Информатика, факультета физико-математического и технологического образования, группы ФИ-13, ФГБОУ ВО "Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова", г. Ульяновск, Россия.

Аннотация

Сегодня трудно указать область человеческой деятельности, где успехи изучения фоточувствительных приборов не дали бы мощный эффект. Оптоэлектронные технологии являются базовыми для систем связи и телекоммуникаций, записи, хранения и обработки информации, микроэлектроники, они вошли в отраслевые стандарты обработки материалов и диагностики изделий во многих отраслях машиностроения, стали

определяющими для разработки специальных систем управления движением, нарастающими темпами осваиваются в медицине, открывая новые возможности диагностики лечения заболеваний, в светотехнике, экономическом мониторинге и др. В оптических информационных системах перечисленные процессы реализуются путём взаимодействия световых пучков со средой. Это взаимодействие осуществляется с помощью соответствующих материалов, обладающих свойствами которые могут изменяться под воздействием света, механического воздействия, а также под действием электрического и магнитного полей. Данная статья направлена на изучение оптоэлектроники, по средствам экспериментальных данных, способствующих более аргументированному анализу данного физического процесса.

Ключевые слова

Оптоэлектроника, солнечная энергетика, фоточувствительные фотоприборы, оптическое излучение и электроны вещества.

Оптоэлектроника - бурно развивающаяся область науки и техники. Многие ее достижения вошли в быт: индикаторы, дисплеи, лазерные видеопроигрыватели. Разрабатывается твердотельное телевидение и современная вычислительная техник. Сегодня трудно указать область человеческой деятельности, где эти технологии не дали бы мощный эффект - от фундаментальных научных исследований до шоу-бизнеса. По значению для технического прогресса, для модернизации экономики реализация возможностей современной оптоэлектроники аналогична электрификации в начале прошлого века.

Актуальность заключается в том, что на современном этапе развитие оптоэлектроники связано с изучением эффектов взаимодействия между оптическим излучением и электронами вещества, и охватывает проблемы создания оптоэлектронных приборов, в которых эти эффекты используются для генерации, передачи, хранения и отображения информации, и таким

образом перед оптоэлектроникой встает важная задача - миниатюризация элементной базы, интеграция элементов и функций, ориентация на специальные технологии и материалы. [4]

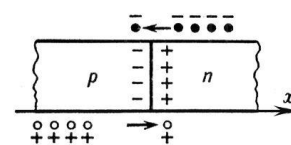
Что же такое оптоэлектроника и почему она так популярна в современной научной сфере?

Идеи оптоэлектроники возникли ещё в 1955, но известные в то время средства для взаимного преобразования электрических и оптических сигналов и для осуществления оптической связи не обеспечивали необходимых эффективности, быстродействия, мощности светового потока, возможности микроминиатюризации. Оптоэлектроника начала интенсивно развиваться лишь с 1963—1965, после того как появились лазеры, полупроводниковые светоизлучающие диоды и волоконная оптика.[2] Основными элементами оптоэлектроники стали: источники света (лазеры, светодиоды), оптические среды (активные и пассивные) и фотоприёмники. Эти элементы применяются как в виде различных комбинаций, так и в виде автономных устройств и узлов с самостоятельными частными задачами. Существует 2 пути развития оптоэлектроники: оптический, основу которого составляет когерентный луч лазера (когерентная оптоэлектроника), и электрооптический, основанный на фотоэлектрическом преобразовании оптического сигнала (оптроника). Сущность оптроники состоит в замене электрических связей в цепях оптическими. С когерентной оптоэлектроникой связаны новые принципы и методы построения больших систем вычислительной техники, оптические связи, запоминания и обработки информации, не имеющих аналогов в традиционной радиоэлектронике.

Оптоэлектроника – направление электроники, охватывающее вопросы использования оптических и электрических методов обработки, хранения и передачи информации, отличительной чертой которого является использование для обработки информации оптического излучения (электромагнитное излучение в видимой диапозоне с длиной волны 0,4-0,8

мкм, в инфракрасном - $0,8-10^3$ мкм и в ультрафиолетовом $10^3-0,4$ мкм.). Главным достоинством оптоэлектронных приборов является преимущества оптической связи, так как частота колебаний в оптическом диапазоне ($10^{13}-10^{15}$ Гц) больше, чем в радиодиапазоне, что обеспечивает быструю передачу информации и емкостный канал связи, при этом, не стоит забывать, что играет важную роль и малая длина волны, обеспечивающая высокую плотность информационной записи в оптических постоянных записывающих устройствах. Оптоэлектроника не только выручила в потребности скоростной передачи, регистрации и обработки информации, но и позволила в быстрых темпах параллельно обрабатывать полный образ объекта.

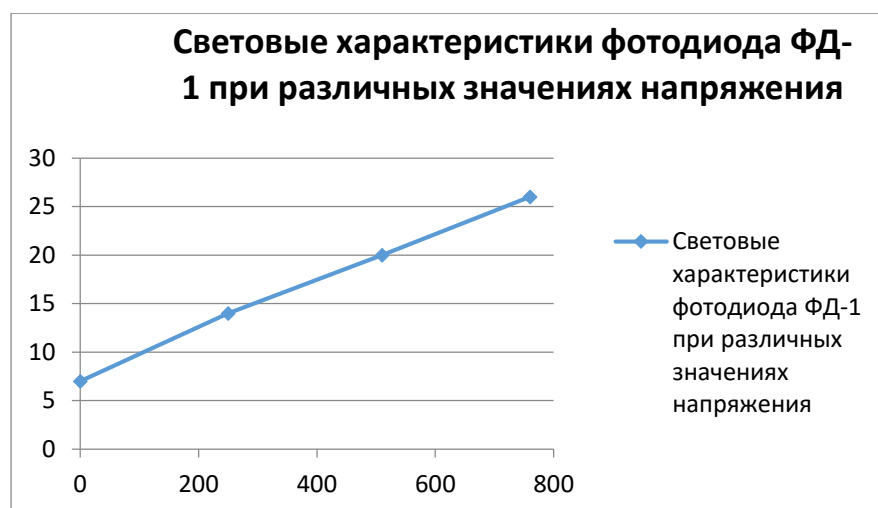
Оптоэлектронный прибор – это элемент или узел применяемой в оптоэлектронике аппаратуры, разделенных на группы по выполняемым функциям. Одной из групп, интересующих нас с вами, станет именно группа источников света – это приборы с непосредственным преобразованием энергии электронов.

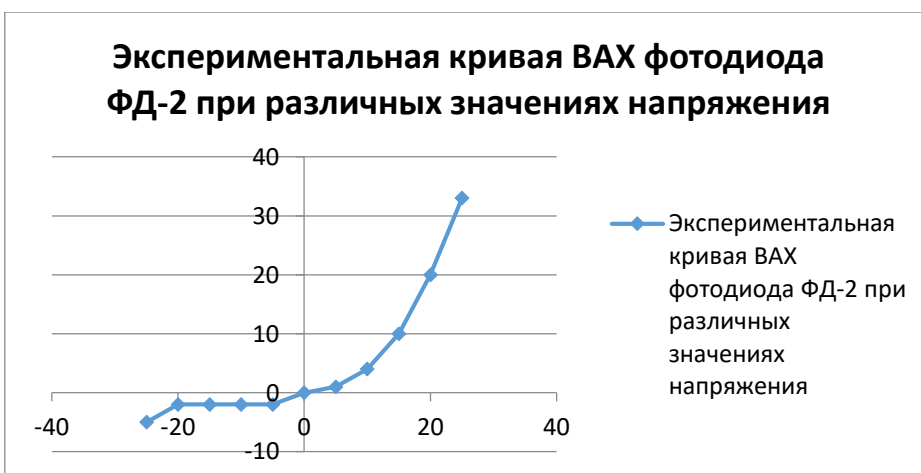
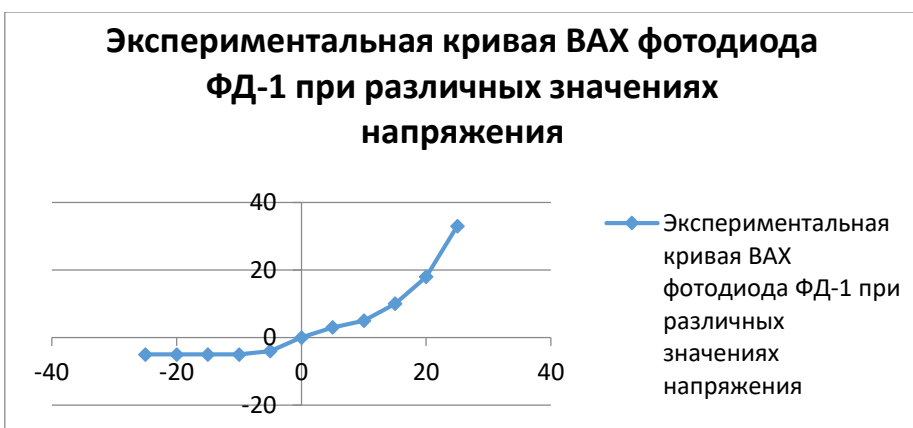
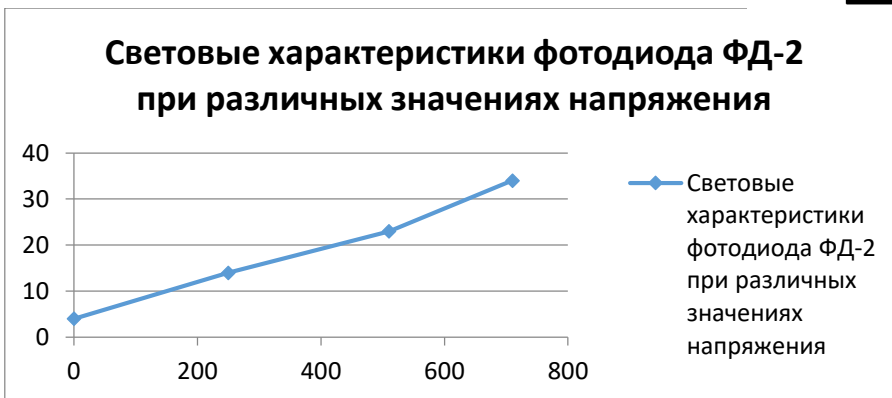
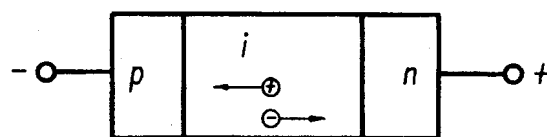


Типичными представителями этой группы стали светодиод, полупроводниковый и газовый лазер. Источники – основа любой оптоэлектронной системы, они не только определяют ее функциональные возможности, эксплуатационные характеристики, но и свойства остальных элементов – фотоприемников, пассивных оптоэлектронных элементов[3]. Фотоприемные приборы преобразуют свет в электрический ток, например, такие как фотодиод и фототранзистор, работают на основе использования контактных явлений в полупроводниках.

Источник излучения должен обладать основными параметрами, следующих из функционального назначения: интенсивность излучения, характеризуемая мощностью излучения P , сила света I . Спектральные свойства источников, определяемые длиной волны λ_{max} (мкм), шириной спектральной полосы $\Delta\lambda$ (нм).

Сам светодиод (СИД) представляет собой p-n переход, при котором происходит переход тока через диодную структуру сопровождающуюся оптическим излучением[3]. Если генерация света происходит в результате инжекции неосновных носителей, то СИД называется инжекционным. При этом инжекция электронов в p область и дырок в n область происходит при прямом смещении p-n перехода. Неосновные носители заряда рекомбинируют с основными, поэтому толщина n- и p- областей должна быть больше диффузных длин неосновных носителей заряда. Поток излучения СИД зависит от напряжения, тем резче, тем ниже температура, следовательно, необходимо стабильное рабочее напряжение. Перспектива развития инжекционных излучающих диодов – использование в качестве излучающих элементов сверхмалых структур с квантовыми ямами и точками. уменьшение размеров активных зон до 10 нм приведет к изменению зонной диаграммы, уменьшению рассеяния излучения и расширению возможностей инжекционных излучающих диодов. В целях выявления оптимальных режимов работы был проведен эксперимент, исследующий основные характеристики фотодиодов марки ФД-1 и ФД-2.





Лазеры-прибор, генерирующий оптическое когерентное излучение на основе эффекта вынужденного излучения. Лазеры обычно классифицируются по виду активной среды – газовые, жидкостные, твердотельные.

