



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
КОМПЛЕКСА



ФГБОУ ВО ИРКУТСКИЙ ГАУ (РОССИЯ)



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ИРКУТСКОЙ  
ОБЛАСТИ  
(РОССИЯ)

ФГБОУ ВО «БУРЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
ДОРЖИ БАНЗАРОВА» (РОССИЯ)  
«МОНГОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ОБРАЗОВАНИЯ»  
(МОНГОЛИЯ)  
«ЦЕНТР МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. УНИВЕРСИТЕТ САНЬЯ»  
(КИТАЙ)



## МАТЕРИАЛЫ

международной научно-практической конференции  
**«Прикладные аспекты математики и естественных наук в  
образовании, технике и экономике»**, посвященной 90-летию  
кафедры математики

**23-24 мая 2024 года**



п. Молодежный 2024

УДК 5  
ББК 74  
П-759

Прикладные аспекты математики и естественных наук в образовании, технике и экономике : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры математики. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2024. – 241 с.

В рамках международной научно-практической конференции представлены результаты исследований преподавателей, ученых, студентов, магистрантов и аспирантов из России, Монголии и Китая. В материалах рассмотрены вопросы: математического моделирования технических и экономических систем, методики преподавания естественно-научных дисциплин, организации самостоятельной работы в начальной, средней, высшей школе, методического обеспечения дисциплин математики и естественно-научных дисциплин, цифровых и информационных технологий в образовании.

Материалы будут полезны преподавателям, аспирантам, ученым и специалистам, интересующимся прикладными вопросами математики и естественных наук в образовании, технике и экономике.

#### **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

Дмитриев Николай Николаевич – ректор ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Зайцев Александр Михайлович – проректор по научной работе ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Иляшевич Дмитрий Иванович - председатель совета молодых ученых и студентов ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

Ильин С.Н. – декан инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ

Овчинникова Н.И. - председатель д.т.н., профессор, зав. кафедрой математики ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Ученые секретари конференции Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В. к.т.н., доценты кафедры математики ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ

Быкова М.А. - к.э.н., доцент кафедры математики инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Голышева С.П. - к.п.н., доцент кафедры математики инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Мартыненко А.И. – начальник учебного отдела, доцент кафедры математики инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Васильева С.Е. – ст.преподаватель кафедры математики инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Компьютерная верстка – Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В.

© Коллектив авторов, 2024  
© Издательство Иркутский ГАУ, 2024

УДК 378.4

## СТУПЕНИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КАФЕДРЫ МАТЕМАТИКИ ИРКУТСКОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

**Овчинникова Н.И., Голышева С.П.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Статья посвящена истории формирования и развития кафедры математики Иркутского аграрного университета им. А.А. Ежовского. Отмечена важная роль основоположников кафедры, заложивших фундамент и основные направления ее деятельности. Отражена специфика методики преподавания математических дисциплин, сочетающей четкость и строгую логику изложения материала с использованием практико-ориентированных задач, для подготовки студентов инженерно-технических, экономических и биологических специальностей. Приведены достижения коллектива кафедры в научно-исследовательской и общественной работах вуза.

*Ключевые слова:* аграрный вуз, кафедра математики, история развития, математическая подготовка, студенты.

## STAGES OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE DEPARTMENT OF MATHEMATICS OF THE IRKUTSK AGRARIAN UNIVERSITY

**Ovchinnikova N.I., Golysheva S.P.**

Irkutsk State Agrarian University,

*Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region. Russia*

The article is devoted to the history of formation and development of the Department of Mathematics of the Irkutsk Agrarian University A.A. Ezhevsky. The important role of the founders of the department, who laid the foundation and the main directions of its activity was noted. The specifics of the methodology of teaching mathematical disciplines, combining clarity and strict logic of presentation of the material using practical-oriented tasks, for the preparation of students of engineering, engineering, economics and biological specialties are reflected. The achievements of the staff of the department in the research and public works of the university are given.

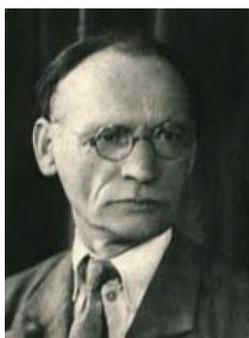
*Keywords:* agricultural university, department of mathematics, history of development, mathematical training, students.

Кафедра математики (ранее кафедра высшей математики и теоретической механики) Иркутского аграрного университета – одна из старейших общеобразовательных кафедр, организована в далеком 1934 году при открытии сельскохозяйственного института в сложный для страны исторический период. Первым заведующим кафедрой был выпускник физико-математического факультета Московского университета, ученый-математик профессор Борис Акселевич Викберг, который отличался широкой образованностью и большой работоспособностью. Под его руководством на кафедре работали опытные преподаватели Большев Александр Владимирович, Могилева Екатерина Васильевна, Лебедев Николай

Семенович и другие. Предметом его научных интересов были дифференциальные уравнения и теоретическая механика. Позднее заведование кафедрой перешло к замечательному педагогу, опытному организатору, доктору наук, профессору Иннокентию Николаевичу Рукавицыну. Научным пристрастием Иннокентия Николаевича являлась геометрия гиперболических, параболических и эллиптических связок сфер. С 1945 по 1954 год исполнял обязанности заведующего кафедрой выпускник физико-технического отделения педагогического факультета Иркутского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент Юрий Федорович Харкеевич. Ему были присущи такие качества, как требовательность, строгость и педантичность. Научным направлением его исследований являлись графические методы решения интегральных уравнений. На смену ему пришел хорошо подготовленный, имеющий богатый практический опыт педагогической работы Константин Игнатьевич Ластовский, возглавлявший кафедру почти 20 лет. Своим стилем работы Константин Игнатьевич утвердил лучшие традиции кафедры, на которые и сейчас ориентируется коллектив: доброжелательность, принципиальность, взаимная поддержка, сосредоточенность на работе и творчестве.



Викберг Б.А.



Рукавицын И.Н.



Харкеевич Ю.Ф.



Ластовский К.И.

Рисунок 1 – Основоположники кафедры математики

С 1975 по 1986 г. кафедрой руководила очень знающий и опытнейший педагог Эся Семеновна Выгода, к которой за консультационной помощью по математике и применению математических методов могли всегда обратиться не только студенты и аспиранты, но и преподаватели вуза. Ей принадлежит заслуга в подборе и омоложении преподавательского состава кафедры. С 1986 по 1990 г. заведование кафедрой перешло к кандидату физико-математических наук, доценту Геннадию Константиновичу Кобзеву. Он проявлял активность в общественной жизни университета (академии), возглавлял группу народного контроля, отличался принципиальностью и твердостью. После его увольнения один год исполняла обязанности заведующего кафедрой вновь Эся Семеновна.

На формирование математической грамотности студентов аграрного университета в этот период оказала большое влияние деятельность опытных преподавателей Ирины Аркадьевны Штырбы, Эмили Николаевны

Хартуевой, Валентины Васильевны Макаровой, Лидии Ивановны Сорокиной, Валентины Терентьевны Лаховой, Татьяны Юрьевны Соколовой, Валентины Константиновны Поповой, Михаила Рафаиловича Каменецкого, Степана Мартуновича Асланяна, Татьяны Анатольевны Шумай, Натальи Дмитриевны Манухиной. На кафедре удачно сочетался опыт ветеранов и более молодых преподавателей (асс. Богданова Т.Б., ст. преп. Васильева С.Е.), которые учились профессионализму наставников и стремились к высокому уровню педагогического мастерства [7].



Рисунок 2 – Коллектив кафедры математики, 2004 г.

Верхний ряд слева направо: к.п.н., доц. Голышева С.П., ст. преп. Стацевичуте Е.Э., к.т.н., доц. Бодякина Т.В., д.ф.-м.н., доц. Маркова М.А., д.ф.-м.н., проф. Новиков М.А., ст. преп. Манухина Н.Д., к.ф.-м.н., доц. Семенов Э.И., асс. Власова Т.Б., ст. преп. Каменецкий М.Р. Нижний ряд слева направо: к.т.н., доц. Багдуев В.Н., к.т.н., доц. Багдуева Х.Н., доц. Мартыненко А.И., зав. каф., д.т.н., проф. Овчинникова Н.И., д.ф.-м.н., проф. Черепенников В.Б., доц. Шумай Т.А., ст. преп. Асланян С.М., ст. преп. Васильева С.Е.

Последующие пять лет (1991-1996 гг.) кафедру возглавляла доцент Нина Михайловна Большакова, акцентирующая внимание на учебно-методической и воспитательной работе. Она придавала воспитанию морали, воли и эстетики студенчества не меньшее значение, чем развитию логического мышления при изучении математики. С 1996 года кафедрой руководит (с перерывами в несколько лет) д.т.н., профессор Наталья Ивановна Овчинникова, пришедшая в вуз (ранее академия) в 1976 г. после окончания Иркутского государственного университета им. А.А. Жданова, прошедшая путь от ассистента до профессора и проректора по учебной работе. Она много сделала для расширения читаемых математических курсов: впервые в учебные планы были введены численные методы, математическая логика, теория игр, прикладная математика, элементы вычислительной математики, уравнения математической физики, эконометрика, дискретная математика, математическая статистика. Благодаря ей были установлены

тесные научные и учебно-методические связи кафедры математики с общеобразовательными и техническими кафедрами аграрных и других вузов страны.

Особую роль в обмене педагогическими навыками, внедрении инновационных технологий преподавания и научных исследований сыграли сотрудники других вузов и институтов (Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Институт солнечной земной физики СО РАН, Иркутский государственный университет, Байкальский государственный университет, Иркутский государственный университет путей сообщения, Бурятский государственный университет), работавшие по совместительству до 2016 г. на кафедре математики.



Рисунок 3 – Научно-методический семинар учителей и преподавателей математики в рамках агробизнес-образования, 2017 г.

Большое внимание на кафедре уделяется профориентационной агитации для поступления в аграрный университет выпускников средних общеобразовательных школ (СОШ) и средних профессиональных образовательных учреждений (СПО) и выявлению одаренных по математике детей. Проводимые вузом ежегодные мероприятия (выставки, семинары, конференции, олимпиады) «День открытых дверей», «Выбери профессию», «Дорогой А.А. Ежевского», «Агробизнес-образование – основа развития сельского хозяйства», «Золотой фонд Сибири» и др. не обходятся без активного участия сотрудников кафедры математики.

В последнее время активизировалось математическое олимпиадное движение и исследовательская деятельность студентов. По данным статистики кафедры, за последние 3 года во внутривузовской математической олимпиаде приняло участие 120 студентов 1-2 курсов инженерно-технических, экономических и биологических направлений бакалавриата вуза (рис.4)

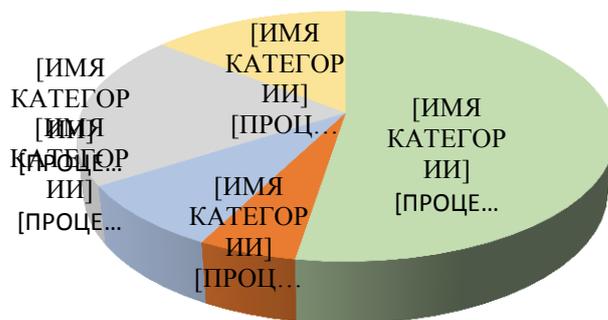


Рисунок 4 – Процент участников студенческой олимпиады за 2021-2023 гг. (БВМ – факультет биоветеринарной медицины, ИЭУПИ – институт экономики, управления и прикладной информатики, ИУПР – институт управления природными ресурсами им. В.Н. Скалона)

Студенческий научный кружок «M-Insight», организованный в 2023 г. при кафедре математики, собравший заинтересованное студенческое сообщество вуза, позволяет раскрывать учащимся свой творческий потенциал, способствует развитию интереса к прикладным исследованиям с корректным использованием математического аппарата, формирует навыки работы в команде и подготовки публикации, выступления с докладами на конференциях и семинарах разного уровня [4].