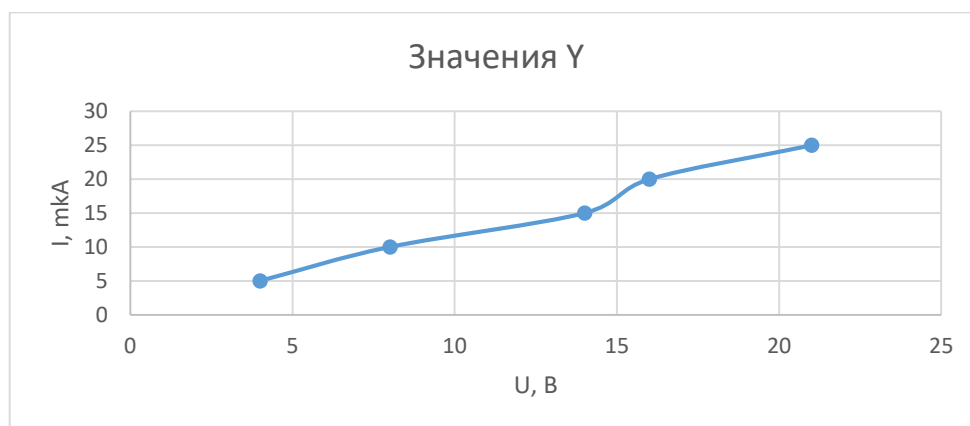
Фотоприемник – приемник оптического излучения- прибор, в котором под действием оптического излучения происходят изменения, позволяющие обнаружить и измерить характеристики излучения, основанные, в основном, на явлении фотоэффекта. Процесс взаимодействия света с веществом, без изменения энергии фотона, включает в себя отражение, преломление, рассеяние, пропускание света и другие; с изменением энергии – различные виды поглощения, при котором часть энергии излучения поглощается в веществе и увеличивается энергия электронов в нем. Внутренний фотоэффект в полупроводниках характеризуется квантовым выходом, т.е. числом неравновесных носителей, создаваемых каждым поглощенным фотоном. Чувствительность фотоприемника зависит от скорости генерации G , которая зависит от величины квантового выхода и определяется тем, на сколько сильно изменяются его электрические характеристики при облучении светом, т.е. зависит от квантового выхода и коэффициента излучения.

Наиболее чувствительными являются р-і-п фотодиоды, представляющие собой наиболее типичные фотоприемники с большим слоем собственной проводимости- оптимальное сочетание чувствительности и обеспечивают быстроедействие в них обуславливается малым влиянием процессов диффузии носителей. [3]

Фоторезистор – фотоэлектрический полупроводниковый приемник излучения, принцип действия которого основан на эффекте фотопроводимости: эффект заключается в том, что при освещении однородного полупроводника его электропроводность увеличивается.

Фототранзистор – фоточувствительный полупроводниковый приемник излучения, по структуре подобный транзистору и обеспечивающий внутреннее усиление сигнала. Можно представить его как фотодиод и транзистор, при этом фотодиод и коллекторный переход транзистора конструктивно объединены вследствие чего фототок суммируется с коллекторным током.

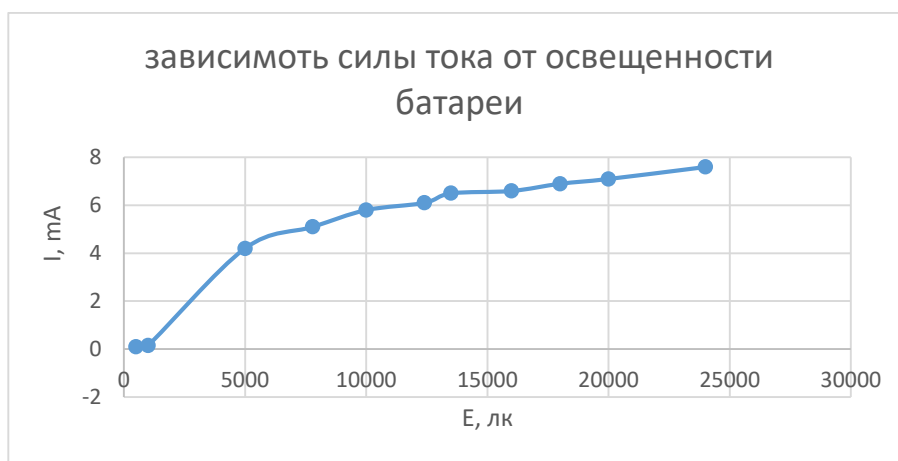
Вольт-амперную характеристику фоторезистора ФСК-1 получали в темноте при различных значениях освещённостях поверхности светочувствительного слоя фоторезистора.



При изменении напряжения, приложенного к фоторезистору находили зависимость силы тока. Получили линейную зависимость ВАХ характеристик у исследуемого фототранзистора.

В настоящее время в мире актуальная проблема поиска альтернативных источников энергии, что вызвало широкое развитие солнечной энергетики.[4] Солнечные батареи – фотодиоды, оптимизированные для прямого преобразования излучения солнца в электрическую энергию. Особенность солнечного преобразования заключается в том, что его спектральная область лежит в пределах длин волн 0,22-3мкм, как следствие максимальная отдаваемая в нагрузку электрическая мощность.

Результат измерения зависимости силы тока от освещенности батарее БСК-1 при R=270 Ом. БСК -2, фоточувствительны элемент.



Оптроны – взаимосвязанные пары излучатель-приемник и соответствующая схемотехника – предложены в 1955 году Лебнером[2]. Представляет собой прибор в котором излучатель и приемник оптически и конструктивно связаны. Элементарный оптрон включает в себя 1 источник и 1 приемник, поэтому носит элементарное название оптопара. Главная особенность оптрона заключается в двойном преобразовании энергии, обычно электрической в оптическую и обратно электрическим входом и выходом.

Оптроны не только имеет высокий уровень помехозащищенности и однонаправленности передачи сигнала, широкую частотную полосу пропускания, но и совместимость с другими приборами микроэлектроники, что вывело электронику на новый уровень.

Оптоэлектроника является одним из актуальных направления современной электроники. Оптоэлектронные приборы характеризуются исключительной функциональной широтой, они успешно используются в сфере информационных систем для работы с информацией. Оптоэлектроника достигла стадии промышленной зрелости. Как актуальное научно-техническое направление характеризуют следующие черты:

- увеличение емкости оптического канала за счет гальванической развязки оптрона;
- неразрывностью оптических и электронных процессов благодаря основным физическим методам и средствам;

- миниатюризация элементов, применение сверхчистых материалов – концепция технической основы;

- генерация информации путем преобразования внешних воздействий в соответствующие электрические и оптические сигналы- функциональное назначение оптоэлектроники.

Проведенные нами исследования дают возможность познакомить студентов физмата и старшеклассников с актуальными проблемами оптоэлектроники и солнечной энергетики не только на теоритической основе, но и используя практические исследования, что способствует увеличению числа талантливых изобретателей и руководителей, необходимых для успешного развития отечественной науки в России. Ключевой проблемой дальнейшего прогресса направления оптоэлектроники является проблема изготовления новых фотоприемников с улучшенными параметрами и характеристиками. Ведется поиск новых полупроводниковых соединений, на основе которых можно изготовить фотоэлектрические приборы с высоким коэффициентом полезного действия, высокой чувствительностью и инерционностью. Но при этом современная полупроводниковая электроника далеко продвинулась в вопросе выработки энергетики. Солнечные батареи используются повсеместно, но остается важной проблемой в разработке солнечных батарей эффективное преобразование энергии солнца. Повышать КПД солнечных батарей позволяет современная технология, основанная на пористом кремнии, получаемого при анодной электрохимической обработке монокристаллического кремния в растворах на основе плавиковой кислоты HF[4]. Обнаружение явления фотолюминесценции и сдвиг в коротковолновую область спектра пористого кремния значительно расширяет область применения различных оптических устройств.

Список литературы:

1. Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин, выпуск 2. Под ред. Шубович В.Г., Самохина С.С. Научное издание. Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им.И.Н.Ульянова», 2017-147с.
2. Гонда С., Сэко Д. Оптоэлектроника в вопросах и ответах: Пер. с япон.- Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989-184с.:ил.
3. Самохвалов М.К. Элементы и устройства оптоэлектроники: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям 654300 и 551100 №Проектирование и технология электронных средств»- Ульяновск; УлГТУ, 2003-126с.
4. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие/ В.В. Старостин -3-е изд.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012-431с

УДК 517, 51-7

ББК 22.161

Обобщенные функции как модели механических процессов

Коннов Евгений Юрьевич,

аспирант второго года обучения Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н. Ульянова

Научный руководитель:

Штраус Владимир Абрамович,

доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н. Ульянова

Аннотация. В работе рассмотрена задача о собственных колебаниях балки с сосредоточенной нагрузкой, которая решается методом разделения переменных с использованием техники обобщенных функций.

Ключевые слова: граничная задача, дельта-функция, вариация произвольных постоянных.

Теория обобщенных функций – одно из крупнейших достижений математики XX века. Обобщенные функции дают возможность в математически корректной форме выражать такие понятия, как плотность материальной точки, плотность точечного заряда или диполя, пространственную плотность простого или двойного слоя, интенсивность мгновенно действующего источника, интенсивность силы, приложенной к точке и т. д. (см., напр., [4]).

В данной статье рассматривается задача о колебаниях однородной балки, на которую действуют две сосредоточенные нагрузки. Применяется модификация классического метода разделения переменных, в которой используются обобщённые функции. Подход к рассматриваемой задаче является новым, имеет практические приложения. Используемый подход может быть перенесён на иные задачи математической физики, в которых требуется учитывать точечные воздействия.

Постановка задачи

Рассмотрим тонкую балку, концы которой свободно опираются на две опоры. Это означает, что концы балки не перемещаются, но наклоны балки в конечных точках могут изменяться (концы балки закреплены с помощью штифтовых устройств). Пусть материал балки имеет линейную плотность $\rho = \rho(x)$, при этом мы учитываем возможность существования у функции ρ разрывов, определяемых точечными грузами, сосредоточенными в некоторых её точках. В дальнейшем мы будем рассматривать случай, когда однородность материала балки нарушается только за счёт наличия таких точечных грузов, то есть масса участка балки от левого конца до переменной точки, движущейся к правому концу, меняется по ступенчатому закону. Если принять длину балки за единицу и направить ось Ox вдоль балки, то в указанных предположениях можно будет записать

$$m(x) = \rho_0 \cdot x + \sum_{x_k < x} m_k,$$

где ρ_0 – плотность основного материала балки, x_k – координаты точек, в которых расположены сосредоточенные дополнительные нагрузки, m_k – соответствующие массы, $k = 1, \dots, n$, $0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n < 1$. Иначе говоря,

$$m(x) = \rho_0 \cdot x + \sum_{k=1}^n m_k \cdot \theta(x - x_k),$$

где $\theta(x)$ – функция Хевисайда. В классическом случае непрерывности $m(x)$ имеем

$$m(x) = \int_0^x \rho(t) dt \Rightarrow \rho(x) = \frac{dm}{dx},$$

где $\rho(x)$ – линейная плотность балки в точке с координатой x . Используя аппарат обобщённых функций, для линейной плотности балки с учётом точечных нагрузок можно записать:

$$\rho(x) = \frac{d}{dx} m(x) = \rho_0 + \sum_{k=1}^n m_k \cdot \delta(x - x_k),$$

где $\delta(x)$ – дельта-функция Дирака, которую мы понимаем как функционал на пространстве основных функций (бесконечно дифференцируемых с компактным носителем), сопоставляющий любой основной функции её значение в точке 0, см. [1-4].

Будем решать задачу о малых колебаниях балки. Можно показать, что в сделанных предположениях сохраняется известное для классического случая (отсутствия сосредоточенных нагрузок) дифференциальное уравнение в частных производных, описывающее малые колебания стержня. В классическом случае его принято записывать в виде [6]:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \alpha^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^4} = 0, \quad \alpha^2 = \frac{K}{\rho(x)}, \quad (1)$$

где K – изгибная жесткость балки (постоянная величина). В нашем случае уравнение, аналогичное (1), можно записать в виде

$$\rho(x) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + K \frac{\partial^2 u}{\partial x^4} = 0. \quad (1')$$

При этом для нахождения закона колебаний $u = u(x, t)$ нужна следующая дополнительная информация:

- 1) начальные условия, определяющие форму балки и распределение скоростей её точек в момент времени $t = 0$:

$$\begin{cases} u(x, 0) = f(x), \\ u'_t(x, 0) = g(x); \end{cases} \quad (2)$$

- 2) граничные условия (длину балки примем за 1):

$$u(0; t) = u(1; t) = 0, \quad (3.1)$$

так как концы балки неподвижны;

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(0; t) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(1; t) = 0, \quad (3.2)$$

так как изгибающий момент в свободно опирающемся конце должен быть равен нулю.