В целях активизации познавательной деятельности студентов и повышения мотивации их обучения математическим дисциплинам на кафедре организовываются командные интеллектуальные соревнования и брейн-ринги на проверку знаний теоретического и практического материала из различных разделов курса математики. Такие мероприятия требуют от участников проявления находчивости, гибкости ума, логического мышления, концентрации внимания, креативного подхода [5].

Действенным механизмом для оценки качества учебно-исследовательской деятельности студентов и преподавателей кафедры является балльно-рейтинговая система, позволяющая повышать уровень организации образовательного процесса, стимулировать студентов к систематической самостоятельной работе, достигая объективности и прозрачности текущего и промежуточного контроля знаний, активизировать работу профессорско-преподавательского состава кафедры по совершенствованию структуры содержания и технологий обучения. Контроль знаний студентов очной и заочной форм обучения осуществляется с помощью автоматизированных систем тестирования на основе созданного на кафедре банка тестовых заданий. Кроме того, ежегодно студенты разных направлений подготовки участвуют в Федеральном экзамене профессионального образования (ФЭПО) по математике, проходящего в компьютерном тестовом режиме.

Не отменен в вузе институт кураторства, действующий с первого по четвертый курсы. Кураторы кафедры, преподаватели-наставники помогают студентам в адаптации к новым условиям обучения, в решении бытовых и социальных вопросов, в формировании активной гражданской позиции и

удовлетворении потребностей в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии.

Кафедра активно реагирует на вызовы современных условий подготовки специалистов аграрного профиля путем изменения содержания курса математики, направленного на прикладную направленность [1, 10], внедрения информационных и образовательных технологий с использованием компетентностного подхода. Об этом свидетельствует следующее:

- расширение тематики научных исследований, включающей математическое моделирование сельскохозяйственных технологических процессов, использование математических методов в региональном управлении экономикой, статистические методы оценки конструирования декоративно-цветущих ландшафтных композиций из травянистых многолетников, совершенствование методик преподавания математических дисциплин [3, 6];

- профессиональный рост молодых преподавателей в виде защиты диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических, экономических и педагогических наук и получение ими ученых званий доцентов;

- повышение публикационной активности преподавателей кафедры, в том числе с обучающимися, в журналах из списка ВАК, базы РИНЦ, Scopus, Web of Science, материалах международных, всероссийских и региональных конференций, семинаров, форумов [8, 9];

- совершенствование учебно-методических разработок (учебных пособий, методических рекомендаций и др.) кафедры, опубликованных как внутри вуза, так и в центральных изданиях [2].

За все годы своего существования кафедра внесла значительный вклад в распространение математической культуры в вузе, подготовку специалистов агропромышленного комплекса региона, обладающими профессиональными компетенциями и навыками использования математических методов для решения производственных задач.

### Список литературы

1. Бодякина, Т. В. Матричный метод в электротехнике / Т. В. Бодякина, В. Абуздин // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: сборник научных тезисов студентов. п. Молодежный, 2022. – С. 28-29. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49923578>.

2. Быкова, М. А. Математика: учеб. пособие / М. А. Быкова, Е. В. Елтошкина, Н. И. Овчинникова // М : Колос-с, 2024. – Ч. 2. – 244 с.

3. Гольшева, С. П. Профессионально ориентированное обучение математике в вузе как инструмент формирования профессиональных компетенций у студентов – будущих аграриев [Электронный ресурс] / С. П. Гольшева // Материалы LVII Международной научно-практической конференции, 2022. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48521807>

4. Гольшева, С. П. Математическая олимпиада как платформа формирования профессиональных качеств у студентов - будущих инженеров / С. П. Гольшева // Значение

научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. – 2022. – С. 42-43.

5. Елтошкина, Е. В. Научно-познавательная деятельность студентов как одна из основ подготовки компетентного специалиста / Е. В. Елтошкина // Сборник статей V Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы научных исследований», Саратов. – 2023. – С. 430-439.

6. Жернаков, Н. Е. Использование математического аппарата в процессе определения работоспособности технических систем / Н. Е. Жернаков, К. А. Туги, Е. В. Елтошкина // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. – Молодежный: Изд-во Иркутского ГАУ. – 2022. – С. 59-67.

7. Кириленко, А. С. Кузница управленческих кадров для сельского хозяйства Приангарья или что дало селу ИрГСХА с 1934 по 2014 годы / А. С. Кириленко, В. И. Покорский. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014. – 488 с.

8. Овчинникова, Н. И. Использование кейс-технологий при обучении математике в аграрном вузе [Электронный ресурс] / Н. И. Овчинникова, М. А. Быкова // Актуальные вопросы образования: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию специальности «Профессиональное обучение». – Молодежный: Изд-во Иркутского ГАУ, 2023. – С.76-81. – Режим доступа: [https://irsau.ru/structure/science/materialy/Materialy\\_konferencii\\_5-6.10.23.pdf](https://irsau.ru/structure/science/materialy/Materialy_konferencii_5-6.10.23.pdf)

9. Ovchinnikova, N. I. Technical condition diagnostics of potato combine harvester [Электронный ресурс] / N. I. Ovchinnikova, V. V. Bonnet, A. V. Kosareva // AGRITECH-V-2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 839 (2021) 052051 doi:10.1088/1755-1315/839/5/052051. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47427054>

10. Шумай, Т. А. Применение теории экстремума к решению прикладных задач [Электронный ресурс] / Т. А. Шумай, С. Е. Васильева // Сборник статей XXV Международной научно-практической конференции в 2 ч., 2022. – С. 9-13. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48422424&pff=1>

**УДК 519.25, 519.65**

## **ТЕНЗОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ**

**<sup>1</sup>Думнов С.Н., <sup>2</sup>Лабаров Д.Б., <sup>3</sup>Энхбаяр Г.**

<sup>1</sup>ФГКОУ ВО Восточно-Сибирский институт МВД России  
*г. Иркутск, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА им В.Р.Филиппова  
*г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия*

<sup>3</sup>Монгольский ГСХУ  
*г. Улан-Батор, Монголия*

Предлагается универсальный способ апостериорного тензорного моделирования многофакторной когнитивной системы (МКС). Способ основан на представлении многомерной регрессионной модели исследуемой МКС в виде векторной суммы ковариантных тензоров конечной валентности и предъявляет минимальные требования, как к «объему» экспериментальных данных, необходимых для идентификации МКС-модели, так и вычислению согласно этой модели оптимального режима МКС. На данной методологической основе и экспериментальной базе тестовых испытаний проведен

расчет среды и режима, описывающих процесс восстановления прецизионных плунжерных пар в многокомпонентном химическом растворе посредством нанесения сульфохромированного слоя, обладающего оптимальными физико-механическими свойствами.

*Ключевые слова:* ковариантные тензоры конечной валентности, идентификация нелинейной векторной регрессии, задача оптимизации поведения регрессии.

## **TENSOR MODELING OF MULTIFACTOR PHYSICAL AND TECHNICAL RESTORATION PROCESS PRECISION PARTS**

**<sup>1</sup>Dumnov S.N., <sup>2</sup> Labarov D.B., <sup>3</sup> Enkhbayar G.**

<sup>1</sup> FGKOU HE East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia  
*Irkutsk, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup> FSBEI HE Buryat State Agrarian University named after V.R. Filippov  
*Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia*

<sup>3</sup> Mongolian State Agricultural University  
*Ulaanbaatar, Mongolia*

A universal method for a posteriori tensor modeling of a multifactor cognitive system (MCS) is proposed. The method is based on the representation of a multidimensional regression model of the ISS under study in the form of a vector sum of covariant tensors of finite valency and imposes minimum requirements both on the “volume” of experimental data necessary to identify the ISS model, and on the calculation of the optimal ISS mode according to this model. Based on this methodological basis and the experimental basis of test tests, the calculation of the environment and mode was carried out, describing the process of restoring precision plunger pairs in a multicomponent chemical solution by applying a sulfochromated layer with optimal physical and mechanical properties.

*Keywords:* covariant tensors of finite valency, identification of nonlinear vector regression, optimization problem of regression behavior.

**Введение.** Значительный теоретико-прикладной интерес регрессионный анализ первоначально приобрел в задачах определения оптимальных параметров линейных стационарных статических систем типа «вход-выход»; в большинстве случаев исследователи ограничивались применением этого анализа к конечномерным системам (см., например, [1,2]). При этом, по существу, задача регрессии формулировалась в терминах вычисления оптимальной (как правило, квадратичной) оценки этих параметров по методу наименьших квадратов с последующим применением [3, 13] алгоритма построения соответствующей псевдообратной матрицы.

Анализ означенных выше вопросов в данной работе отличается от традиционного изложения, поскольку авторы стремились выявить геометрическую, качественную сторону регрессионного моделирования и его приложений. В соответствии с этим ниже нет ни одной сколько-нибудь сложной формулы, зато появляется (в отличие от [1,2]) целый ряд фундаментальных понятий, которые ранее были в тени; поэтому пришлось излагать их достаточно подробно, не предполагая по их поводу каких-либо предварительных знаний, выходящих за рамки стандартных элементов тензорной алгебры [4], а также функционального [5] и системного [6, 14]

анализа. Прикладной стороной в использовании нелинейной векторной регрессии в работе выступает задача аналитического решения линейно-квадратичной оптимизации, как способа обеспечения удовлетворительных (оптимальных) характеристик многофакторного физико-технического процесса (ФТП) при условиях достаточно ограничительных объемов потребных вычислений; против этого утверждения трудно возразить, поскольку, очевидно, оно основывается как на опыте численных, так и на бесспорных теоретических соображениях.

**1. Постановка задачи.** Пусть  $R$  – поле вещественных чисел,  $R^n$  –  $n$ -мерное векторное пространство над  $R$  с евклидовой нормой  $\|\cdot\|_{R^n}$ ,  $\text{col}(y_1, \dots, y_n) \in R^n$  – вектор-столбец с элементами  $y_1, \dots, y_n \in R$  и пусть  $M_{n,m}(R)$  – пространство всех  $n \times m$ -матриц с элементами из  $R$  и фробениусовой матричной нормой  $\|D\|_F := (\sum d_{ij}^2)^{1/2}$ ,  $D = [d_{ij}]$ . Далее, через  $T_m^k$  обозначим пространство всех ковариантных тензоров  $k$ -ой валентности (вещественных полилинейных форм  $f^{k,m}: R^m \times \dots \times R^m \rightarrow R$ ) с тензорной нормой  $\|f^{k,m}\|_T := (\sum t_{i\dots j}^2)^{1/2}$ , где  $t_{i\dots j}$  – коэффициенты (координаты [4]) тензора  $f^{k,m}$ , значения которых заданы относительно стандартного базиса в  $R^m$ .