Решение задачи методом разделения переменных

Для решения поставленной задачи воспользуемся одним из наиболее распространенных методов решения уравнений с частными производными - методом разделения переменных. Итак, будем искать решение уравнения (1') с начальными условиями (2) и граничными условиями (3.1, 3.2) в виде комбинации элементарных решений уравнения (1') вида

$$u(x, t) = X(x)T(t), \quad (4)$$

удовлетворяющих также граничным условиям (3.1, 3.2). Нас не интересуют тривиальные решения, равные нулю. Подставляя (4) в уравнение (1'), получим:

$$\begin{aligned} \frac{\rho(x)}{K} \frac{\partial^2 X(x)T(t)}{\partial t^2} + \frac{\partial^4 X(x)T(t)}{\partial x^4} &= 0, \\ \frac{\rho(x)}{K} X(x)T''(t) + T(t)X^{IV}(x) &= 0. \end{aligned}$$

Разделим обе части уравнения на выражение (4), тогда получим:

$$\begin{aligned} \frac{\rho(x)}{K} \cdot \frac{T''(t)}{T(t)} + \frac{X^{IV}(x)}{X(x)} &= 0, \\ \frac{\rho(x)}{K} \cdot \frac{T''(t)}{T(t)} &= -\frac{X^{IV}(x)}{X(x)}, \\ \frac{-\rho(x)X(x)}{KX^{IV}(x)} &= \frac{T(t)}{T''(t)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Чтобы функция (4) была решением уравнения (1'), равенство (5) должно удовлетворяться тождественно, то есть для всех значений независимых переменных $0 < x < 1, t > 0$. Правая часть равенства (5) является функцией только переменной t , а левая – только x . Фиксируя, например, некоторое значение x и меняя t (или наоборот), получим, что правая и левая части (5) при изменении своих аргументов сохраняют постоянное значение, то есть

$$\frac{-\rho(x)X(x)}{KX^{IV}(x)} = \frac{T(t)}{T''(t)} = const = \beta^{-1},$$

откуда получаем обыкновенные дифференциальные уравнения для определения функций $X(x)$ и $T(t)$:

$$\begin{cases} KX^{IV}(x) + \beta\rho(x)X(x) = 0, \\ T''(t) - \beta T(t) = 0, \end{cases} \quad \begin{matrix} X(x) \neq 0, \\ T(t) \neq 0 \end{matrix} \quad (6)$$

Подставляем (4) в граничные условия (3.1), (3.2):

$$\begin{aligned} X(0)T(t) = X(1)T(t) &= 0, \\ X''(0)T(t) = X''(1)T(t) &= 0, \end{aligned}$$

и после деления на $T(t) \neq 0$ получаем

$$X(0) = X(1) = 0, \quad X''(0) = X''(1) = 0. \quad (7)$$

Займемся сначала решением первого уравнения в (6), поскольку для $X(x)$ у нас есть граничные условия (7). Уравнение для X - это однородное уравнение четвёртого порядка. Его решение сильно зависит от того, положительной, отрицательной или нулевой будет константа β .

Подставляя в (6.1) $\rho(x) = \rho_0 + m_1\delta(x - x_1) + m_2\delta(x - x_2)$, получаем

$$KX^{IV}(x) + \beta X(x) (\rho_0 + m_1\delta(x - x_1) + m_2\delta(x - x_2)) = 0,$$

$$KX^{IV}(x) + \beta\rho_0X(x) + \beta m_1\delta(x - x_1)X(x) + \beta m_2\delta(x - x_2)X(x) = 0.$$

Подействовав дельта-функцией на $X(x)$, получим:

$$KX^{IV}(x) + \beta\rho_0X(x) + \beta m_1X(x_1)\delta(x - x_1) + \beta m_2X(x_2)\delta(x - x_2) = 0.$$

Получили граничную задачу типа задачи Штурма-Лиувилля (с обобщённой функцией в качестве коэффициента):

$$\begin{cases} KX^{IV}(x) + \beta\rho_0X(x) = -\beta X(x_1)m_1\delta(x - x_1) - \beta X(x_2)m_2\delta(x - x_2), \\ X(0) = X(1) = 0, \quad X''(0) = X''(1) = 0 \end{cases}$$

Решаем неоднородное уравнение, считая $X(x_1)$ и $X(x_2)$ константами. Для этого сначала находим решение однородного уравнения

$$KX^{IV}(x) + \beta\rho_0X(x) = 0.$$

1) Для $\beta = 0$: $X^{IV}(x) = 0$, общее решение $X(x) = C_1 + C_2x + C_3x^2 + C_4x^3$.

2) Для $\beta = -\omega^2 < 0$: $X^{IV}(x) - \frac{\omega^2\rho_0}{K}X(x) = 0$;

характеристическое уравнение $k^4 - \frac{\omega^2}{K}\rho_0 = 0$,

$$k_{1,2} = \pm\sqrt{\omega}\left(\frac{\rho_0}{K}\right)^{1/4} = \pm\lambda, \quad k_{3,4} = \pm i\sqrt{\omega}\left(\frac{\rho_0}{K}\right)^{1/4} = \pm i\lambda, \quad \text{где } \lambda = \sqrt{\omega}\left(\frac{\rho_0}{K}\right)^{1/4};$$

общее решение однородного уравнения

$$X(x) = C_1\text{ch}(\lambda x) + C_2\text{sh}(\lambda x) + C_3\cos(\lambda x) + C_4\sin(\lambda x).$$

3) Для $\beta = \omega^2 > 0$: $X^{IV}(x) + \frac{\omega^2\rho_0}{K}X(x) = 0$;

характеристическое уравнение $k^4 + \frac{\omega^2}{K}\rho_0 = 0$, $k = \left(-\omega^2\frac{\rho_0}{K}\right)^{1/4}$,

$$k_1 = \left(\omega^2\frac{\rho_0}{4K}\right)^{1/4}(1+i) = \frac{\lambda(1+i)}{\sqrt{2}}, \quad k_2 = \left(\omega^2\frac{\rho_0}{4K}\right)^{1/4}(-1+i) = \frac{\lambda(-1+i)}{\sqrt{2}},$$

$$k_3 = \left(\omega^2\frac{\rho_0}{4K}\right)^{1/4}(-1-i) = \frac{\lambda(-1-i)}{\sqrt{2}}, \quad k_4 = \left(\omega^2\frac{\rho_0}{4K}\right)^{1/4}(1-i) = \frac{\lambda(1-i)}{\sqrt{2}},$$

общее решение однородного уравнения $X(x) = C_1\exp\left(\frac{\lambda(1+i)}{\sqrt{2}}x\right) +$

$$C_2\exp\left(\frac{\lambda(-1+i)}{\sqrt{2}}x\right) + C_3\exp\left(\frac{\lambda(-1-i)}{\sqrt{2}}x\right) + C_4\exp\left(\frac{\lambda(1-i)}{\sqrt{2}}x\right).$$

Общее решение неоднородного уравнения с обобщёнными функциями в правой части получим, варьируя постоянные $C_1 = C_1(x)$, $C_2 = C_2(x)$, $C_3 = C_3(x)$, $C_4 = C_4(x)$. В данной статье мы рассмотрим только случаи $\beta = 0$, $\beta = -\omega^2 < 0$.

Если $\beta = 0$, то правая часть уравнения (6.1) обращается в нуль, и граничные условия (7) дают:

$$\begin{aligned} X(0) &= C_1 = 0; X(1) = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 0; \\ X''(x) &= (C_1 + C_2x + C_3x^2 + C_4x^3)'' = 2C_3 + 6C_4x \\ X''(0) &= 2C_3 = 0 \Rightarrow C_3 = 0; X''(1) = 2C_3 + 6C_4 = 0 \Rightarrow C_4 = 0 \Rightarrow C_2 = 0, \\ X(x) &\equiv 0 - \text{это тривиальное решение, оно нас не интересует.} \end{aligned}$$

Если $\beta = -\omega^2 < 0$, то

$$X(x) = C_1(x)\text{ch}(\lambda x) + C_2(x)\text{sh}(\lambda x) + C_3(x)\cos(\lambda x) + C_4(x)\sin(\lambda x), \quad (8)$$

и для определения множителей получаем систему уравнений

$$\begin{cases} C_1' \cdot \text{ch}(\lambda x) + C_2' \cdot \text{sh}(\lambda x) + C_3' \cdot \cos(\lambda x) + C_4' \cdot \sin(\lambda x) = 0, \\ C_1' \lambda \cdot \text{sh}(\lambda x) + C_2' \lambda \cdot \text{ch}(\lambda x) - C_3' \lambda \cdot \sin(\lambda x) + C_4' \lambda \cdot \cos(\lambda x) = 0, \\ C_1' \lambda^2 \cdot \text{ch}(\lambda x) + C_2' \lambda^2 \cdot \text{sh}(\lambda x) - C_3' \lambda^2 \cdot \cos(\lambda x) - C_4' \lambda^2 \cdot \sin(\lambda x) = 0, \\ C_1' \lambda^3 \cdot \text{sh}(\lambda x) + C_2' \lambda^3 \cdot \text{ch}(\lambda x) + C_3' \lambda^3 \cdot \sin(\lambda x) - C_4' \lambda^3 \cdot \cos(\lambda x) = G(x), \end{cases}$$

где $G(x) = \frac{\omega^2}{K} X(x_1) m_1 \delta(x - x_1) + \frac{\omega^2}{K} X(x_2) m_2 \delta(x - x_2)$. Выразим ω^2 через λ :

$$\lambda^4 = \frac{\omega^2 \rho_0}{K} \Rightarrow \omega^2 = \frac{\lambda^4 K}{\rho_0} \Rightarrow \frac{\omega^2}{K} = \frac{\lambda^4 K}{\rho_0 K} = \frac{\lambda^4}{\rho_0} \quad (\rho_0 \neq 0).$$

Приводя расширенную матрицу системы

$$\left(\begin{array}{cccc|c} \text{ch}(\lambda x) & \text{sh}(\lambda x) & \cos(\lambda x) & \sin(\lambda x) & 0 \\ \text{sh}(\lambda x) & \text{ch}(\lambda x) & -\sin(\lambda x) & \cos(\lambda x) & 0 \\ \text{ch}(\lambda x) & \text{sh}(\lambda x) & -\cos(\lambda x) & -\sin(\lambda x) & 0 \\ \text{sh}(\lambda x) & \text{ch}(\lambda x) & \sin(\lambda x) & -\cos(\lambda x) & G(x)/\lambda^3 \end{array} \right)$$

элементарными преобразованиями сначала к виду

$$\left(\begin{array}{cccc|c} 2\text{ch}(\lambda x) & 2\text{sh}(\lambda x) & 0 & 0 & 0 \\ 2\text{sh}(\lambda x) & 2\text{ch}(\lambda x) & 0 & 0 & G(x)/\lambda^3 \\ 0 & 0 & 2\cos(\lambda x) & 2\sin(\lambda x) & 0 \\ 0 & 0 & 2\sin(\lambda x) & -2\cos(\lambda x) & G(x)/\lambda^3 \end{array} \right),$$

а затем к виду

$$\left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & -\operatorname{sh}(\lambda x)G(x)/2\lambda^3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \operatorname{ch}(\lambda x)G(x)/2\lambda^3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \sin(\lambda x)G(x)/2\lambda^3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -\cos(\lambda x)G(x)/2\lambda^3 \end{array} \right),$$

получаем:

$$C_1' = -\frac{G(x)\operatorname{sh}(\lambda x)}{2\lambda^3}, C_2' = \frac{G(x)\operatorname{ch}(\lambda x)}{2\lambda^3}, C_3' = \frac{G(x)\sin(\lambda x)}{2\lambda^3}, C_4' = -\frac{G(x)\cos(\lambda x)}{2\lambda^3},$$

$$\text{причём } \frac{G(x)}{2\lambda^3} = \frac{\lambda}{2\rho_0} X(x_1)m_1\delta(x-x_1) + \frac{\lambda}{2\rho_0} X(x_2)m_2\delta(x-x_2),$$