Пусть  $\omega \in R^m$  – некоторый «фиксированный режим» заданного ФТП. Выделим к рассмотрению класс многомерных статических нелинейных систем типа «вход-выход», описываемых векторно-тензорным уравнением регрессии вида

$$w(\omega+v) = c + Av + \text{col}(\sum_{j=2, \dots, k} f_1^{j,m}(v, \dots, v), \dots, \sum_{j=2, \dots, k} f_n^{j,m}(v, \dots, v)) + \varepsilon(\omega, v), \quad (1)$$

$w(\omega+v) \in R^n$ ,  $v \in R^m$ ,  $c \in R^n$ ,  $A \in M_{n,m}(R)$ ,  $f_i^{j,m} \in T_m^j$ , вектор-функции  $\varepsilon(\omega, \cdot): R^m \rightarrow R^n$  класса  $\|\varepsilon(\omega, v)\|_{R^n} = o((v_1^2 + \dots + v_m^2)^{k/2})$ ,  $v = \text{col}(v_1, \dots, v_m)$ .

Постановка задачи: а) для заданного значения  $\omega \in R^m$  аргумента исследуемой вектор-функции ФТП  $w(\cdot): \Omega \rightarrow R^n$ , где  $\Omega$  – открытая область в  $R^m$  и фиксированного индекса  $k$  определить аналитические условия, при которых отображение  $w(\cdot)$  удовлетворяет системе (1) с некоторыми  $c$ ,  $A$ ,  $f_i^{j,m}$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq k$ ;

б) построить векторно-матрично-тензорные апостериорные оценки для  $c$ ,  $A$ ,  $f_i^{j,m}$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq k$  из решения двухкритериальной задачи параметрической оптимизации (параметрическая идентификация нелинейной регрессионной модели ФТП):

$$\left\{ \begin{array}{l} \min(\sum_{l=1, \dots, q} (\|w_{(l)} - c - Av_{(l)} - \text{col}(\sum_{j=2, \dots, k} f_1^{j,m}(v_{(l)}, \dots, v_{(l)}), \dots, \sum_{j=2, \dots, k} f_n^{j,m}(v_{(l)}, \dots, v_{(l)})\|_{R^n})^2)^{1/2}, \\ \min(\|c\|_{R^n}^2 + \|A\|_F^2 + \sum_{i=1, \dots, n} \sum_{j=2, \dots, k} \|f_i^{j,m}\|_T^2)^{1/2}; \end{array} \right. \quad (2)$$

здесь  $w_{(l)} \in R^n$ ,  $v_{(l)} \in R^m$ ,  $1 \leq l \leq q$  – суть векторы экспериментальных данных ( $w_{(l)}$  – «реакция» на «вариацию»  $v_{(l)}$  относительно режима  $\omega \in R^m$ ),  $q$  – общее число экспериментов, при этом ограничений на величину  $q$  не накладываем (см. замечание 2);

в) для заданного вектора  $\omega \in R^m$  определить вектор «входных» переменных  $v^* \in R^m$ , обеспечивающий из решения задачи нелинейной « $v$ -оптимизации» взвешенно-осредненную оценку «выходных» характеристик ФТП вида:

$$\min\{F(v): v \in R^m\}, \quad F(v) := \sum_{i=1, \dots, n} r_i w_i(\omega+v), \quad (3)$$

где переменные  $y$  вектор-функции  $\text{col}(w_1(\omega+v), \dots, w_n(\omega+v)) = w(\omega+v) \in R^n$  имеют аналитические представления в силу идентифицированной модели (1) согласно п. б),  $r_i$  – заданные весовые коэффициенты взвешенно-осредненной оценки ФТП.

**2. Существование векторной регрессии с переменными в тензорных классах  $T_m^j$ ,  $j \leq k$ .** В настоящем разделе кратко исследуем некоторые аналитические свойства нелинейных векторных регрессий многих переменных, которые «внешне» похожи на поведение голоморфных функций (задача а) из п. 1). В связи с этим изложение будет в основном основываться на понятии сильной производной (производной Фреше) [5]. Последнее ставит задачу определения остальных аналитических понятий, и, в частности, дифференциалов высших порядков, через конструкции сильных производных; известно [5], что данные производные, по существу, можно (и удобно) трактовать как некоторые математические конструкции со специальной геометрической полилинейной структурой.

**Определение 1** [5]. Пусть  $\Omega$  – открытая область в  $R^m$ ,  $w$  – отображение множества  $\Omega$  в  $R^n$  и  $\omega$  – некоторая точка из  $\Omega$ . Если существует такая матрица  $A \in M_{n,m}(R)$ , что имеет место

$$\lim\{\|w(\omega+v) - w(\omega) - Av\|_{R^n} / \|v\|_{R^m} : v \rightarrow 0 \in R^m\} = 0, \quad (4)$$

то данная матрица  $A$  называется производной Фреше от функции  $w$  в точке  $\omega$

**Замечание 1.** Не трудно установить, что производная Фреше определяется матрицей частных производных  $\partial w_i / \partial v_j$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq m$  в точке  $\omega$  (матрица Якоби); отметим, однако, что факт существования в точке  $\omega$  частных производных функций  $w_1, w_2, \dots, w_n$  (здесь  $w = \text{col}(w_1, \dots, w_n)$ ) не обеспечивает еще наличие производной Фреше, как показывает следующий достаточно простой пример:

**Пример 1.** Пусть  $n=1$ ,  $m=2$ ,  $w(v_1, v_2) = v_1 v_2 / (v_1^2 + v_2^2)^2$  и  $w(0,0) = 0$ ,  $\omega = (0,0)$ . Ясно, что  $\partial w(0,0) / \partial v_1 = \partial w(0,0) / \partial v_2 = 0$ . Поэтому, если бы соответствующая производная Фреше существовала, то, очевидно, это дало бы ее нулевой оператор и, следовательно, соотношение (4) дало бы  $\lim\{w(tv_1, tv_2) / |t| : t \rightarrow 0 \in R\} = 0$ , между тем в действительности этот предел равен  $\infty$ , если только  $v_1 \neq 0$  и  $v_2 \neq 0$ .

Производную Фреше от  $w$  в точке  $\omega$  будем обозначать через  $w(\omega)^{(1)}$ . При этом, если производная  $w(\omega)^{(1)}$  существует для каждой точки  $\omega \in \Omega$  и если кроме того  $\omega \rightarrow w(\omega)^{(1)}$  есть непрерывное отображение из области  $\Omega$  в

$M_{n,m}(R)$ , то отображение  $w$  называется *непрерывно дифференцируемым* в  $\Omega$ . В силу отмеченного имеет смысл говорить о производной для отображения  $w^{(1)}: \Omega \rightarrow M_{n,m}(R)$  в точке  $\omega \in \Omega$ , которую, если она существует (при очевидном изоморфизме пространств  $M_{n,m}(R)$  и  $R^{n \times m}$ ), называют *второй производной* отображения  $w$  и обозначают  $w(\omega)^{(2)}$ . Если вторая производная существует в каждой точке множества  $\Omega$ , то тем самым корректно определен оператор  $w^{(2)}$ , производная которого называется *третьей производной* отображения  $w$ , и вообще *производная  $w(\omega)^{(k)}$  порядка  $k$*  в точке  $\omega$  есть по определению производная оператора  $w^{(k-1)}: \Omega \rightarrow R^{n \times (k-1)m}$ , при этом можно каждой производной  $w(\omega)^{(k)}$  естественным образом поставить в соответствие элемент пространства  $k$ -линейных (при  $k=2$  *билинейных*) отображений из  $R^m \times \dots \times R^m$  в  $R^n$  [5]. В такой постановке дифференциал  $k$ -го порядка допускает более удобную (и наглядную) интерпретацию в конструкциях ковариантных тензоров из  $T_m^k$ .

Утверждение 1. Пусть  $\Omega$  – открытая область в  $R^m$ ,  $w$  – отображение множества  $\Omega$  в  $R^n$  и  $\omega$  – некоторая точка из  $\Omega$ . Если существует производная  $w(\omega)^{(k)}$  порядка  $k$ , то ее дифференциал  $k$ -го порядка в точке  $\omega \in R^m$  имеет аналитическое представление (при  $v \in R^m$ ) вида

$$w(\omega)^{(k)}(v, \dots, v) := \text{col}(f_1^{k,m}(v, \dots, v), \dots, f_n^{k,m}(v, \dots, v)),$$

где  $f_i^{k,m} \in T_m^k$ ,  $i=1, \dots, n$ .

В следующем утверждении установим важное аналитическое свойство, которым должна обладать вектор-функция  $w$ , с целью прояснения: когда отображение  $w$  удовлетворяет – по крайней мере, при некоторых разумных дополнительных предположениях о нем – одному из тех специальных конкретных законов, от которых произошло понятие тензорной регрессии (1), как естественного продукта непрерывного процесса консолидации, абстрагирования и обобщения.

Утверждение 2. Пусть  $\Omega$  – открытая область в  $R^m$ ,  $w$  – отображение множества  $\Omega$  в  $R^n$  и  $\omega$  – некоторая точка из  $\Omega$ . Если существует производная  $w(\omega)^{(k)}$ , которая суть равномерно непрерывная функция от  $\omega$  в  $\Omega$ , то векторное отображение  $w: \Omega \rightarrow R^n$  удовлетворяет системе (1) с некоторыми тензорами  $f_i^{j,m}$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq k$ , вектором  $c=w(\omega)$  и  $(n \times m)$ -матрицей  $A=w(\omega)^{(1)}$ .

**3. Параметрическая идентификация билинейно-тензорной структуры нелинейной векторной регрессии.** Начнем с уточнения конструкции уравнения (1); это уточнение имеет довольно специальный (частный) характер, но его использование в потенциале позволяет не привлекать сложных вычислительных алгоритмов в оценке оптимального вектора функциональных параметров ФТП.

Рассмотрим случай  $k=2$ . В такой постановке уравнение (1) примет вид:

$$w(\omega+v) = c + Av + \text{col}(v^T B_1 v, \dots, v^T B_n v) + \varepsilon(\omega, v), \quad (5)$$

где  $B_i \in M_{m,m}(R)$ ,  $i=1, \dots, n$  при этом считаем, что каждая  $B_i$  – суть верхняя треугольная матрица [7]; в силу утверждения 2 полагаем, что  $c=w(\omega)$ ,  $A=w(\omega)^{(1)}$ .

Параметрическую идентификацию в многокритериальной векторно-матрично-тензорной постановке (2) для многосвязной стационарной статической нелинейной модели типа «черный ящик» в классе регрессий (5), свяжем с понятием *нормального псевдорешения* (канонического решения по методу наименьших квадратов) для конечномерной системы линейных алгебраических уравнений.