откуда

$$\begin{aligned} C_1(x) &= -\frac{\lambda}{2\rho_0} (m_1 X(x_1) \int \operatorname{sh}(\lambda x)\delta(x-x_1)dx + m_2 X(x_2) \int \operatorname{sh}(\lambda x)\delta(x-x_2)dx) = \\ &= -\frac{\lambda}{2\rho_0} (m_1 X(x_1)\operatorname{sh}(\lambda x_1) \int \delta(x-x_1)dx + m_2 X(x_2)\operatorname{sh}(\lambda x_2) \int \delta(x-x_2)dx) = \\ &= -\frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1)\operatorname{sh}(\lambda x_1)\theta(x-x_1) - \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2)\operatorname{sh}(\lambda x_2)\theta(x-x_2) + C_1. \end{aligned}$$

Аналогично,

$$\begin{aligned} C_2(x) &= \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1)\operatorname{ch}(\lambda x_1)\theta(x-x_1) + \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2)\operatorname{ch}(\lambda x_2)\theta(x-x_2) + C_2, \\ C_3(x) &= \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1)\sin(\lambda x_1)\theta(x-x_1) + \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2)\sin(\lambda x_2)\theta(x-x_2) + C_3, \\ C_4(x) &= -\frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1)\cos(\lambda x_1)\theta(x-x_1) - \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2)\cos(\lambda x_2)\theta(x-x_2) + \\ &C_4, \end{aligned}$$

так что окончательно

$$\begin{aligned} X(x) &= \\ &= \frac{\lambda}{2\rho_0} (-m_1 X(x_1)\operatorname{sh}(\lambda x_1)\theta(x-x_1)\operatorname{ch}(\lambda x) + m_1 X(x_1)\operatorname{ch}(\lambda x_1)\theta(x-x_1)\operatorname{sh}(\lambda x) - \\ &m_2 X(x_2)\operatorname{sh}(\lambda x_2)\theta(x-x_2)\operatorname{ch}(\lambda x) + m_2 X(x_2)\operatorname{ch}(\lambda x_2)\theta(x-x_2)\operatorname{sh}(\lambda x) + \\ &m_1 X(x_1)\sin(\lambda x_1)\theta(x-x_1)\cos(\lambda x) - m_1 X(x_1)\cos(\lambda x_1)\theta(x-x_1)\sin(\lambda x) + \\ &m_2 X(x_2)\sin(\lambda x_2)\theta(x-x_2)\cos(\lambda x) - m_2 X(x_2)\cos(\lambda x_2)\theta(x-x_2)\sin(\lambda x)) + \\ &C_1 \operatorname{ch}(\lambda x) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x) + C_3 \cos(\lambda x) + C_4 \sin(\lambda x) = \\ &= \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1)\theta(x-x_1) (\sin(\lambda(x_1-x)) - \operatorname{sh}(\lambda(x_1-x))) + \end{aligned}$$

$$+ \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \theta(x - x_2) \left(\sin(\lambda(x_2 - x)) - \operatorname{sh}(\lambda(x_2 - x)) \right) + \\ + C_1 \operatorname{ch}(\lambda x) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x) + C_3 \cos(\lambda x) + C_4 \sin(\lambda x).$$

Введем обозначение: $P(s) = \operatorname{sh} s - \sin s$, тогда $P(0) = P'(0) = P''(0) = 0$;

$$X(x) = \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \theta(x - x_1) P(\lambda(x - x_1)) + \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \theta(x - x_2) P(\lambda(x - x_2)) + \\ + C_1 \operatorname{ch}(\lambda x) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x) + C_3 \cos(\lambda x) + C_4 \sin(\lambda x) \quad (9)$$

В частности,

$$X(x_1) = \frac{\lambda}{2\rho} m_1 X(x_1) \theta(x_1 - x_1) P(\lambda(x_1 - x_1)) + \\ + \frac{\lambda}{2\rho} m_2 X(x_2) \theta(x_1 - x_2) P(\lambda(x_1 - x_2)) + \\ + C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_1) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_1) + C_3 \cos(\lambda x_1) + C_4 \sin(\lambda x_1) = \\ = C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_1) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_1) + C_3 \cos(\lambda x_1) + C_4 \sin(\lambda x_1);$$

$$X(x_2) = \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \theta(x_2 - x_1) P(\lambda(x_2 - x_1)) + \\ + \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \theta(x_2 - x_2) P(\lambda(x_2 - x_2)) + \\ + C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_2) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_2) + C_3 \cos(\lambda x_2) + C_4 \sin(\lambda x_2) = \\ = \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1) P(\lambda(x_2 - x_1)) + C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_2) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_2) + C_3 \cos(\lambda x_2) + \\ + C_4 \sin(\lambda x_2) = \\ = \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 (C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_1) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_1) + C_3 \cos(\lambda x_1) + C_4 \sin(\lambda x_1)) P(\lambda(x_2 - x_1)) + \\ + C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_2) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_2) + C_3 \cos(\lambda x_2) + C_4 \sin(\lambda x_2)$$

Подставляя полученные выражения в (9) и используя граничные условия, получаем

$$X(0) = 0 \Rightarrow C_1 + C_3 = 0; \quad (10.1)$$

$$X(1) = 0 \Rightarrow \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1) P(\lambda(1 - x_1)) + \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2) P(\lambda(1 - x_2)) + \\ + C_1 \operatorname{ch}\lambda + C_2 \operatorname{sh}\lambda + C_3 \cos\lambda + C_4 \sin\lambda = 0;$$

$$\frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 (C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_1) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_1) + C_3 \cos(\lambda x_1) + C_4 \sin(\lambda x_1)) P(\lambda(1 - x_1))$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 \left(\frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 (C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_1) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_1) + C_3 \cos(\lambda x_1) + C_4 \sin(\lambda x_1)) P(\lambda(x_2 - x_1)) + \right. \\
 & \quad \left. C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_2) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_2) + C_3 \cos(\lambda x_2) + C_4 \sin(\lambda x_2) \right) P(\lambda(1 - x_2)) + \\
 & \quad C_1 \operatorname{ch} \lambda + C_2 \operatorname{sh} \lambda + C_3 \cos \lambda + C_4 \sin \lambda = 0. \quad (10.2)
 \end{aligned}$$

Чтобы использовать оставшиеся граничные условия, сначала найдем первую производную:

$$\begin{aligned}
 X'(x) &= \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \left(\delta(x - x_1) P(\lambda(x - x_1)) + \theta(x - x_1) \cdot \lambda P'(\lambda(x - x_1)) \right) + \\
 & \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \left(\delta(x - x_2) P(\lambda(x - x_2)) + \theta(x - x_2) \cdot \lambda P'(\lambda(x - x_2)) \right) + \\
 & \quad + \lambda C_1 \operatorname{sh}(\lambda x) + \lambda C_2 \operatorname{ch}(\lambda x) - \lambda C_3 \sin(\lambda x) + \lambda C_4 \cos(\lambda x) = \\
 &= \frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \left(P(\lambda(x_1 - x_1)) \delta(x - x_1) + \theta(x - x_1) \cdot \lambda P'(\lambda(x - x_1)) \right) + \\
 & \frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \left(P(\lambda(x_2 - x_2)) \delta(x - x_2) + \theta(x - x_2) \cdot \lambda P'(\lambda(x - x_2)) \right) + \\
 & \quad + \lambda C_1 \operatorname{sh}(\lambda x) + \lambda C_2 \operatorname{ch}(\lambda x) - \lambda C_3 \sin(\lambda x) + \lambda C_4 \cos(\lambda x) = \\
 &= \frac{\lambda^2}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \theta(x - x_1) P'(\lambda(x - x_1)) + \frac{\lambda^2}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \theta(x - x_2) P'(\lambda(x - x_2)) + \\
 & \quad + \lambda C_1 \operatorname{sh}(\lambda x) + \lambda C_2 \operatorname{ch}(\lambda x) - \lambda C_3 \sin(\lambda x) + \lambda C_4 \cos(\lambda x).
 \end{aligned}$$

Найдем вторую производную

$$\begin{aligned}
 X''(x) &= \frac{\lambda^2}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \left(\delta(x - x_1) P'(\lambda(x - x_1)) + \theta(x - x_1) \cdot \lambda P''(\lambda(x - x_1)) \right) + \\
 & \frac{\lambda^2}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \left(\delta(x - x_2) P'(\lambda(x - x_2)) + \theta(x - x_2) \cdot \lambda P''(\lambda(x - x_2)) \right) + \\
 & \quad + \lambda^2 C_1 \operatorname{ch}(\lambda x) + \lambda^2 C_2 \operatorname{sh}(\lambda x) - \lambda^2 C_3 \cos(\lambda x) - \\
 & \quad - \lambda^2 C_4 \sin(\lambda x) = \\
 &= \frac{\lambda^2}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \left(P'(\lambda(x_1 - x_1)) \delta(x - x_1) + \theta(x - x_1) \cdot \lambda P''(\lambda(x - x_1)) \right) + \\
 & \frac{\lambda^2}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \left(P'(\lambda(x_2 - x_2)) \delta(x - x_2) + \theta(x - x_2) \cdot \lambda P''(\lambda(x - x_2)) \right) + \\
 & \quad + \lambda^2 C_1 \operatorname{ch}(\lambda x) + \lambda^2 C_2 \operatorname{sh}(\lambda x) - \lambda^2 C_3 \cos(\lambda x) - \lambda^2 C_4 \sin(\lambda x) \\
 &= \\
 &= \frac{\lambda^3}{2\rho_0} m_1 X(x_1) \theta(x - x_1) P''(\lambda(x - x_1)) + \frac{\lambda^3}{2\rho_0} m_2 X(x_2) \theta(x - x_2) P''(\lambda(x - x_2)) +
 \end{aligned}$$

$$+ \lambda^2 C_1 \operatorname{ch}(\lambda x) + \lambda^2 C_2 \operatorname{sh}(\lambda x) - \lambda^2 C_3 \cos(\lambda x) - \lambda^2 C_4 \sin(\lambda x).$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2 X}{dx^2}(0) = 0 &\Rightarrow \lambda^2 C_1 - \lambda^2 C_3 = 0 \Rightarrow C_1 - C_3 \\ &= 0; \end{aligned} \quad (10.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2 X}{dx^2}(1) = 0 &\Rightarrow \frac{\lambda^3}{2\rho_0} m_1 X(x_1) P''(\lambda(1-x_1)) + \frac{\lambda^3}{2\rho} m_2 X(x_2) P''(\lambda(1-x_2)) + \\ &\lambda^2 (C_1 \operatorname{ch}\lambda + C_2 \operatorname{sh}\lambda - C_3 \cos\lambda - C_4 \sin\lambda) = 0; \end{aligned}$$

подставляя выражения для $X(x_1)$ и $X(x_2)$ в последнее равенство и сокращая на λ^2 , получаем

$$\begin{aligned} &\frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 (C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_1) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_1) + C_3 \cos(\lambda x_1) + C_4 \sin(\lambda x_1)) P''(\lambda(1-x_1)) + \\ &\frac{\lambda}{2\rho_0} m_2 \left(\frac{\lambda}{2\rho_0} m_1 (C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_1) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_1) + C_3 \cos(\lambda x_1) + C_4 \sin(\lambda x_1)) P(\lambda(x_2 - \right. \\ &x_1)) + C_1 \operatorname{ch}(\lambda x_2) + C_2 \operatorname{sh}(\lambda x_2) + C_3 \cos(\lambda x_2) + C_4 \sin(\lambda x_2) \left. \right) P''(\lambda(1-x_2)) \\ &+ C_1 \operatorname{ch}\lambda + C_2 \operatorname{sh}\lambda - C_3 \cos\lambda - C_4 \sin\lambda = 0. \end{aligned} \quad (10.4)$$

Равенства (10.1) и (10.3) дают $C_1 = C_3 = 0$, с учётом этого (10.2) и (10.4)