Определение 2 [7]. *Нормальным псевдорешением системы линейных алгебраических уравнений вида*

$$Dx=d, D \in M_{q,p}(R), d \in R^q,$$

*называется вектор  $x \in R^p$ , имеющий наименьшую евклидову норму  $\|x\|_{R^p}$  среди всех векторов, приносящих минимум величине нормы  $\|Dx-d\|_{R^q}$ .*

Далее, обозначим через  $E_q$  – единичную  $q \times q$ -матрицу и пусть  $D \in M_{q,p}(R)$ . Через  $D^+$  обозначим обобщенную обратную (псевдообратную) матрицу Мура-Пенроуза [7] для матрицы  $D$ ; известно, что асимптотическая конструкция псевдообратной матрицы имеет следующий аналитический вид:  $D^+ = \lim\{D^T(DD^T + \tau E_q)^{-1} : \tau \rightarrow 0\}$ ; где символ « $T$ » – операция транспонирования; условимся, что везде далее знак « $+$ » означает операцию псевдообращения соответствующей матрицы.

Лемма 1 [8]. *Вектор  $x=D^+d$  – суть нормальное псевдорешение линейной системы:  $Dx=d, D \in M_{q,p}(R), d \in R^q$ .*

Для взаимноувязывания параметров системы (5) и данных генеральной выборки обозначим через  $\hat{u}_{(l)} \in R^{1+m(m+3)/2}$  вектор, имеющий (с учетом верхней треугольной структуры матриц  $B_i, i=1, \dots, n$ ) следующее координатное представление

$$\hat{u}_{(l)} := \text{col}(1, v_{1(l)}, \dots, v_{m(l)}, v_{1(l)}v_{1(l)}, \dots, v_{r(l)}v_{s(l)}, \dots, v_{m(l)}v_{m(l)}) \in R^{1+m(m+3)/2}, \quad (6)$$

$$1 \leq r \leq s \leq m,$$

$$\text{col}(v_{1(l)}, \dots, v_{m(l)}) := v_{(l)} \in R^m,$$

$$1 \leq l \leq q.$$

Назовем  $U := [\hat{u}_{(1)}, \dots, \hat{u}_{(q)}]^T \in M_{q, 1+m(m+3)/2}(R)$  *полной матрицей* экспериментальных данных входных воздействий, соответственно,  $\beta_i := \text{col}(w_{i(1)}, \dots, w_{i(q)}) \in R^q$  – *полным вектором* экспериментальных данных для выходного сигнала  $w_i$  ( $i=1, \dots, n$ ). Далее, стремясь к линейно-параметрическому описанию коэффициентов нелинейной модели «вход-выход» для выходного ФТП-сигнала  $w_i$  выпишем (согласно системы (5)) линейно-квадратичную форму правой части уравнения его регрессии

$$c_i + \sum_{1 \leq j \leq m} a_{ij} v_j + \sum_{1 \leq g \leq p \leq m} b_{igp} v_g v_p \quad (i=1, \dots, n). \quad (7)$$

Теперь введем в рассмотрение  $(1+m(m+3)/2)$ -вектор  $z_i$  параметров модели ФТП

$$c_i, a_{i1}, \dots, a_{im}, b_{i11}, \dots, b_{igp}, \dots, b_{imm}$$

для модели регрессии (7). Ясно, что в силу уравнений (7) любой фиксированный набор из  $n$  таких векторов полностью определяет (задает) аналитическое представление модели относительно некоторой системы «вход-выход» типа (5):

$$z_i := \text{col}(c_i, a_{i1}, \dots, a_{im}, b_{i11}, \dots, b_{igp}, \dots, b_{imm}) \in R^{1+m(m+3)/2}, \\ 1 \leq i \leq n.$$

Утверждение 3. *Параметрическая идентификация (2) в терминах регрессионной модели (5) имеет алгебраическое решение*

$$z_i^* = U^+ \beta_i, \quad i=1, \dots, n; \quad (8)$$

здесь  $U$  – полная матрица экспериментальных данных входных воздействий (6),  $\beta_i$  – полный вектор экспериментальных данных выходного сигнала  $w_i$  ( $i=1, \dots, n$ ), индуцированного воздействиями (6).

Следствие 1 [9]. Пусть  $z_i^* = U^+ \beta_i$  ( $i=1, \dots, n$ ). Тогда каждый вектор  $z$  параметров регрессионной модели (5), характеризующей поведение ФТП, такой, что имеет место  $z \neq z_i^*$ , удовлетворяет одному из следующих двух условий:

$$a) \|\beta_i - Uz\|_{R^q} > \|\beta_i - Uz_i^*\|_{R^q},$$

или, в противном случае:

$$б) \|\beta_i - Uz\|_{R^q} = \|\beta_i - Uz_i^*\|_{R^q} \text{ и } \|z\|_{R^{1+m(m+3)/2}} > \|z_i^*\|_{R^{1+m(m+3)/2}}.$$

Замечание 2. Качественные оценки  $a)$ ,  $б)$  следствия 1 в основном зависят от «объема» апостериорной информации (количества экспериментов  $q$ ), а именно, если  $q > 1+m(m+3)/2$ , то, как правило, реализуется пункт  $a)$ , если  $q \leq 1+m(m+3)/2$  – весьма вероятно, что имеет место методологическая позиция  $б)$ .

**4. Оптимизация управления ФТП на базе билинейно-тензорной интерполяции его функциональной модели.** Параметрическая идентификация функциональной модели ФТП класса (5), исследованная в предыдущем разделе, является необходимым требованием при выборе «управления»  $v$ . Однако вариантов подобного управления очевидно много, и необходимо выбрать среди них тот, который оптимален с точки зрения некоторого формального критерия, характеризующего определенное «физико-техническое» качество данного управления. В этом разделе рассмотрим критерий оптимальности (3) (с приоритетным выбором коэффициентов  $r_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  согласно, например, [10]) и обсудим для него алгоритмическую технику получения *оптимального* управления  $v^*$ .

Утверждение 4. Пусть  $D_i := (B_i + B_i^T)$ , где матрица  $B_i$  идентифицирована согласно билинейно-тензорной регрессионной модели (5). Тогда при варьировании координат вектора  $v \in R^m$  показатель функционального качества ФТП вида  $J_i(v) := w_i(v)$ , ( $i=1, \dots, n$ ) может, в силу идентифицированных уравнений (5), иметь внутренний экстремум только в точке  $v_i^* \in R^m$ :

$$v_i^* = -D_i^{-1} A^T e_i, \quad (9)$$

где  $\{e_1, \dots, e_n\}$  – стандартный базис в  $R^n$ .

Если  $v^T D_i v$  – суть отрицательно определенная квадратичная форма, то функционал качества  $J_i(v)$  имеет в точке  $v_i^*$  максимум, если  $v^T D_i v$  – положительно определенная квадратичная форма, то  $J_i(v)$  претерпевает в  $v_i^*$  минимум; в обоих случаях  $v_i^*$  – стационарная точка эллиптического типа.

Наконец, если  $v^T D_i v$  может принимать как положительные, так и отрицательные значения (с  $v^T D_i v \neq 0$  при  $v \neq 0$ ), то экстремум отсутствует, а  $v_i^*$  – точка гиперболического типа (седловая точка).

Следствие 2. Если матрица  $D_i$  является положительно определенной (аналогично, отрицательно определенной), то минимальное (соответственно максимальное) значение  $J_i(v^*)$  равно  $c_i - e_i^T A D_i^{-1} A^T e_i / 2$ , где  $c_i$  –  $i$ -ая координата вектора  $c \in R^n$  системы (5).

Каждый функционал  $J_i(v)$ ,  $i=1, \dots, n$  при соответствующем истолковании может быть обобщен на случай целевого функционала (3), который рассмотрим ниже. Таким образом, утверждение 4 и формула (9) позволяют за конечную последовательность действий вычислять геометрические координаты стационарной точки задачи оптимизации (3); данные координаты управления  $v$  определяют в терминах идентифицированных коэффициентов системы (5) технологические параметры режима функционирования ФТП:

Утверждение 5. Пусть  $D_i := (B_i + B_i^T)$ ,  $i=1, \dots, n$ ,  $\text{diag} [\dots]$  – диагональная  $n \times n$ -матрица. Тогда стационарная точка  $v^* \in R^m$  задачи оптимизации (3) (для минимизации «взвешенно-осредненной» оценки качества ФТП) имеет вид

$$v^* = -(r_1 D_1 + \dots + r_n D_n)^{-1} ((e_1 + \dots + e_n)^T \text{diag}[r_1, \dots, r_n] A)^T, \quad (10)$$

при этом достаточным условием, что решение  $v^*$  обеспечивает качество

$$\min\{F(v): v \in R^m\}$$

является требование: стационарная точка  $v^*$  имеет эллиптический тип, т.е.

$$\det [d_{ij}]_p > 0, \quad p=1, \dots, m, \quad (11)$$

где  $[d_{ij}]_p \in M_{p,p}(R)$  – главные подматрицы [7] матрицы

$$D := (r_1 D_1 + \dots + r_n D_n),$$

что эквивалентно: собственные числа  $\lambda_i$  матрицы  $D$  отвечают неравенствам

$$\lambda_i > 0, \quad i=1, \dots, m. \quad (12)$$

Изложенный подход методологически расширяет стандартную процедуру планирования эксперимента [1]. При этом, если расчетные (прогнозируемые) координаты стационарной точки (10) по каким-либо физико-техническим параметрам выходят за область адекватности идентифицированной модели (5), то необходимо провести дополнительный натурный эксперимент, т.е. осуществить замер (с вектором  $v$ , максимально близким к точке (10)) параметров ФТП с внесением полученного результата в расширенную матрицу экспериментальных данных  $U$ . После чего необходимо сделать пересчет [3] всех вышеизложенных этапов процесса оптимизации координат ФТП; при необходимости подобный эксперимент, параметрическую идентификацию (5) и оптимизацию (3) необходимо повторить.

**Заключение.** Основной задачей работы являлось дать точное и удобное определение нелинейной векторной регрессии на языке тензорной алгебры, то есть дать такой язык, на котором можно было бы перевести регрессионные математические утверждения, записи на котором были бы компактны и удобны в обращении. При этом проведено построение стационарно-нелинейной математической модели типа «вход-выход» для процесса определения геометрических координат оптимального ФТП в распределенной среде индуцированных им технологических параметров и используемой для расчета эффективного режима функционирования ФТП. Данная билинейно-тензорная регрессионная модель использует идентифицированные на базе полученных экспериментальных данных многомерные квадратичные уравнения, что позволяет адекватно описать функционирование ФТП в широком диапазоне вариаций его технологических параметров.

Изложенные в статье идеи можно развить в нескольких направлениях теоретико-прикладных изысканий по совершенствованию предложенных выше алгоритмов расчета оптимальной [11-12] технологии построения ФТП, а также расширению рамок адекватности регрессионных уравнений ФТП за счет дополнительного исследования факторов ее нелинейности: на разработку процедуры выбора весовых коэффициентов  $r_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  критерия (3), обеспечивающего минимизацию ФТП, исходя из алгебраических условий (11), (12), обеспечивающих эллиптический характер стационарной точки (10) целевого функционала  $F(v)$ ; на расширение линейно-квадратичной формы уравнений регрессии (5) «тейлоровским разложением» согласно утверждения 2 вектор-функции  $w(v)$  более высокого порядка; на статистическое описание технолого-параметрических координат ФТП.

## Список литературы

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 255 с.
2. Андриевский, Б.Р. Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB и SCILAB / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков.– СПб: Наука, 2001. – 288 с.
3. Бернштейн, А.В. Об одной методологии построения аппроксимаций многомерных зависимостей / А.В. Бернштейн, А.П. Кулешов, Е.В. Бурнаев // Пленарные и избранные доклады IV Международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО'2008, 27-29 октября 2008 года. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. С. 56-62.
4. Ван дер Варден Б.Л. Алгебра. – М.: Наука, 1979. – 624 с.
5. Гантмахер, Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1988. – 552 с.
6. Ланкастер, П. Теория матриц. – М.: Наука, 1982. – 268 с.
7. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. – М.: Наука, 1976. – 544 с.
8. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, Я. Такахара. – М.: Мир, 1978. – 312 с.
9. Макаров, И.М. Теория выбора и принятия решений / И.М. Макаров, Т.М. Виноградская, А.А. Рубчинский, В.Б. Соколов – М.: Наука, 1982. – 328 с.
10. Рабочие процессы регулирования дизеля / Т. В. Бодякина, П. А. Болоев, Е. В. Елтошкина, Н. О. Шелкунова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 9-16. – EDN SMGVVR.
11. Хорн, Р. Матричный анализ / Р. Хорн, Ч. Джонсон. – М.: Мир, 1989. – 656 с.
12. Rosenberg, A.E. On the scientific method and the foundation of system identification / A.E. Rosenberg, D.W.C. Shen// – In: Modelling, Identification and Robust Control (Byrnes C.I., Lindquist A., eds.). – North Holland, Amsterdam, 1986, pp. 563-580.
13. Ljung, L. Theory and Practice of Recursive Identification / L. Ljung, T. Söderström // – MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1983, pp. 245-256.
14. Mathematical Modeling of the Differential Dynamics of the Galvanic Process of Restoring the Seats of the Main Supports of Autotractor Engines / D. Rozhkov, P. Plyin, E. Eltoshkina, O. Svirbutovich // International Conference on Aviaemechanical Engineering and Transport (AviaENT 2019) : Proceedings of the International Conference on Aviaemechanical Engineering and Transport (AviaENT 2019), Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. Vol. 188. – Irkutsk: AtlantisPress, 2019. – P. 288-297. – DOI 10.2991/aviaent-19.2019.54. – EDN RVQEBD.

**УДК 519**

## **ИЗУЧЕНИЕ АСПЕКТОВ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

**<sup>1</sup>Маренко В.А., <sup>2</sup>Лучко О.Н.**

<sup>1</sup>Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН,

*г. Новосибирск, пр. акад. Коптюга, 4, Россия*

<sup>2</sup>Омская гуманитарная академия, *г. Омск, ул. 4-ая Челюскинцев, 2А, Россия*

В статье рассмотрены факторы, влияющие на региональное развитие экономики. Примером для моделирования выбрано пчеловодство, как сектор экономики, который играет важную стратегическую роль, обеспечивая и способствуя совершенствованию

таких отраслей в регионах как растениеводство и животноводство. Обзор научных публикаций показал, что основными управляющими факторами проблемы являются такие факторы как «господдержка», «цифровые технологии», «качество продукции», «гибридизация» и др. На основе когнитивного подхода с применением выявленных факторов проведено когнитивное моделирование целевого фактора «развитие пчеловодства». С применением экспертных рассуждений между различными факторами устанавливаются причинно-следственные отношения по схеме «если А, то В», где А – причина, В – следствие. С помощью экспертных методов определены веса взаимосвязей между факторами. Симплициальный анализ когнитивной модели проведен с использованием матрицы инцидентности, содержащей тринадцать симплексов с разной связностью. Симплициальный анализ показал, что к функционально значимым факторам рассматриваемой проблемы относятся факторы «конкурентоспособность», «господдержка», «контроль» и «цифровые технологии», которые рекомендуется использовать управляющим структурам для обоснования управленческих решений.

*Ключевые слова:* моделирование, когнитивная модель, симплициальный анализ, экспертные методы, пчеловодство.

## STUDYING ASPECTS OF REGIONAL DEVELOPMENT

<sup>1</sup>Marenko V.A., <sup>2</sup>Luchko N. O.

<sup>1</sup>Sobolev Institute of Mathematics SB RAS, *Novosibirsk, Russia*

<sup>2</sup>Omsk Humanitarian Academy, *Omsk, Russia*

The article examines the factors influencing the development of beekeeping as one of the important sectors of the Russian economy. The modeling of the target factor for the development of beekeeping was carried out using a cognitive approach. A review of scientific publications showed that the main controlling factors of the problem are factors such as “state support”, “digital technologies”, “product quality”, “hybridization”, etc. A cognitive model was constructed in the form of a mathematical structure - a weighted directed graph, the vertices of which are identified factors, and arcs - connections between them. The relationships between factors are represented by cause-and-effect relationships and are established according to the rule “if A, then B,” where A is the cause, B is the effect. For example, “If the use of herbicides is greater, then the development of beekeeping is less.” In this case, the relationship between the factors “use of herbicides” and “beekeeping development” is reversed. A simplicial analysis of the cognitive model showed that the functionally significant factors of the problem include the factors “competitiveness”, “state support”, “control” and “digital technologies”, which are recommended to be used by management structures to justify organizational decisions.

*Key words:* modeling, cognitive model, simplicial analysis, beekeeping.

### Введение

Пчеловодство, как сектор экономики, играет важную стратегическую роль, обеспечивая и способствуя развитию таких отраслей как растениеводство и животноводство. Россия относится к числу стран мира с развитым пчеловодством, устойчивое развитие которого зависит от многих факторов, в том числе от рентабельного ведения дел в отрасли, создания условий для обеспечения стабильного повышения качества продукции и уровня жизни сельского населения на территориях, где успешно развивается пчеловодство. В производстве меда лидируют Башкирия, Татарстан, Алтайский край, Краснодарский край, Белгородская, Воронежская, Оренбургская и Орловская области. Российский мед поставлялся в 26 стран

мира. В 2022 году крупными покупателями выступали такие страны как Китай, Белоруссия, Сербия и Казахстан. Пчеловодство является перспективным и доступным видом деятельности, которую могут освоить безработные граждане, пенсионеры и инвалиды, в целях получения основного или дополнительного дохода. В настоящее время более 94 % меда производится малыми хозяйствами [7].

Многие специалисты, работающие в отрасли, отмечают наличие сдерживающих факторов развития пчеловодства. Например, Лебедев В.И. с коллегами из Рязанской области считают, что к таким факторам, в основном, относятся сложности с реализацией продукции, слабый приток молодежи в отрасль, трудности по борьбе с болезнями пчелиных семей и некоторые другие факторы, в том числе различные риски [3]. Селюков М.В. и Курчина Ю.Н. из Белгородской области относят к рискам такие их виды, как коммерческие, финансовые, производственные и форс-мажорные обстоятельства. Коммерческие риски связаны с реализацией продукции на рынке. Финансовые риски вызваны инфляционными процессами. Производственный риск предопределяется возможным уменьшением объемов производства продукции из-за неблагоприятных погодных условий, эпидемий и болезней пчел при несоблюдении санитарно-эпидемиологических правил их содержания и лечения. Риски, связанные с форс-мажорными обстоятельствами, обуславливаются непредвиденными ситуациями [6]. Елбаскин А.А. и Тяпкина М.Ф. (Иркутский ГАУ) уделяют большое внимание фактору «государственная поддержка» малых форм сельского предпринимательства, которая способствует внедрению инновационной модели развития в их структуру с целью повышения конкурентоспособности сельхозпродукции в целом, создании новых рабочих мест в сельской местности и т.д. [1].

### **Построение когнитивной модели**

Пчеловодство рассматривается нами с системных позиций, как сложная самоорганизующаяся социально-экономическая система, на которую оказывают влияние многие факторы, в том числе нормативно-правовые акты [9]. Как считают специалисты Юмагужин Ф. Г. и его команда из Башкортостана большое значение для успешного развития пчеловодства имеют цифровые технологии, позволяющие осуществлять взаимодействие пчеловодов и землепользователей по предоставлению оперативной информации о применении гербицидов и пестицидов в растениеводстве [10]. «Циклические явления в природе», «неосмотрительная гибридизация популяций пчелиных семей», «избыточное применение лекарственных препаратов» при их лечении наносят немалый урон отрасли. Приведенные параметры рассматриваются как негативные управляющие факторы рассматриваемой проблемы. «Развитие ветеринарных служб», «господдержка отрасли», «повышение качества продукции пчеловодства» – это позитивные управляющие факторы. Целевой фактор нашего исследования – «развитие пчеловодства». С применением экспертных

методов между различными факторами устанавливаются причинно-следственные отношения по схеме «если А, то В», где А – причина, В – следствие [4]. Далее формируется когнитивная карта в виде математической структуры – взвешенного ориентированного графа, вершинами которого являются выявленные факторы, а дугами – взаимосвязи, между ними, имеющими прямое или обратное направление, снабженные экспертными оценками из интервала от нуля до единицы (рисунок 1).



Рисунок 1- Когнитивная модель «Развитие пчеловодства»

Для выявления неявных связей между факторами проведен симплициальный анализ, который оперирует понятиями комплекса, симплекса, матрицы инцидентности и др. [5]. В нашем примере симплициальные комплексы  $K_X(Y, R)$  и  $K_Y(X, R)$  исследовались с использованием матрицы инцидентности, содержащей тринадцать симплексов с разной связностью.

Анализ начинался с наибольшей связности и заканчивался связностью равной нулю. Первый столбец с наибольшим числом элементов содержит пять единиц. Наибольшая связность комплекса  $q=4$ . На этом уровне связности имеется один симплекс  $\{x_8\}$ , который соответствует фактору «конкурентоспособность». Далее понижается уровень связности на единицу, выявляются соответствующие симплексы, и проверяется условие их объединения.

Результаты  $q$ -связности для комплекса  $K_X(Y, R)$ .

$$q=4 \quad Q_4=2 \quad \{x_8\}$$

$$q=3 \quad Q_3=2 \quad \{x_8\}\{x_9\}$$

$$q=2 \quad Q_2=2 \quad \{x_8\}\{x_9\}\{x_{11}\}\{x_{14}\}$$

$$q=1 \quad Q_1=2 \quad \{x_8\}\{x_9\}\{x_{11}\}\{x_{14}\}\{x_{11}\}\{x_6\}$$

$$q=0 \quad Q_0=1 \quad \{все\}$$

Связных симплексов для комплекса  $K_X(Y, R)$  не обнаружено. Далее исследуется комплекс  $K_Y(X, R)$ . Третья, четвертая, седьмая строки содержат по три элемента. Наибольшая связность комплекса  $q=2$ . На этом уровне связности имеется три симплекса  $\{x_3\}$ ,  $\{x_4\}$ ,  $\{x_7\}$  – факторы «господдержка», «контроль» и «цифровые технологии». Связных симплексов для комплекса  $K_Y(X, R)$  так же не обнаружено.

Факторы с симплексами наибольшей размерности «конкурентоспособность», «господдержка», «контроль» и «цифровые технологии» рекомендуется использовать административным структурам для обоснования управленческих решений.