принимают соответственно вид

$$\begin{aligned} &C_2 \left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2 - x_1)) P(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_1)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \right. \\ &\left. \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_2) + \operatorname{sh}\lambda \right) + C_4 \left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2 - x_1)) P(\lambda(1-x_2)) \right. \\ &\left. \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_1)) \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_2)) \sin(\lambda x_2) + \sin\lambda \right) = \\ &0; \\ &C_2 \left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2 - x_1)) P''(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_1)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \right. \\ &\left. \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_2) + \operatorname{sh}\lambda \right) + C_4 \left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2 - x_1)) P''(\lambda(1-x_2)) \right. \\ &\left. \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_1)) \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_2)) \sin(\lambda x_2) - \sin\lambda \right) = \\ &0. \end{aligned}$$

Система двух последних уравнений относительно C_2, C_4 должна иметь нетривиальные решения, откуда получаем:

$$\begin{aligned} &\left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2 - x_1)) P(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_1)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \right. \\ &\left. \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_2) + \operatorname{sh}\lambda \right) \cdot \left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2 - x_1)) P''(\lambda(1-x_2)) \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & x_2)) \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_1)) \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_2)) \sin(\lambda x_2) - \\
 & \sin\lambda) - \\
 & - \left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2-x_1)) P''(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_1)) \operatorname{sh}(\lambda x_1) + \right. \\
 & \left. \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P''(\lambda(1-x_2)) \operatorname{sh}(\lambda x_2) + \operatorname{sh}\lambda \right) \cdot \left(\frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} P(\lambda(x_2-x_1)) P(\lambda(1-x_2)) \right. \\
 & \left. x_2)) \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_1)) \sin(\lambda x_1) + \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} P(\lambda(1-x_2)) \sin(\lambda x_2) + \right. \\
 & \left. \sin\lambda \right) = 0,
 \end{aligned}$$

или, после упрощения,

$$\begin{aligned}
 & \frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} \operatorname{sh}\lambda \cdot \sin(\lambda x_1) \cdot P(\lambda(x_2-x_1)) \left(P''(\lambda(1-x_2)) - P(\lambda(1-x_2)) \right) - \\
 & - \frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} \operatorname{sh}(\lambda x_1) \cdot \sin\lambda \cdot P(\lambda(x_2-x_1)) \left(P''(\lambda(1-x_2)) + P(\lambda(1-x_2)) \right) + \\
 & + \frac{\lambda^2 m_1 m_2}{4\rho_0^2} \left(\operatorname{sh}(\lambda x_1) \cdot \sin(\lambda x_2) - \operatorname{sh}(\lambda x_2) \cdot \sin(\lambda x_1) \right) \left(P(\lambda(1-x_1)) P''(\lambda(1-x_2)) - \right. \\
 & \left. x_2)) - P''(\lambda(1-x_1)) P(\lambda(1-x_2)) \right) - \\
 & - \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} \operatorname{sh}(\lambda x_1) \cdot \sin\lambda \left(P''(\lambda(1-x_1)) + P(\lambda(1-x_1)) \right) - \\
 & - \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} \operatorname{sh}(\lambda x_2) \cdot \sin\lambda \left(P''(\lambda(1-x_2)) + P(\lambda(1-x_2)) \right) + \\
 & + \frac{\lambda m_1}{2\rho_0} \operatorname{sh}\lambda \cdot \sin(\lambda x_1) \left(P''(\lambda(1-x_1)) - P(\lambda(1-x_1)) \right) + \\
 & + \frac{\lambda m_2}{2\rho_0} \operatorname{sh}\lambda \cdot \sin(\lambda x_2) \left(P''(\lambda(1-x_2)) - P(\lambda(1-x_2)) \right) - 2\operatorname{sh}\lambda \cdot \sin\lambda = 0.
 \end{aligned}$$

Учитывая, что $P(s) = \operatorname{sh} s - \sin s$, $P''(s) = \operatorname{sh} s + \sin s$,

$$P''(s) + P(s) = 2 \operatorname{sh} s, P''(s) - P(s) = 2 \sin s,$$

$$\begin{aligned}
 P(s_1) \cdot P''(s_2) - P(s_2) \cdot P''(s_1) &= (\operatorname{sh} s_1 - \sin s_1)(\operatorname{sh} s_2 + \sin s_2) - \\
 - (\operatorname{sh} s_2 - \sin s_2)(\operatorname{sh} s_1 + \sin s_1) &= 2(\operatorname{sh} s_1 \sin s_2 - \sin s_1 \operatorname{sh} s_2),
 \end{aligned}$$

приводим уравнение к виду

$$\begin{aligned}
 & \frac{\lambda^2 m_1 m_2}{2\rho_0^2} \left((\operatorname{sh}(\lambda(x_2-x_1)) - \sin(\lambda(x_2-x_1))) (\operatorname{sh}\lambda \cdot \sin(\lambda x_1) \cdot \sin(\lambda(1-x_2)) - \right. \\
 & \left. - \sin\lambda \cdot \operatorname{sh}(\lambda x_1) \cdot \operatorname{sh}(\lambda(1-x_2))) + (\operatorname{sh}(\lambda x_1) \cdot \sin(\lambda x_2) - \operatorname{sh}(\lambda x_2) \cdot \right. \\
 & \left. \sin(\lambda x_1)) (\operatorname{sh}(\lambda(1-x_1)) \sin(\lambda(1-x_2)) - \sin(\lambda(1-x_1)) \operatorname{sh}(\lambda(1-x_2))) \right) -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{\lambda m_1}{\rho_0} \sin \lambda \cdot \operatorname{sh}(\lambda x_1) \cdot \operatorname{sh}(\lambda(1-x_1)) - \frac{\lambda m_2}{\rho_0} \sin \lambda \cdot \operatorname{sh}(\lambda x_2) \cdot \operatorname{sh}(\lambda(1-x_2)) + \\
 & + \frac{\lambda m_1}{\rho_0} \operatorname{sh} \lambda \cdot \sin(\lambda x_1) \cdot \sin(\lambda(1-x_1)) + \frac{\lambda m_2}{\rho_0} \operatorname{sh} \lambda \cdot \sin(\lambda x_2) \cdot \sin(\lambda(1-x_2)) - \\
 & - 2 \operatorname{sh} \lambda \cdot \sin \lambda = 0. \tag{11}
 \end{aligned}$$

Для фиксированного корня λ уравнения (11) соответствующая $X(x)$ из (9) функция $T(t)$ определяется из уравнения

$$\frac{T(t)}{T''(t)} = -\omega^{-2}, \quad \frac{d^2 T}{dt^2} + \omega^2 T = 0, \quad T = a \sin(\omega t) + b \cos(\omega t),$$

где $\omega = \sqrt{\frac{\lambda^4 K}{\rho_0}}$ Таким образом, мы получаем частное решение исходного уравнения в частных производных вместе с заданными граничными условиями того специального вида, который мы искали. В общем случае ни одно этих частных решений не удовлетворяет начальным условиям, и решение задачи, как обычно, приходится искать в виде ряда по найденным функциям специального вида. Таким образом, для завершения решения задачи требуется исследовать уравнение (11) с точки зрения количества и расположения его корней, а также рассмотреть случай $\beta = -\omega^2 < 0$, за счёт которого могут возникнуть дополнительные составляющие сложного движения.

Список литературы

1. Александров, В.А. Обобщённые функции: Учеб. пособие [Текст] / В. А. Александров. – Новосибирск : Новосиб. гос. ун-т, 2005. – 46 с.
2. Гельфанд, И.М. Обобщенные функции и действия над ними [Текст] / И.М. Гельфанд, Г.Е. Шиллов. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1959. – 470 с.
3. Дрожжинов, Ю. Н. Введение в теорию обобщенных функций [Текст] / Ю. Н. Дрожжинов, Б. И. Завьялов // Лекционные курсы НОЦ. – Вып.5. – М.: Математический институт им. В. А. Стеклова РАН, 2006. – 164 с.

4. Кеч, В. Введение в теорию обобщенных функций с приложениями в технике [Текст] / В. Кеч, П. Теодореску. – М. : Мир, 1978. – 520 с.
5. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Текст] / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – М. : Физматлит, 2004. – 572 с.
6. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров. – М. : Мир, 1985. - 384 с.

УДК: 537

ББК 22.31

Силовое взаимодействие в жгутах многослойных углеродных нанотрубок: оценочный теоретический расчёт

Шмыгова Ирина Сергеевна,

студентка группы фм-13 факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Россия

Чаадаев Александр Алексеевич,

Заведующий лабораториями кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Проведён теоретический расчёт для определения силового взаимодействия углеродных нанотрубок в жгутах на основании модели плотного заполнения. Получены выражения, позволяющие определить константу взаимодействия трубок в жгуте. Предложен метод определения константы Гамакера на основании данных расчётов с использованием электрогидравлического эффекта.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, взаимодействие нанотрубок, постоянная Гамакера.

Введение

Углеродные нанотрубки являются уникальными макромолекулярными соединениями углерода, не имеющие аналогов в природе. Они обладают множеством свойств, которые делают их привлекательными для исследователей. К примеру, высокая электрическая проводимость, наивысшая из известных материалов прочность на разрыв, несмачиваемость и другие свойства уже в настоящее время позволяют создавать и исследовать уникальные материалы.

Было показано [1, с. 65], что добавление диспергированных многослойных углеродных нанотрубок в количестве 0,006-0,042% от массы вяжущего позволяет получить прирост прочности цементных паст до 269%.

Однако важным является условие диспергирования, обеспечивающее максимальное поверхностное взаимодействие трубок с основным материалом. И в этом состоит основная трудность, т.к. нанотрубки склонны к формированию агломератов, не поддающихся в обычных условиях разделению. Т.о. для обеспечения дисперсии необходимо знать величину взаимодействия и обеспечить условия для его преодоления.

Целью данной работы является проведение оценочного теоретического расчёта дисперсионного взаимодействия углеродных нанотрубок в жгутах.

Задачи, решаемые в ходе данной работы:

- Рассмотреть особенности взаимодействия трубок в жгутах;
- На основе модели плотной упаковки произвести расчёт силового взаимодействия и постоянной Гамакера;

- Предложить методы практического исследования взаимодействия на основании приведённых расчётов.

Модель взаимодействующих нанотрубок в плотноупакованных жгутах с полным заполнением внешних слоёв

Наиболее распространённые методы получения углеродных нанотрубок, такие как например метод осаждения металлорганических соединений из парогазовой фазы (Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD) (к примеру на парах толуола [3, с. 569]) приводят к образованию материала, содержащего около 90% углеродных нанотрубок, формирующих крупные образования в виде жгутов. Получение таких эффектов увеличения прочности, как было указано во введении, возможно только в случае эффективного дробления этих жгутов и формирований.

Наличие подобных формирований обусловлено тем, что УНТ представляют собой макромолекулы, межмолекулярное взаимодействие которых превосходит взаимодействие каждой отдельно взятой УНТ с молекулами растворителя.

Мы рассматривали возможность диспергирования УНТ в воде в условиях электрогидравлического воздействия.

Как известно, электрогидравлический удар в жидкости может локально приводить к сверхвысоким давлениям (до $2 \cdot 10^{10}$ Па) [6, с. 21]. Это позволяет рассматривать данный метод воздействия на УНТ как перспективный для диспергирования и разделения пучков УНТ.

Прочность на разрыв у углеродных нанотрубок составляет примерно 70 ГПа [4], что говорит о маловероятном разрушении трубок в результате сверхвысоких давлений, получаемых при электрогидравлических воздействиях. Но в жгутах трубки объединены не сильными ковалентными связями, как атомы углерода в самой макромолекуле, а силами межмолекулярного взаимодействия. Эти силы значительно слабее.

Как известно [4, с. 8], полная энергия взаимодействия молекул (Ван-дер-Ваальсовское взаимодействие) описывается выражением:

$$U_m = -\frac{C_m}{r^6} \quad (1)$$

Где C_m – постоянная сил Ван-дер-Ваальса.

А сила взаимодействия между твёрдыми поверхностями (на единицу площади):

$$F_{ss} = -\frac{A_H}{6\pi h_l^3} \quad (2)$$

где A_H – постоянная Гамакера, h_l – расстояние между поверхностями.

Рассмотрим углеродные нанотрубки как цилиндрические взаимодействующие поверхности. Примем за расстояние между поверхностями расстояние между слоями в многослойной УНТ, которое составляет около 0,34 нм [2, с. 946].

$$h_l = 0,34 \text{ нм} \quad (3)$$

Мы исследовали жгуты трубок, полученные методом МOCVD в Лаборатории физико-химического анализа УНИ ФГБОУ ВПО УлГТУ под руководством Е.С. Климова. Результаты оптических наблюдений позволяют установить, что размеры жгутов составляют порядка 1 мкм в диаметре ($D_{ж}$) и 60 мкм длиной (l). Оценим число многослойных трубок в подобном жгуте. Для этого примем для простоты, что каждая многослойная трубка имеет внутренний диаметр D_{in} около 2 нм и число слоёв в количестве около 10, что с учётом расстояния между слоями даёт внешний диаметр:

$$D = D_{in} + 2n \cdot 0.34 = 2 + 20 \cdot 0.34 = 8.8 \text{ нм} \quad (4)$$

Все линейные параметры могут быть определены на основании микроскопических исследований материала.

Рассмотрим модель, в которой нанотрубки в жгуте представляют собой плотноупакованные гексагоны (в поперечном сечении). Тогда мы можем оценить количество трубок в жгуте следующим образом.

Простые рассуждения приводят к тому, что количество гексагонов при полном заполнении оболочки уровня k составляет:

$$N \approx 1 + 6 \sum_{i=1}^k i \quad (5)$$

Сумма равна:

$$\sum_{i=1}^k i = \frac{k(k+1)}{2} \quad (6)$$

Т.о.

$$N \approx 1 + 6 \frac{k(k+1)}{2} = 1 + 3k(k+1) \quad (7)$$

Но радиус жгута уровня k равен:

$$r_k = k \cdot \frac{D^*}{2}, \quad (8)$$

где D^* представляет собой «эффективный диаметр» трубки, т.е. диаметр с учётом расстояния между поверхностями углеродных трубок в жгуте

$$D^* = D + h_l \quad (9)$$

Тогда:

$$k = \frac{2r_k}{D + h_l} \quad (10)$$

И

$$N \approx 1 + 3 \frac{2r_k}{D + h_l} \left(\frac{2r_k}{D + h_l} + 1 \right) = 1 + \frac{3}{(D + h_l)^2} (4r_k^2 + 2r_k(D + h_l)) \quad (11)$$

Зная диаметр жгута $D_{ж}$, можно рассчитать количество трубок:

$$r_{k_{max}} = \frac{D_{ж}}{2} \quad (12)$$

$$N \approx 1 + \frac{3}{(D + h_l)^2} \left(4 \left(\frac{D_{ж}}{2} \right)^2 + 2 \frac{D_{ж}}{2} (D + h_l) \right)$$

$$N \approx 1 + \frac{3}{(D + h_l)^2} (D_{ж}^2 + D_{ж}(D + h_l)) \quad (13)$$

При определённых выше условиях количество трубок составляет примерно 36241.

Число трубок при полном заполнении во внешнем слое равно:

$$N_{k_{max}} = 6 \cdot k_{max} \quad (14)$$

Что с учётом

$$k_{max} = \frac{2r_{k_{max}}}{D + h_l} = \frac{D_{ж}}{D + h_l} \quad (15)$$

даёт:

$$N_{k_{max}} = \frac{6D_{ж}}{D + h_l} \quad (16)$$

Как следует из смысла построения модели, площадь поверхности контакта соседних УНТ зависит от размера жгута. Можно показать, что суммарная поверхность взаимодействия может быть найдена как:

$$S_k = S_{УНТ} \quad (17)$$

или

$$S_k = S_{УНТ} \left(\frac{3}{2} (k + 1)k - k - 3 \right) \quad (18)$$

где площадь поверхности поверхности трубки:

$$S_{\text{УНТ}} = l \cdot \pi D^* = \pi l(D + h_l) \quad (19)$$

Т.о.

$$S_k = \pi l(D + h_l) \left(\frac{3}{2} \left(\frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} + 1 \right) \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - 3 \right) \quad (20)$$

Суммарная сила взаимодействия с учётом границы составит:

$$F_S = F_{SS} S_k \quad (21)$$

$$F_S = -\frac{\pi l A_H}{6\pi h_l^3} (D + h_l) \left(\frac{3}{2} \left(\frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} + 1 \right) \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - 3 \right)$$

$$F_S = -A_H \frac{l}{6h_l^3} (D + h_l) \left(\frac{3}{2} \left(\frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} + 1 \right) \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - 3 \right) \quad (22)$$

При возникновении ударной волны в локальной области вблизи канала разряда при электрогидравлическом воздействии сила давления на жгут приближённо может быть рассчитана следующим образом:

$$F \approx P \cdot S_{\perp} = P l D_{\text{ж}} \quad (23)$$

При выполнении условия $F \geq -F_S$ можно ожидать полного расщепления жгута на отдельные составляющие трубки. Следовательно, из предельного равенства

$$F = -F_S \quad (24)$$

имеем:

$$P l D_{\text{ж}} = A_H \frac{l}{6h_l^3} (D + h_l) \left(\frac{3}{2} \left(\frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} + 1 \right) \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - 3 \right)$$

$$P D_{\text{ж}} = \frac{A_H}{6h_l^3} (D + h_l) \left(\frac{3}{2} \left(\frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} + 1 \right) \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - \frac{D_{\text{ж}}}{D + h_l} - 3 \right) \quad (25)$$

И

$$A_H = \frac{6PD_{ж}h_l^3}{(D + h_l) \left(\frac{3}{2} \left(\frac{D_{ж}}{D + h_l} + 1 \right) \frac{D_{ж}}{D + h_l} - \frac{D_{ж}}{D + h_l} - 3 \right)} \quad (26)$$

Выводы и их обсуждение

Т.о. можно оценить величину постоянной Гамакера для углеродных многослойных нанотрубок на основании эксперимента по расщеплению жгутов на отдельные трубки, используя для расчёта выражение (27).

Можно предположить, что в случае неполного разбиения жгута на крупные фрагменты также имеется возможность расчёта этой постоянной. Для этого следует учесть размеры фрагментов, и на основе рассчитать поверхность, по которой произошёл разрыв.

Кроме того, используя равенство (24) можно предсказать, какая поверхность межмолекулярного взаимодействия будет дезинтегрирована, а, следовательно, можно подсчитать число «осколков», что в свою очередь позволяет сделать вывод о степени гомогенизации раствора.

Отметим, что приведённые расчёты являются оценочными и позволяют в общем оценить результат воздействия на жгут со стороны ударных волн сверхвысоких давлений.

Знание о силе взаимодействия между макромолекулами позволяет прогнозировать свойства материалов, получаемых на основе УНТ и с их примесями.

Список литературы

1. Sanchez, F. Nanotechnology in Concrete – a Review / F. Sanchez, K. Sobolev // Construction and Building Materials. – 2010. – No 24 (11). – P. 60–71.
2. Елецкий А. В. // УФН. Том 167, №9. Сентябрь 1997. Стр. 945-972.
3. Климов Е.С., Исаев А.В., Ницев К.Н., Пыненко А.А., Горин Д.А.,

- Браташов Д.Н., Давыдова О.А., Бузаева М.В., Ваганова Е.С..
Изменение структуры многостенных углеродных нанотрубок при физико-химической обработке// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16, №4(3), 2014, стр. 568-571.
4. Ролдугин В. И. Лекции по коллоидной химии. Лекция 4. Поверхностная энергия взаимодействия между молекулами: [сайт]. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/colloid-rolugin-lectures/04.pdf> (дата обращения 31.05.2017)
5. Шмыгова И.С., Чаадаев А.А. Электропроводность однослойных углеродных нанотрубок: теоретический анализ методов определения по индексам хиральности [Электронный ресурс] // НАУКА ONLINE. — Электрон. журн. — 2017. — №1. — Режим доступа: <http://journal-no.ulspu.ru>.
6. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. — 253 с., ил.

Информатика, вычислительная техника и управление

УДК 004:338.24

ББК 32.81

Компьютерные информационные технологии в социальном управлении

Веденеева А.А.,

Ульяновский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Ульяновск, Россия.

Сайфутдинов Рафаэль Амирович,

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

Аннотация. В настоящее время одной из самых значимых проблем, возникающих в социальном управлении, является совершенствование социальной системы. В современном обществе не может быть стабильности и прогресса без эффективного функционирования данной системы. Дальнейшее развитие социальной сферы так же невозможно без коммуникационного процесса, а в частности, без обмена информации. Применение информационных технологий является одним из направлений повышения эффективности деятельности, которые обладают большими возможностями для осуществления социального управления, а также рядом преимущественных свойств, которые будут обозначены в данной статье. Внедрение компьютерных технологий играет значимую роль в развитии и функционировании социальной сферы. Без использования компьютерных технологий невозможно принять обоснованные решения, касающихся оценки состояния социальной сферы, а также возможных направлений её реформирования и модернизации.

Ключевые слова: компьютерные технологии; информационные технологии; информация; информатизация; социальное управление; социальная сфера.

Текст статьи: На сегодняшний день совершенствование социальной системы является одной из проблем современного российского общества. Важность проблемы заключается в том, что из-за отсутствия эффективного функционирования данной системы устойчивость и прогресс не имеют места быть в социальной сфере. Поэтому именно информация предстаёт как совокупность сведений, которые необходимы для успешного развития той или иной социальной системы.

В современном мире всё без исключения формируется и развивается с высокой скоростью, это также относится и к процессу информатизации. Ведь сейчас без применения современных компьютерных технологий невозможно даже представить нашу дальнейшую жизнь. Поэтому использование информационных технологий в социальном управлении – это наиболее эффективный способ решения проблемы совершенствования социальной системы, так как эти технологии обладают всеми необходимыми уникальными свойствами, такими как:

- 1) документируемость (предоставление на материальных носителях)
- 2) надежность (реализация всех функций в соответствии с требованиями)
- 3) завершенность (выявление ошибок при разработке)
- 4) открытость и расширяемость (введение новых элементов и связей)
- 5) ресурсоёмкость и формализованность (приведение информационных технологий к абстрактному виду)
- 6) защищенность (фиксирование или блокировка действий по несанкционированному доступу к информации)
- 7) эффективность и приспособляемость к воздействиям внешней среды [1, с.80].

Информационные технологии, с современных позиций, реализуются с помощью использования средств компьютерной и организационной техники. Напомним, что компьютерная (информационная) технология - это такая совокупность программно-технологических средств и методов, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, дальнейшее хранение и обработку, а также вывод и распространение информации.

Компьютерные технологии занимают исключительное положение в современном обществе, так как средства вычислительной техники используются почти во всех сферах деятельности людей, тем самым способствуют прогрессу в технике и технологии.

Информатизация социальной сферы является таким развивающимся социальным процессом, который становится атрибутом современного информационного образа жизни. Под влиянием процесса информатизации трансформируется и совершенствуется социальная система и социальная структура. В последнее время информационные технологии решительно изменяют способы социальной адаптации и социализации индивидов и групп, а также образование, производство и удовлетворение социальных потребностей.

Социальное управление рассматривается как разновидность управленческой деятельности, которая воздействует на процессы и явления, происходящие в социальной сфере общественной жизни. В качестве примера данной разновидности управленческой деятельности можно привести такой социальный институт, как средства массовой информации. И инструментом такого управления, которое охватывает все сферы общественной жизни, а также происходящие в ней процессы и явления, является именно мониторинг, суть которого состоит в информационном характере управления.

Использование информации в социальном управлении охватывает все стадии управленческого процесса. Этот процесс начинается со стадии сбора информации и анализа этой же информации, характеризующей состояние объекта управления, на основе которого можно выявить наличие, в том числе

и характер присущей объекту проблемной ситуации. На следующей стадии происходит постановка целей управления, а также выработка управленческой стратегии, которая сопряжена с прогнозированием вероятных последствий принятия стратегии. На данной стадии как раз таки происходит анализ полученной информации о состоянии объекта и анализ информации, добываемой в ходе прогнозных разработок и из различных научных исследований. Далее разрабатываются и принимаются решения, и тем самым завершается процесс анализа вышеперечисленной информации, которая позволяет управляющей подсистеме проследить, каким образом начинается выполнение полученного решения. Следующая заключительная стадия заключается в осуществлении контроля над ходом выполнения решения и в корректировке, если она необходима, соответствующей деятельности.

Информатизация нашего общества рассматривается как качественное развитие, формирование и совершенствование, реализующееся посредством актуальных информационных средств социальных структур и процессов. Информатизация должна быть совместима с процессами социального психологического процесса, относящийся к механизмам психологической защиты, которая повышает потенциал личности и её информационный среды.