Таким образом, когнитивное моделирование представляет собой доступный инструмент для анализа проблем, благодаря его способности структурировать сложные проблемы, анализировать влияние различных факторов и предлагать альтернативные стратегии для их решения.

### **Заключение**

Современные технологии в области содержания и разведения медоносных пчел, а также в процессе получения и переработки продуктов пчеловодства, позволяют создавать новые виды продукции, расширяя ассортимент апипродуктов [8]. Пчеловодство обладает высоким потенциалом для устойчивого развития сельских территорий, представляя собой культуру здорового образа жизни. В настоящее время пчеловодство открывает новые перспективы для развития туризма, в том числе агротуризм и экотуризм, что способствует динамичному развитию сельских территорий. Агротуризм и экотуризм наиболее щадящая форма использования богатых природных ресурсов. При их оптимальной организации природной среде наносится минимальный ущерб.

В настоящее время для успешного развития сельского хозяйства, в том числе пчеловодства, необходимо решать ключевую задачу: привлечение в отрасль молодежи, обладающей современными компетенциями. Без решения этой проблемы сельское хозяйство может стать неконкурентоспособным как на внутренних, так и на внешних рынках [2].

Проведенное исследование показало, что функционально значимыми факторами рассматриваемой проблемы являются факторы «конкурентоспособность», «господдержка», «контроль» и «цифровые технологии», которые рекомендуется использовать административным структурам для обоснования управленческих решений.

### **Список литературы**

1. Елбаскин, А.А. Приоритетные направления развития крестьянских (фермерских) хозяйств в Иркутской области / А.А. Елбаскин, М.Ф. Тяпкина // В сб. Научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. – Молодежный: Изд-во Иркутской ГАУ, 2023. – С. 186-191.

2. Калинина, С.А. Роль аграрного образования в повышении устойчивости развития сельских территорий / С.А. Калинина, С.В. Труфанова // Аграрный вестник Урала. – 2023. – Т. 23. – № 9. – С. 108-118.

3. Лебедев, В.И. Состояние и основные направления стратегии развития пчеловодства в России / В.И. Лебедев, Л.В. Прокофьева, Ю.В. Докукин, Я.Л. Шагун // Вестник Рязанского государственного агротехнического университета им. П.А. Косычева. – 2018. – № 1 (37). – С. 42-47.

4. Лучко, О. Н. Когнитивное моделирование как инструмент поддержки принятия решений : Монография / О. Н. Лучко, В. А. Маренко. – Омск, Новосибирск : Омский государственный институт сервиса, Сибирское отделение РАН, 2014. – 119 с. – ISBN 978-5-7692-1363-2. – EDN UGPVZH.

5. Маренко В.А. Метод исследования объектов социально-экономической сферы для информационной поддержки принятия решений // Труды института системного анализа РАН. – 2020. – Т. 70. – № 4.– С. 3-12.

6. Селюков, М. В. Организация пчеловодства как вида предпринимательской деятельности / М. В. Селюков, Ю. Н. Курчина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 398. – EDN SYZPLV.

7. Современные проблемы пчеловодства и апитерапии / Материалы Международной научно-практической конференции 18 декабря 2020, г. Рыбное / под ред. А.З. Брандорф, Р.П. Калинина, А.В. Бородачева, Л.Н. Савушкиной, Н.В. Будниковой. – Рыбное : ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», 2021. – 483 с.

8. Хурбугулдаев, И. А. Перспективы развития экологического туризма в Тункинском национальном парке / И. А. Хурбугулдаев, С. А. Козлова // Биосферное хозяйство: теория и практика. – 2021. – № 1(31). – С. 92-97. – EDN VALVQL.

9. Федеральный закон № 490-ФЗ “О пчеловодстве в Российской Федерации” от 30 декабря 2020. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056366>.

10. Юмагужин, Ф. Г. Актуальные проблемы государственного управления пчеловодством в Республике Башкортостан / Ф. Г. Юмагужин, Л. М. Сабитова, А. Р. Валиева // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2023. – № 1(27). – С. 84-93. – DOI 10.36718/2500-1825-2023-1-84-93. – EDN LTALNQ.

#### **Финансирование**

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМ СО РАН, проект FWNF-2022-0016.

**УДК 519.6:311**

### **СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ РИСКОВ**

**Краковский Ю.М., Киргизбаев В.П., Кириллова Т.К.**

ФГБОУВО Иркутский государственный университет путей сообщения,  
*г. Иркутск, Россия*

Предложено в организации использовать бюджетный фонд, в котором накапливаются, а затем расходуются необходимые финансовые средства для выполнения работ, обеспечивающих информационную безопасность. В качестве показателей, характеризующих эффективность организации этих работ, предложены риски в виде вероятности негативного события, в нашем случае «обнуление» БФ, и коэффициента

вариации. При дискретно-имитационном моделировании эти показатели заменяются на точечные и интервальные оценки. Проведена апробация созданной моделирующей программы по оценке этих показателей, получены практические рекомендации.

*Ключевые слова:* точечные и интервальные оценки, теория рисков, дискретно-имитационное моделирование, информационная безопасность.

## STATISTICAL METHODS FOR ASSESSING EFFICIENCY INDICATORS OF INFORMATION SECURITY WORKS BASED ON RISKS

**Krakovsky Yu.M., Kirgizbaev V.P., Kirillova T.K.**

Irkutsk State Transport University,  
*Irkutsk, Russia*

It is proposed that the organization use a budget fund in which the necessary financial resources are accumulated and then spent to carry out work that ensures information security. Risks in the form of the probability of a negative event, in our case “zeroing” the BP, and the coefficient of variation are proposed as indicators characterizing the effectiveness of organizing these works. In discrete simulation modeling, these indicators are replaced by point and interval estimates. The created modeling program for assessing these indicators was tested, and practical recommendations were obtained.

*Key words:* point and interval estimates, risk theory, discrete simulation modeling, information security.

### **Введение**

В последние годы в нашей стране реализуется программа по цифровизации экономики. В процессе ее реализации большое внимание уделяется информационной безопасности информационных систем различного назначения в условиях ограниченных финансовых ресурсов. В теории защиты информации эти вопросы объединяются в направление, которое называют экономикой информационной безопасности [3]. Так, например, в работе [10] рассматривается «математическая модель на основе симплекс-метода, которая позволяет оптимизировать расходы на информационную безопасность, учитывая различные уровни угроз и ограничения». Важность экономики информационной безопасности приведена в статье [8], где отмечено, «что управление экономикой информационной безопасности включает в себя особые процессы и методы для эффективного планирования, управления, мониторинга и контроля событий, связанных с защитой информации».

По статистике [3], «самым большим препятствием на пути принятия каких-либо мер по обеспечению информационной безопасности в компании являются две причины: 1) отсутствие необходимого бюджета; 2) отсутствие поддержки со стороны руководства». В связи с этим, необходимо обучать специалистов по защите информации вопросам экономики информационной безопасности. Это направление использует математические и информационные технологии, а также теорию рисков. Важность

математических и статистических методов в учебно-научном процессе отмечается во многих исследованиях, например [6, 7].

В предлагаемой работе объектом исследования являются математические и программно-технические средства защиты корпоративных информационных систем. Данная работа является продолжением статьи [4], в которой для выполнения работ службой информационной безопасности организации предлагается использовать бюджетный фонд (БФ).

Целью данного исследования является обоснование и формулировка показателей эффективности при выполнении работ специалистами по защите информации на основе БФ.

### **Математическое описание показателей эффективности**

Следуя работе [4], введем такие обозначения:

$Fs(t)$  – состояние БФ (наличие в нем финансовых средств), тыс. руб.;

$Fs_0$  – начальное значение процесса  $Fs(t)$ , тыс. руб.;

$s$  – время, когда  $Fs(t) < 0$  (время, когда в БФ закончились деньги на оплату работ), сут. Назовем это время – временем «обнуления» БФ.  $S$  – случайная величина для которой определяется время  $s$ ;

$n_0$  – число реализаций процесса  $Fs(t)$ , необходимых при моделировании.

В данном исследовании используется дискретно-имитационное моделирование с применением созданной моделирующей программы [1, 2];

$S_t$  – промежуток времени, через который может произойти «обнуление» БФ, сут. (квартал, полугодие или другое время);

$(s < S_t)$  – негативное событие, заключающееся в том, что произошло «обнуление» БФ.

Первая задача моделирующей программы создать выборку величин объема  $n$

$$Ts = (s_1, \dots, s_i, \dots, s_n). \quad (1)$$

Эта выборка затем обрабатывается предложенными статистическими методами.

В качестве показателей, характеризующих эффективность организации работ по защите информации, предлагаются риски. В экономике основными моделями, описывающими риски, являются вероятность негативного события (однофакторная модель), в нашем случае «обнуление» БФ

$$p_t = P(s < S_t), \quad (2)$$

и коэффициент вариации для величины  $S$ , %

$$c_s = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100, (\%). \quad (3)$$

Здесь  $\sigma$  – значение среднеквадратического отклонения на интервале  $S_t$ ,  $\mu$  – значение математического ожидания на интервале  $S_t$ .

При дискретно-имитационном моделировании величина (2) оценивается через точечную ( $\tilde{R}_\tau$ ) и интервальную ( $\tau_1, \tau_2$ ) оценки [5]

$$\tilde{R}_\tau = \frac{k_\tau}{n_0}, \quad (4)$$

где  $k_\tau$  – количество реализаций процесса, когда событие ( $s < S_i$ ) существует;

$$\tau_1 = \frac{k_\tau}{k_\tau + (n_0 - k_\tau + 1) \cdot F_1(v_1, v_2)}, \quad (5)$$

где  $F_1(v_1, v_2)$  – значение для  $F$ -распределения при известных параметрах ( $v_1$  и  $v_2$ ) и доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$ :  $v_1 = 2 \cdot (n_0 - k_\tau + 1)$ ,  $v_2 = 2 \cdot k_\tau$ ;

$$\tau_2 = \frac{(k_\tau + 1) \cdot F_2(v_3, v_4)}{n_0 - k_\tau + (k_\tau + 1) \cdot F_2(v_3, v_4)}, \quad (6)$$

где  $F_2(v_3, v_4)$  – значение для  $F$ -распределения при других значениях параметров и вероятности:  $v_3 = 2 \cdot (k_\tau + 1)$ ,  $v_4 = 2 \cdot (n_0 - k_\tau)$ .

Коэффициент вариации (3) также оценивается через точечную ( $\tilde{c}_\tau$ ) и интервальную ( $v_1, v_2$ ) оценки [9]

$$c_\tau = \frac{\sigma_\tau}{\mu_\tau} \cdot 100, (\%), \quad (7)$$

где  $\sigma_\tau$  – оценка среднеквадратического отклонения на интервале  $S_i$ ,  $\mu_\tau$  – оценка математического ожидания на интервале  $S_i$ ;

$$v_1 = \exp \left( \ln(c_\tau) - z_\gamma \sqrt{\frac{1 + (\ln(c_\tau))^2}{k_\tau - 1}} \right), (\%) \quad (8)$$

$$v_2 = \exp \left( \ln(c_\tau) + z_\gamma \sqrt{\frac{1 + (\ln(c_\tau))^2}{k_\tau - 1}} \right), (\%) \quad (9)$$

где  $z_\gamma = 1,96$  – критическое значение статистики  $Z$  при доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$ .