Что же касается информационных технологий, то они требуют сложнейшей подготовки, первоначально больших затрат и наукоёмких технических средств. Ведение этих технологий начинается с формирования информационных потоков в социальном управлении и создания в нём математического обеспечения.

В мире компьютерных информационных систем требуется эффективно использовать возможности серверных операционных систем, которые обеспечивают высокую производительность, запуск серверных приложений, телекоммуникационные функции, при этом осуществляя деятельность, направленную на клиента и на организацию в целом.

Информатизация социального управления предполагает такие решения, которые охватывают проблемы разработки и внедрения информационно-

вычислительных и информационно-технологических систем в социальной сфере по направлениям: социальной защиты населения; систем социальных льгот и выплат; пенсионного обеспечения; трудоустройства и занятости населения; охраны здоровья; образования и т.д. [2, с.610].

Основная цель информационного пространства - предоставление информационных услуг, которые обеспечивают надежное и эффективное взаимодействие при решении различных проблем и задач, потенциальным участникам или пользователям (органы управления и государственной власти, организации социальной сферы и др.). Можно привести такие примеры, как передача данных между организациями, а также обмен мнениями с сотрудниками этих организаций; поиск информации, которая требуется в данном информационном пространстве; сотрудничество с другими службами (пенсионный фонд, налоговая инспекция и др.).

В социальном управлении информационные технологии обеспечивают:

1) получение и накопление фактов и статистических сведений о социальных взаимоотношениях и процессах, происходящих в общественной инфраструктуре, а также об эффективности принимаемых мер социальной защиты групп и слоев населения, требующего особого внимания;

2) хранение данных в таком виде, который позволял бы легко и моментально находить, вовремя возобновлять и предоставлять информацию в случае необходимости;

3) сопоставление показателей статистики сегодняшних процессов в социальной инфраструктуре с учетом изменения нормативных модификаций социального воспроизводства населения;

4) взаимодействие отраслевой, а также федеральной и региональной структур функционирования социальных процессов в социальном управлении.

Активное использование информационных технологий в социальном управлении позволяет улучшить качество работы, сэкономить время при решении социальных проблем клиентов. Автоматизированный сбор,

обработка, а также хранение и распространение информации в социальной структуре при помощи современных компьютерных информационных средств позволяет повысить качество, точность и оперативность социальной информации, и вследствие этого, позволяет принять эффективные и своевременные управленческие решения.

Первоначальное развитие и дальнейшее функционирование информационных технологий сопровождается процессом информатизации, представляющий собой организованный научно-технический процесс создания наилучших условий для удовлетворения информационных потребностей, и также общественных объединений, которые формируются и используются на основе информационных ресурсов.

Использование информационных технологий в социальной сфере призвано помогать образованию, при этом данные технологии становятся средством формирования технологического развития страны. Создаются многие программы по оценке студентов, оценке персонала, тестовых задач, сайтов или же блогов с информацией для учащихся и т.д. Для усовершенствования информационных технологий в сфере образования было бы удобно и полезно создать и ввести программы о сборе данных по трудоустройству выпускников, для того чтобы эти данные могли находиться на конкретном портале, к которому будут иметь доступ высших учебных заведений, а также и сами абитуриенты, студенты и выпускники.

Внедрение компьютерных технологий в сферу здравоохранения позволяет улучшить качество обслуживания, тем самым ускорить работу персоналов медицинских учреждений и снизить затраты на обслуживание пациентов. Так же в свою очередь информационные технологии упрощают доступ к медицинским услугам, становясь при этом залогом оздоровления всего народа. В том же числе для самореализации и улучшения качества жизни информационные технологии содействуют формированию полноценного гражданского общества [3, с.32].

Роль компьютерных информационных технологий является стратегически важной, а значение в будущем будет заметно возрастать. Именно данные технологии занимают определяющее место в области технологического развития общества и государства. Все вышеперечисленные свойства компьютерных технологий являются аргументами для этих выводов, тем самым они занимают основополагающее место по отношению к социальным технологиям. В настоящее время компьютерные технологии играют ведущую роль в информационном обществе, а также и в системах распространения массовой информации.

В заключение можно сказать, что на данный момент внедрение современных средств информационного обеспечения, подразумевающие компьютеры и программные продукты для хранения и обработки данных, которые обеспечивают обмен этими данным между компьютерами, является одним из ведущих направлений государственного социального управления.

Список литературы

1. Красуцкая О.В. Применение информационных технологий в профессиональной деятельности специалистов по социальной работе / О.В. Красуцкая // Надежды: Сборник научных статей студентов. – Вып. 9. – Н.Новгород: Изд-во НИСОЦ, 2015. – С. 79-88.
2. Попова М.В. Информационная доступность учреждений системы социальной защиты как показатель оценки качества оказания социальных услуг / М.В. Попова, В.В. Савченко // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-3. – С. 607-611.
3. Тельнов Ю.Ф. Информационные системы и технологии: Научное издание / под ред. Ю.Ф. Тельнова. – М.: ЮНИТИ, 2016. – 303 с.

УДК 004:338.24

ББК 32.81

**Негативные и положительные факторы: управления
самостоятельной работой студентов заочной формы обучения вуза с
использованием компьютерных технологий**

Ибрагимова Регина Рамилевна,

Ульяновский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ г. Ульяновск, Россия.

Сайфутдинов Рафаэль Амирович,

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

Аннотация: В статье рассматривается необходимость применения компьютерных технологий в организации самостоятельной работы студентов-заочников. Обозначены возможные варианты использования облачных технологий в образовательных целях для студентов заочной формы обучения. Кроме того, приводятся достоинства и недостатки использования данных технологий учебными организациями.

Ключевые слова: самостоятельная работа студентов, компьютерные технологии, заочное обучение, облачные технологии.

Современное состояние заочной формы обучения студентов требует переосмысление методов и подходов к формированию учебного процесса, а это невозможно без детального анализа новых научно-педагогических идей совершенствования заочного обучения и пересмотра традиционных подходов к существующим организационно-педагогическим условиям. Еще великий немецкий педагог А. Дистервег отмечал: «Развитие и образование ни одному

человеку не могут быть даны или сообщены. Всякий, кто желает к ним приобщиться, должен достигнуть этого собственной деятельностью, собственными силами, собственным напряжением» [1, с.123].

Своеобразной формой организации обучения являются самостоятельные занятия студентов.

Облачная технология – технология распределенной обработки данных, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как интернет-сервис. При облачных вычислениях данные постоянно хранятся на виртуальных серверах, располагающихся в облаке, а также временно кэшируются на клиентской стороне на компьютерах, ноутбуках, нетбуках, планшетах и других мобильных устройствах [Ошибка! Источник ссылки не найден., с.157].

Современные облачные технологии позволяют преподавателю ВУЗа организовать свое пространство в сети и обеспечить коммуникацию студентом-заочником в любое время [2, с.68]. Облачные технологии стремительно внедряются в деятельность высшей школы: в большинстве ВУЗов студенты заочники имеют личные электронные кабинеты, используют электронные учебники, также предлагаются продукты, обеспечивающие возможность самостоятельного обучения (в частности, мобильные образовательные технологии, приложения для планшетных устройств).

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» прочно вошли в область учебно-методического обеспечения учебного процесса в сфере высшего музыкально-педагогического образования [4, с.67]. В частности, электронные каталоги, электронные библиотечные системы (ЭБС «Университетская библиотека онлайн», ЭБС «Издательство Планета музыки» и др), полнотекстовые базы данных (например, Web of Science, БДЭС «Культура» и др.). Научные электронные библиотеки (eLIBRARY.ru, «Киберленинка» и др.). Электронные библиотечные системы предлагают возможность создания личного кабинета, через который возможен обмен информацией педагога со своими студентами.

Среди множества облачных технологий, перспективных с точки зрения взаимодействия культур можно выделить следующие: облачные хранилища (диски); облачные презентации; различные конструкторы сайтов; конструкторы электронных учебников (книг); электронные доски и т.п. [3, с.108].

Остановимся на обзоре сервисов на платформе Google, которые представляют интерес для педагога-музыканта в вузе с точки зрения взаимодействия культур. Так, с помощью сервисов Google можно организовать деятельность с различными участниками образовательного диалога: создавать и совместно редактировать документы, используя продукт «Документы-Google»; создавать видео-каналы, размещать в сети собственные видео-материалы; создавать и конструировать Веб-сайт на базе продукта Google-сайт. Важнейшим качеством облачных технологий в сфере взаимодействия культур является возможность создания виртуального пространства общения [4]. Наиболее интересными в этом смысле являются следующие сервисы Google: Gmail — бесплатная электронная почта, YouTube — видеохостинг, Google-Диск — продукт для хранения файлов с возможностью открытия доступа и совместного редактирования. Google-Hangouts — сервис обмена мгновенными сообщениями, видео- и голосовая связь.

Google-сайт — это, помимо прямой функции представления информации владельца, - возможность организации удаленного общения и обучения. Владелец сайта открывает доступ другим пользователям в качестве соавторов. На платформе Google-сайт можно создать электронный учебник или методическое пособие. Размещая учебную информацию различного формата, педагог имеет постоянную обратную связь, возможность online общения с обучающимися. В такой учебной ситуации, на наш взгляд, происходит реальное воплощение принципа «диалога культур»: если русскоязычный контент поддерживается переводом на иностранный язык. Студенты в режиме реального времени могут задавать вопросы, писать

комментарии, отвечать на задания, добавлять свои материалы и предложения и получать обратную связь. Включая в электронный учебник с помощью Формы Google тесты, опросники можно проводить различные формы текущей и промежуточной аттестации в режиме реального времени. Удобна функция отчета о результатах (в таблице отражаются время ответа на вопрос и правильность ответа). Среди других вариантов различные разработчики предлагают платные и бесплатные варианты конструкторов сайтов (Wix.com, Jimdo.com и др.) [5].

Современные облачные хранилища, диски (Google Drive, Dropbox, Mega, Яндекс.Диск, Облако@mail.ru, OAmazonWebServices, ADrive, Bitcasa, Yunpan 360, 4shared, SugarSync, Box.net, OneDrive (ex. SkyDrive), iDrive, OpenDrive, Syncplicity, MediaFire, Cubby.com) позволяют хранить информацию на удаленном сервере. Открыта возможность предоставления другим пользователям доступа к файлам, хранящимся в облачном хранилище, регулирования уровня доступа.

Облачные презентации все больше завоевывают популярность. В последнее время появилось достаточное количество альтернатив популярному инструменту PowerPoint (например, Prezi, Google-презентации). Такие презентации также могут быть доступны любому участнику диалога с возможностью внесения своих изменений. Избегается - например, в педагогической практике - необходимость конспектирования. Преподаватель может открыть доступ к своим учебным презентациям, таким образом, внедряя методику «электронных лекций» с возможностью диалога.

Также позволяет общаться в удаленном доступе в режиме реального времени и потенциал Google-Hangouts: это редактирование материалов, обмен текстовыми данными и комментариями, с возможностью видеоконференций.

Рассмотрим основные направления для внедрения и использования облачных технологий для студентов-заочников, как основы самостоятельной деятельности:

- непрерывный доступ обучающихся к образовательным ресурсам – создается удобная среда для доступа к ресурсам с различных устройств и обеспечивается синхронизация деятельности пользователя, осуществляемой с нескольких устройств (компьютер в учебной аудитории, домашний компьютер, планшет, мобильный телефон);
- разработка сетевых электронных средств обучения – создание системы управления учебным процессом и интегрированных с ней учебных материалов;
- разработка автономных электронных учебно-методических комплексов, включающих теоретические курсы, задачи и задания семинарских и практических занятий, задания лабораторного практикума, материалы для самостоятельной работы и т.д. Появляется возможность их оперативного обновления и объединения, отдельных мультимедийных файлов в общую систему;
- размещение информационных ресурсов и взаимодействие субъектов образовательного процесса – минимизируются затраты на серверное оборудование и широкополосные каналы для исходящего трафика в интернет, реализовываются сервисы, обеспечивающие информационное взаимодействие преподавателей и обучающихся.

Таким образом, можно сформулировать следующие преимущества применения облачных технологий для управления самостоятельной работой студентов заочной формы обучения ВУЗа:

- экономические: образовательным учреждениям не требуется закупать и обслуживать дорогостоящее оборудование и программное обеспечение;
- технические: для использования образовательных ресурсов требуется только доступ в интернет;

- технологические: большинство облачных приложений просты в использовании;
- дидактические: огромное количество онлайн инструментов и услуг.