Второй задачей созданной моделирующей программы является оценка показатели (4) – (9) по выборке (1), а также получение дополнительной информации, например гистограммы частот.

### Результаты моделирования

Апробация оценки показателей эффективности проведена для пяти работ по инцидентам информационной безопасности. Этими работами являются:

1) поддержка и модернизация программных средств защиты информации;

2) восстановление работоспособности технических и программно-аппаратных средств защиты информации;

3) резервное копирование важной информации;

4) поддержка, восстановление и модернизация средств защиты информации для сложных сетевых инфраструктур;

5) поддержка и модернизация криптографических средств защиты информации, включая программно-аппаратные комплексы.

По каждой работе найдены исходные данные экспертно. На рисунках 1 и 2 приведены полученные гистограммы для двух вариантов по начальному значению  $Fs_0$  при  $S_t = 180$  сут.: для варианта А начальное значение меньше, чем для варианта В.

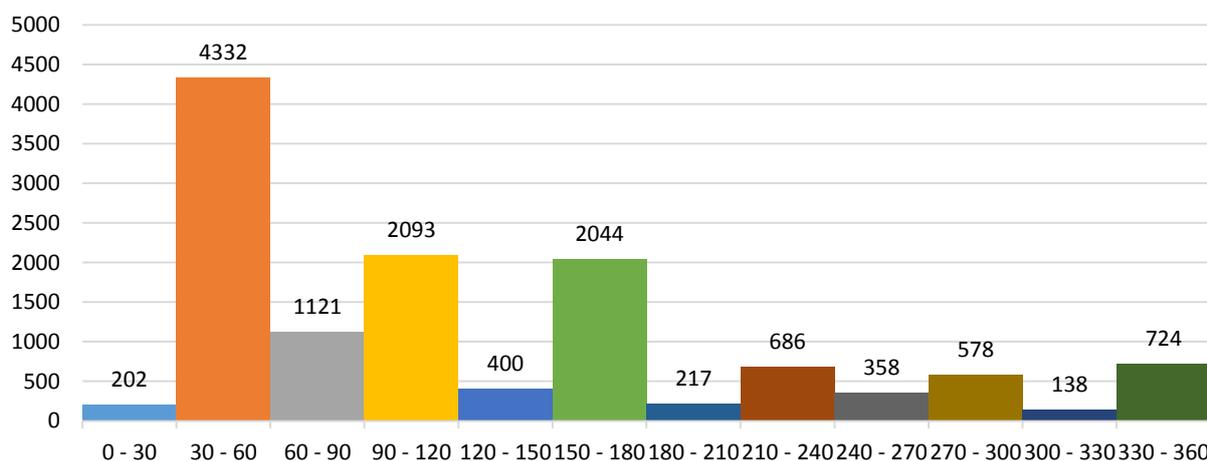


Рисунок 1 – Гистограмма частот для варианта А, ширина столбца 30 сут.

Для варианта А получены следующие значения показателей:  $k_\tau = 10192$ ,  $\tilde{R}_\tau = 0,5096$ ,  $\tilde{c}_\tau = 48,03\%$ ; для варианта В получены следующие значения показателей:  $k_\tau = 1374$ ,  $\tilde{R}_\tau = 0,0687$ ,  $\tilde{c}_\tau = 27,32\%$ .

Анализ приведенных гистограмм частот, а также полученных значений показателей эффективности позволяют сделать вывод о том, что процесс  $Fs(t)$  существенно зависит от исходных данных. Только изменение начального значения  $Fs_0$  существенно изменило и гистограммы частот, и значения показателей эффективности. Это обосновывает применение для оценки показателей в виде рисков дискретно-имитационного моделирования, когда для каждого набора исходных данных можно получить с хорошей точностью и значения показателей, и гистограммы частот для различных  $S_t$ .

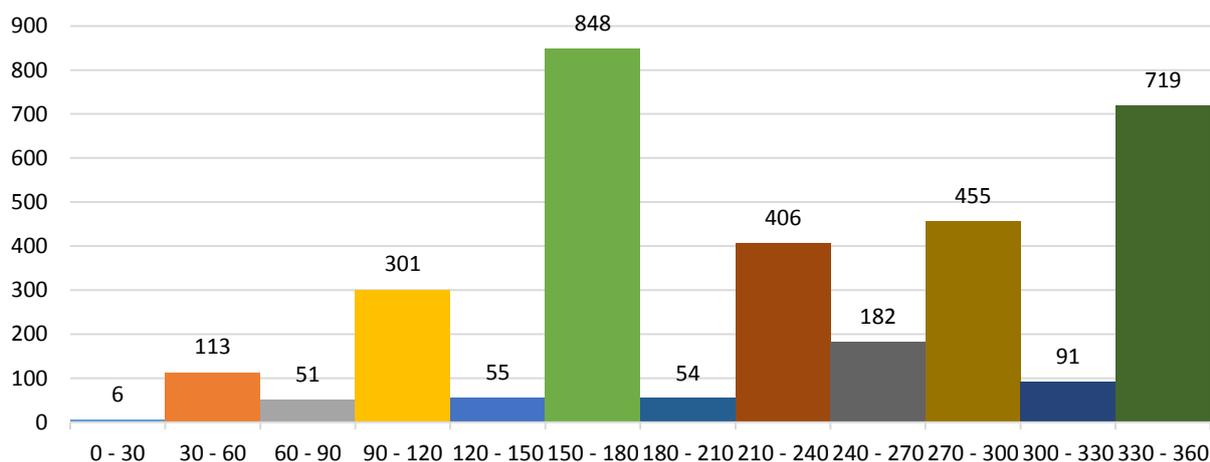


Рисунок 2 – Гистограмма частот для варианта В, ширина столбца 30 сут.

Меняя исходные данные, можно провести исследования по их влиянию на интересующие показатели эффективности.

### Список литературы

1. Кельтон, В. Имитационное моделирование / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб.: Питер, 2004. – 847 с.
2. Киргизбаев В.П., Краковский Ю.М. Программа дискретно-имитационного моделирования работ, выполняемых службой информационной безопасности организации, при наличии бюджетного фонда (ПДИМР). Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2024616820, 25.03.2024. Заявка № 2024615298 от 13.03.2024.
3. Краковский, Ю. М. Методы и средства защиты информации / Ю. М. Краковский. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 272 с. – Текст: непосредственный
4. Краковский, Ю.М. Математическое обеспечение для моделирования работ, связанных с информационной безопасностью при наличии бюджетного фонда / Ю.М. Краковский, В.П. Киргизбаев // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Образование - наука – производство» – 2023. – Том 2. – С. 25–34.
5. Краковский, Ю.М. Моделирование ремонтных работ оборудования на основе случайного процесса риска / Ю.М. Краковский, Н.А. Хоанг // Прикладная информатика. – 2020. – Т.15. – № 6. – С. 5–15. DOI: 10.37791/2687-0649-2020-15-6-5-15.
6. Овчинникова, Н.И. Композиционный метод оценки времени между отказами сельскохозяйственной уборочно-транспортной системы / Н.И. Овчинникова, А.В. Косарева // Вестник ИрГТУ. – 2018. – Т. 22, № 10. – С. 46–55.
7. Овчинникова, Н.И. Статистическая оценка показателей надежности картофелеуборочного процесса / Н.И. Овчинникова, В.В. Боннет и др. // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 9. – С. 134–138.
8. Оганесян, Л.Л. Проектное управление в информационной безопасности / Л.Л. Оганесян, Н. С. Козырь // Вестник Академии знаний. – 2023. – № 4(57). – С. 207–209.
9. Payton, M.E. Confidence intervals for the coefficient of variation / M.E. Payton // 8th Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture. – 1996. – P. 82–90.
10. Сизов, В.А. Моделирование экономики информационной безопасности субъекта экономической деятельности на основе симплекс-метода / В.А. Сизов, А.А. Дрожкин // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2021. – Т. 18, № 1(115). – С. 173–178.

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА ЧЕРЕЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ И САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

**Байкова Л.А., Миндеева С.В., Таирова Е.В.,  
Толстых О.Д., Черняева Т.Н.**

**ФГБОУ ВО ИрГУПС**

*Чернышевского 15, Иркутск, Иркутская обл., Россия*

В статье описывается опыт работы преподавателей математических дисциплин Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), который направлен на повышение качества обучения студентов технического вуза – будущих инженеров. В данной статье рассмотрены вопросы организации и подготовки студентов в рамках самостоятельной, научно-исследовательской, практической и лабораторной работ, которые улучшают качество обучения.

*Ключевые слова:* качество обучения, самостоятельная работа, исследовательская работа, олимпиада, математика.

## **IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION FOR STUDENTS OF A TECHNICAL UNIVERSITY THROUGH RESEARCH AND INDEPENDENT ACTIVITIES**

**Baikova L.A., Mindeeva S.V., Tairova E.V.,  
Tolstih O.D., Chernaeva T.N.**

*Irkutsk State University of Railroads, Russia, Irkutsk*

The article describes the work experience of teachers of mathematical disciplines at Irkutsk State University of Railway Engineering (IrGUPS), which is aimed at improving the quality of education for students of a technical university – future engineers. This article discusses the issues of organizing and training students in the framework of independent, research, practical and laboratory work that improve the quality of education.

*Key words:* quality of education, independent work, research work, olympiad, mathematics.

В условиях развития цифровизации появилась серьёзная проблема повышения качества обучения студентов вуза. Каждое высшее учебное заведение старается решить эту проблему своими силами. Изучив труды педагогов, ученых-исследователей [1, 6, 11, 14], которые занимаются вопросом улучшения качества обучения следует отметить, что имеются общие тенденции в подходах к решению данной проблемы. В частности, покажем личный опыт авторов статьи и рассмотрим различные варианты общих и частных решений, которые могут найти применение в некоторых технических вузах при наличии подготовленных педагогических кадров и соответствующего уровня материальной, организационной и научной базы. От качества обучения студентов зависит результат образования выпускников технического вуза – будущих инженеров, престиж и эффективность работы

вуза. Работодателю важно получить качественно подготовленного выпускника, способного самостоятельно принимать решения и нести за них ответственность.

Проблема улучшения качества обучения является системной проблемой, при решении которой нужен комплексный подход. Считаем, что должны быть задействованы следующие виды деятельности в совокупности: научно-исследовательская работа студента (НИРС), самостоятельная, внеаудиторная, практическая и лабораторная работы и т.д. НИРС – это эффективный способ развития у студента положительного отношения к учебному процессу, стимулирует совместное сотрудничество студента и преподавателя. Считаем, что НИРС благоприятно влияет не только на качество обучения, но и на развитие личностных качеств студента, таких как ответственность, самостоятельность, стремление к успеху, кропотливость, работоспособность. НИРС представляет собой комплекс мероприятий, направленных на овладение студентами методов, навыков, приемов выполнения научно-исследовательских работ разного характера, как в учебное, так и внеаудиторное время: участие в олимпиадах, форумах, конкурсах, конференциях разного уровня, тренингах, хакатонах, стартапах, акселераторах, написание научных докладов, статей, рефератов, эссе и т.д.