Наряду с достоинствами применения облачных технологий, можно выделить и существенные недостатки. К ним можно отнести ограничение функциональных возможностей программного обеспечения по сравнению с локальными аналогами, отсутствие отечественных провайдеров облачных сервисов, отсутствие отечественных и международных стандартов, а также законодательной базы использования облачных технологий. Эти недостатки носят технический и технологический характер, которые не влияют на дидактические возможности и преимущества данной технологии.

Использование облачных технологий ВУЗами для управления самостоятельной работой студентов заочной формы позволяет решить две основные задачи. Во-первых, обеспечить для преподавателей и обучающихся возможность использовать современные и постоянно обновляемые программные средства, электронные образовательные ресурсы и сервисы. Во-вторых, снизить затраты образовательных учреждений на построение локальных информационных систем за счет эффективного использования вычислительных ресурсов, сосредоточенных в облаке и выделяемых пользователям в соответствии с их потребностями. Облачные технологии предлагают альтернативы традиционным формам организации учебного процесса, повышая качество и эффективность образовательного процесса.

Список литературы

1. Давлатов Р.Л. Роль современных информационных технологий в глобализации и взаимодействие культур: диссертация ... кандидата философских наук: 09.00.11 / Р.Л. Давлатов. – Душанбе, 2014. – 136 с.

2. Кондратьев А.А. Разработка распределенной системы защиты облачных вычислений / А.А. Кондратьев, И.П. Тищенко, В.П. Фраленко // Программные системы: Теория и приложения. – 2016. – №4(8). – С. 61-70.
3. Сайдаметова З.С. Облачные сервисы в образовании / З.С. Сайдаметова, С.Н. Сейтвелиева // Информационные технологии в образовании. – 2015. – №9. – С. 105-111.
4. Устинина Г.Ф. Внеаудиторная работа как компонент самореализации студентов // Современная педагогика. 2014. URL: <http://docplayer.ru/110889-Vneauditornaya-rabota-kak-komponent-samorealizacii-studenov.html>
5. Google: о продуктах. URL: <https://www.google.ru/intl/ru/about/products/>

УДК 004:338.24

ББК 32.81

Компьютерные технологии: система повышения квалификации государственных служащих

Лемесева Кристина Вячеславовна,

Ульяновский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Ульяновск, Россия.

Сайфутдинов Рафаэль Амирович,

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

Аннотация: В статье рассмотрены основы внедрения компьютерных технологий при реализации повышения квалификации госслужащих. Использование компьютерных технологий имеет огромное значение для повышения эффективности работы органов государственного управления и

местного самоуправления. Применение компьютерных технологий в процессе обучения по программам повышения квалификации государственных служащих несет собой цель оперативного и объективного контроля усвоения предоставляемого материала, реализации эффективной индивидуальной подготовки. В работе рассмотрены средства и методы повышения квалификации сотрудников Министерства финансов Ульяновской области с внедрением в образовательный процесс информационных технологий, что направлено на обеспечение применения полученных знаний в практической деятельности.

Ключевые слова: компьютерные технологии; система образования; информационные системы; повышение квалификации; кадры.

Разработка и внедрение информационных технологий на государственной службе основывается на Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации, утвержденной Президентом России [1, с. 35], а также Концепции использования информационных технологий в деятельности федеральных органов государственной власти до 2010 [2, с. 16], в соответствии с которыми реализуется задача по повышению эффективности государственного управления, развития подготовки квалифицированных кадров в сфере информационных и телекоммуникационных технологий.

Информационные технологии на государственной службе, интерпретируя Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», — процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов, применяемых на государственной службе.

Развитие информационных технологий на государственной службе способствует реализации принципа доступности информации о государственной службе (в соответствии со ст. 4 Федерального закона от 27

июля 2004 г. № 79-ФЗ «О государственной гражданской службе Российской Федерации»), а также реализации принципа открытости и доступности информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления (в соответствии со ст. 4 Федерального закона от 9 февраля 2009 г. № 8-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления»).

Внедрение и использование информационных технологий на государственной службе должно быть направлено на решение таких первостепенных задач, как создание условий доступа граждан к информации о деятельности государственных органов (в том числе по вопросам кадрового обеспечения); создание и развитие управленческих автоматизированных систем на государственной службе, в том числе в кадровой деятельности государственных органов; разработка комплекса мер по повышению информационной культуры и компьютерной грамотности государственных служащих.

Автоматизация кадровых процессов связана с необходимостью унификации кадровой работы и внедрением новых информационных технологий с целью повышения эффективности управления персоналом в государственном органе. Автоматизация должна быть направлена на определение механизмов стратегического кадрового планирования (например, при работе с кадровыми резервами) и оценкой деятельности государственных служащих при проведении конкурсов, аттестаций, квалификационных экзаменов; на разработку прогнозных методик определения и планирования потребности в кадрах определенного профессионального уровня и компетенций. Автоматизированные системы планирования деятельности государственных служащих должны отражать также контроль исполнения поручений, информирования руководителей о текущих результатах и степени выполнения плановых работ.

Применение современных информационных технологий возможно при условии высокого уровня информационной культуры и компьютерной

грамотности государственных служащих, основными способами повышения профессиональных знаний которых является организация их дополнительного профессионального обучения по специальным программам и самоподготовка. В соответствии с Концепцией использования информационных технологий в деятельности федеральных органов государственной власти до 2020 года, в целях обеспечения необходимого уровня квалификации государственных служащих по использованию информационных технологий должна быть создана система подготовки (переподготовки) кадров на основе:

- определения требований к квалификации и навыкам использования информационных технологий для различных категорий государственных служащих;

- внедрения унифицированных процедур оценки квалификации сотрудников; развития инфраструктуры региональных центров по подготовке и повышению квалификации государственных служащих на базе высших учебных заведений;

- разработки и финансирования программ обучения для различных категорий государственных служащих, а также необходимых методических материалов;

- профессионального обучения и сертификации персонала, ответственного за разработку и внедрение государственных информационных систем и ресурсов;

- улучшения материально-технического обеспечения государственной службы, включая оснащение рабочих мест государственных служащих современной вычислительной техникой, создания в федеральных органах государственной власти учебных компьютерных классов, внедрения технологий дистанционного обучения;

- информирования государственных служащих о передовом опыте и инновациях в сфере информационных технологий; создания системы мотивации, поощрения и регламентации процессов использования государственными служащими информационных технологий.

В этой связи принимаются меры, направленные на продвижение информационных технологий, повышение квалификации граждан и организаций, использующих информационные технологии для взаимодействия с федеральными органами государственной власти на основе единой защищенной телекоммуникационной инфраструктуры для государственных нужд [3, с. 35].

В субъектах Федерации реализуются образовательные программы, которые условно можно разделить на программы, направленные на освоение знаний по использованию «Электронного правительства», а также использованию информационных технологий в государственном управлении.

Вместе с тем, проблемы в этой области возникают от недостаточного уровня знаний гражданских служащих, недостатка практической подготовки, неумения работать с Интернетом, с современными офисными программами и правовыми базами. Отмечается слабое внедрение инновационных образовательных программ, направленных на повышение информационной культуры и компьютерной грамотности служащих. Устоявшаяся схема работы с информацией (неполнота источников получения информации, не использование современных подходов к владению информацией) также не позволяет в полной мере и своевременно внедрять передовые технологии для совершенствования деятельности служащих. Зачастую при обращении в органы власти выявляется недостаточное качество информации, предоставляемой заявителю (полнота, достоверность, актуальность), что приводит к затягиванию процессов получения необходимых сведений, повторным обращениям, недовольствам со стороны заявителей и жалобам на действия (бездействия) служащих [4, с. 26].

В целом имеющиеся проблемы по внедрению и использованию информационных технологий на государственной службе позволили сформулировать первоочередные меры и перспективные направления по их решению. Так на примере, Министерства финансов Ульяновской области, мы

можем наблюдать, как осуществляется процесс повышения квалификации сотрудников с использованием современных компьютерных технологий.

Информационное обеспечение сотрудников Министерства финансов Ульяновской области осуществляется в соответствии с плановыми мероприятиями и распоряжениями, организованными как внутри ведомства, так и поступающими от Министерства финансов РФ, с применением современных компьютерных технологий. Для реализации своевременного повышения квалификации госслужащих Министерства финансов Ульяновской области все отделы и районные ведомства оснащены необходимой компьютерной техникой и периферийным оборудованием, объединенными в единую сеть с целью электронного документооборота.

В самом Министерстве финансов г.Ульяновска создан конференц-класс, в котором успешно используется в процессе повышения квалификации госслужащих современные компьютеры Pentium IV с жидкокристаллическими мониторами, объединенными в локальную вычислительную сеть. Практически все компьютеры ведомства подключены к Интернет по выделенному оптоволоконному каналу на скорости 100Мб/с, что используется как в деятельности филиала, так и в учебном процессе. Каждый из учебных компьютеров имеет выделенный IP-адрес, что позволяет смоделировать реальные автоматизированные рабочие места и обеспечить автономную работу с целью моделирования реальной деятельности государственного или муниципального служащего Министерства финансов.

В качестве базового программного обеспечения используется Microsoft Windows XP и Microsoft Office на основе предустановленных комплектов (лицензии OEM). Ведется работа по полному переходу на лицензионное программное обеспечение. Заключены договора на использование, установлены и систематически пополняются справочные правовые системы семейства КонсультантПлюс.

В процессе повышения квалификации и последующей работы сотрудников Министерства финансов Ульяновской области используется

современные компьютерные программы, позволяющие осуществлять расчеты, формировать и планировать финансовые потоки. На сайте Министерства финансов Ульяновской области часть из них представлена для общего ознакомления в разделе «Информационные системы» (Рис.1).



Рис.1. - дистрибутивы программ Министерства финансов Ульяновской области

В процессе повышения квалификации сотрудников Министерства финансов Ульяновской области при содействии Министерства финансов РФ, а также для всех региональных ведомств, проводится дистанционное обучение на местах для руководителей ведомств, а они в последующем распространяют свой опыт на муниципальные ведомства на местах, с использованием видеоконференций или выездом в районные ведомства, направленное на освоение информационных систем, банков данных, реестров, регистров, находящихся в ведении государственного органа.

С помощью дистанционного обучения, в процессе повышения квалификации госслужащие Министерства финансов Ульяновской области осваивают целый перечень современных информационных систем:

1. Автоматизированная система управления исполнением бюджета. АЦК-финансы, разработчик ООО "Бюджетные финансовые технологии" г. Москва.

2. Автоматизированная система управления планированием бюджета. АЦК-планирование, разработчик ООО "Бюджетные финансовые технологии" г. Москва.

3. Автоматизированная система учета контроля ревизионной деятельности. АЦК-бюджетный контроль, разработчик ООО "Бюджетные финансовые технологии" г. Москва.

4. Автоматизированная система подготовки бухгалтерской и финансовой отчетности. "СКИФ", разработчик ЗАО "Финтех" г. Москва.

5. Программа автоматизированной бухгалтерских операций. "1с-бухгалтерия", разработчик 1-с. г. Москва.

6. Реестр бюджетных и автономных учреждений.

7. Реестр казенных учреждений [5].

Использование компьютерных технологий и внедрение информационных систем в процесс повышения квалификации госслужащих позволяет учитывать при обучении требования государственных стандартов к программе подготовки специалиста, требования работодателя. Использование интернет-технологий позволяет специалистам обучаться в режиме реального времени, а работодателям - оперативно отслеживать результаты обучения.

Список литературы

1. Егоров А.Г. Информационные технологии в экономике и управлении / А.Г. Егоров // Информационные технологии. – 2015. №4. С. 86;
2. Козабенко В.А. Государственное управление. Основы теории и организации / В.А. Козабенко // Теория организации. – 2013. №10. С. 16-19;
3. Кондратьев В.И. Теория, практика и искусство управления / В.И. Кондратьев // Управление. – 2007. №1. С. 35-36;
4. Трофимов В.В. Информационные системы и технологии в экономике и управлении / В.В. Трофимов // Информ: информационные исследования исследования. – 2016. №6. С. 26-29;

5. Министерство финансов Ульяновской области [Электронный ресурс] : офиц. сайт. Ульяновск, 2009. URL: <http://ufo.ulntc.ru> (дата обращения: 04.06.2018).