На кафедре «Математика» ИрГУПС активно ведется научно-исследовательская работа со студентами младших курсов в силу того, что кафедра является обеспечивающей. Со студентами проводятся следующие мероприятия: математическая олимпиада трех уровней (внутривузовская среди первых курсов, внутривузовская среди всех курсов, областная); подготовка и выступление на конференциях с докладами; подготовка и написание научной статьи; оформление документов для публикации статьи.

Истоки олимпиадного движения на кафедре начинаются с далекого 1992 года, когда областной совет НИРС принял решение о проведении областной математической олимпиады среди студентов технических вузов на базе кафедры математики ИрГУПС [13]. Соавтор статьи и доцент кафедры Толстых О.Д. на протяжении 40 лет занимается организацией НИРС, ведет занятия математического кружка «Нестандартные и прикладные задачи математики» для подготовки студентов к олимпиаде [9]. За период существования областной олимпиады многие вузы города Иркутска (ИРНТУ, БГУ, ИГУ, ИГМУ, ВСИ МВД, ИрГАУ, ИВВАИУ) и Иркутской области (УУИЖТ, КриЖТ, ЗаБииЖТ, АГТА, МГТУ ГА, БрГУ) приняли участие.

Поддерживаем мнение С.П. Голышевой, которая является руководителем команды от ИрГАУ: «Олимпиада, в частности математическая, является платформой для проявления у студентов интеллектуальных и творческих возможностей, креативного и нестандартного мышления, силы воли, терпения, упорства, духа соперничества, конкурентоспособности, приобретения опыта» [2, с.43]. Олимпиада создает условия для саморазвития, самореализации творческих и

умственных способностей, что положительно сказывается на качестве обучения.

Следует отметить, что на олимпиаду формируется команда, которая выступает за свой университет. Команда формируется с учетом работы студентов во время занятий математического кружка, во время подготовки к первому этапу олимпиады – тестирование по задачам на 1 балл и второму этапу – разноуровневые задачи. Данные занятия вырабатывают основы коллективной работы и поддержки, работы в команде. Отметим, что подводятся итоги не только личного первенства, но и командные результаты по вузам-участникам. Е.Б. Павлова, Е.Н. Булгатова, Е.В. Елтошкина описывают опыт коллективной исследовательской деятельности, эффективность использования которой при обучении любой математической дисциплины в вузе определяется тремя основными аспектами: дидактическим, процессуальным, организационным [10]. Авторы верно подмечают, что эффективность использования коллективной исследовательской деятельности зависит не только от работы преподавателя, но и от постепенной подготовки студентов к самостоятельным исследованиям.

По мнению Е.В. Таировой «важным направлением совершенствования теоретической и практической подготовки студентов является выполнение ими в процессе учебно-научной деятельности различных письменных работ, в том числе, научных докладов и рефератов» [12, с.176]. Автор считает, что подготовка таких работ: способствует углублению и закреплению имеющихся теоретических знаний изучаемых предметов; развивает практические умения студентов в проведении исследований, анализе полученных результатов и выработке рекомендаций по совершенствованию того или иного вида деятельности; совершенствует методические навыки в самостоятельной работе студентов с источниками информации и соответствующими программно-техническими средствами; открывает широкие возможности для освоения дополнительного теоретического материала и накопления практического опыта по интересующему направлению деятельности; способствует профессиональной подготовке студентов к выполнению дальнейших исследований, таких как курсовое и дипломное проектирование; помогает студентам овладеть методологией исследований [там же], что, безусловно, влечет за собой повышение качества обучения студентов.

Качество обучения студентов зависит от уровня подготовки и квалификации преподавателя, который должен побудить студента к научно-исследовательской работе. Сразу же возникает вопрос: «А как это сделать в реальности на конкретном потоке или в группе»? Хорошо, когда в вузе выстроена целостная система, активно использующая результаты исследовательской деятельности студента (очень мотивирует премиальный фонд для студентов, выступающих на конференциях, олимпиадах, имеющих публикации тезисов или статей в журналах и материалах конференций).

Тогда преподавателю надо заинтересовать студента в такой работе, помочь ему, при необходимости, с выбором темы и подбором материала, помочь установить сроки усвоения материала, помочь в подборе примеров для решения в рамках поставленной задачи, контролировать соблюдение сроков составленного плана работы над задачей. Периодически преподавателю необходимо встречаться со студентом, занимающимся исследовательской работой, дополнительно во внеучебное время для обсуждения хода работы и решения возникающих трудностей при работе над поставленной задачей. Главное, в это время, не перейти самому преподавателю на решение этой поставленной задачи. Цель преподавателя – научить студента работать самостоятельно с минимальной помощью со своей стороны, чтобы студент в будущем смог стать настоящим ученым, который может самостоятельно выдвигать идеи и потом эти идеи реализовывать.

Когда студент начинает заниматься исследовательской работой по одной дисциплине, то у него как бы «уплотняется» время, и он начинает подтягиваться по другим дисциплинам тоже, очень часто начиная параллельно работать над несколькими темами по разным дисциплинам. Такие студенты начинают активно выступать с докладами на конференциях различного уровня (обычно, начиная с внутривузовского уровня), но, при поощрении и помощи преподавателя, выходят на уровень всероссийских и международных конференций, форумов.

Однако, таких студентов и в группе, и на потоках, обычно, считанные единицы, потому очень важно увлечь активизацией самостоятельной работы и других студентов. Проще всего в этом плане приходится преподавателям дисциплин, по которым возможно периодическое проведение контрольных работ, тестирования, коллоквиумов или промежуточных экзаменов (базовых дисциплин, например, таких, как математика, физика, химия). Более подробно вопрос тестирования рассматривают в своих трудах С.А. Игнатьев [5] и Т.Н. Черняева [15]. Конечно, большая дополнительная работа преподавателя по составлению заданий для тестирования, контрольных работ, выработке критерия оценивания каждой работы и, главное, проверки написанных студентами работ. Но студент, видя наглядные результаты своей самостоятельной работы по выполнению домашних и расчетно-графических работ при подготовке к контрольным работам, начинает готовиться более тщательно, обращая внимания на различные нюансы в темах. Здесь очень важно не сбить настрой студента к учебе, давая возможность, при необходимости, переписать работы, если его не устраивает оценка, полученная при первичном написании работы. В это время, при подготовке к переписыванию работы, студент сможет проработать свои же, допущенные в первый раз, ошибки и сможет более полно понять и усвоить изучаемую тему. Особенно результативно эта работа будет в случае организации преподавателем рейтинговой системы изучения материала в семестре, когда каждая работа и каждый тест участвует в

наполнении общей оценки студента по дисциплине в данном семестре и является суммой его проделанной работы в течение всего семестра, а не только выученного материала к экзамену. И в этом вопросе важное место занимает оценка за работу студента на практических, семинарских занятиях, лабораторных работах в течение семестра, играя большую роль в итоговой оценке за семестр, потому что показывает вовлеченность студента в учебный процесс и степень владения, глубины усвоения изучаемого материала.

Особую значимость в техническом вузе имеют лабораторные работы. Они позволяют студентам приобрести современные знания и навыки в области анализа данных, статистики, что является важным для успешной карьеры в сфере науки о данных, бизнес-аналитики и других областей, где требуется работа с данными и принятие обоснованных решений. Соавтор статьи Л.А. Байкова по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика» ведет лабораторные работы, которые охватывают разделы: теория вероятности, случайные процессы и математическая статистика. Как показывает опыт, лабораторные работы на компьютере позволяют студентам применять теоретические знания на практике с использованием современных технологий. В рамках таких работ студенты могут проводить эксперименты, анализировать данные, строить модели и делать выводы, что способствует лучшему усвоению материала. Использование компьютерных программ и специализированного софта также позволяет автоматизировать процесс решения задач, что ускоряет выполнение работы и позволяет сосредоточиться на анализе результатов. Кроме того, студенты могут работать с большими объемами данных и проводить более сложные вычисления, что расширяет возможности их исследований. То есть, лабораторные работы на компьютере способствуют развитию компетенций в области анализа данных, программирования и принятии решений на основе статистических методов, что является важным элементом современного образования в области математики и информационных технологий. Студенты изучают различные методы обработки данных, проверки гипотез, построения доверительных интервалов, анализа регрессионных моделей. Это помогает им развивать навыки работы с данными, умение применять математические методы к реальным задачам и делать обоснованные выводы на основе статистического анализа.

Следует отметить, что большим подспорьем в организации самостоятельной и исследовательской деятельности выступают дистанционные технологии обучения, в частности это электронная образовательная среда – Moodle и цифровая образовательная среда Microsoft Teams, которые преподаватели кафедры активно используют и после пандемии. Авторы М.В. Качалова [7], А.С. Кузнецова [8], Е.В. Елтошкина, Т.В. Бодякина [3], Е.Н. Булгатова [4] считают, что в использовании дистанционных технологий обучения в вузе намного больше положительных моментов, чем отрицательных и приводит их в своих трудах. Отметим, что на кафедре математики ИрГУПС есть опыт полудистанционного проведения

олимпиады – это 28 областная межвузовская математическая олимпиада [13]. Опираясь на свой опыт, считаем, что при помощи дистанционных технологий целесообразно активизировать самостоятельную работу студента, одновременно стараясь подключить и исследовательскую деятельность. Необходимо помнить, что участие в олимпиадном движении, в научно-исследовательской работе требует повышенное внимание к самостоятельной работе, способствует глубокому и системному освоению студентом конкретного предмета, прививает навыки самообразования и саморазвития, подводит итог большой и комплексной работы в формировании показателя качества обучения.

### Список литературы

1. Бодякина, Т. В. Проблемы обучения математики в вузе / Т. В. Бодякина, Т. Б. Власова, С. Е. Васильева // Образовательные технологии и качество обучения : Материалы научно-методической конференции с международным участием, посвященной 80-летию образования ИрГСХА, Иркутск, 28–29 мая 2014 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2014. – С. 176-180. – EDN BKSLVR.
2. Гольшева, С. П. Математическая олимпиада как платформа формирования профессиональных качеств у студентов - будущих инженеров / С. П. Гольшева // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона : Сборник научных тезисов студентов, п. Молодежный, 13–14 октября 2022 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 42-43. – EDN AMNNWB.
3. Елтошкина, Е. В. Применение цифровых технологий при дистанционном обучении иностранных студентов / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве : МАТЕРИАЛЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ФОРУМА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ, Иркутск, 26–29 сентября 2023 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 43-48. – EDN WCKPHY.
4. Елтошкина, Е. В. Проблемы преподавания математики в системе дистанционного обучения / Е. В. Елтошкина, Е. Н. Булгатова, Е. Б. Павлова // Математика, ее приложения и математическое образование (МПМО'20) : Материалы VII Международной конференции, Улан-Удэ, 07–12 сентября 2020 года. – г.Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2020. – С. 86-88. – EDN LUIWVU.
5. Игнатъев, С. А. Технологии тестирования в оценке предметной готовности студентов к изучению геометро- графических дисциплин вуза / С. А. Игнатъев, З. О. Третьякова, А. И. Фоломкин // Геометрия и графика. – 2019. – Т. 7, № 4. – С. 65-75. – DOI 10.12737/2308-4898-2020-65-75. – EDN ULRDAU.
6. Иванова, Л. А. Использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе при преподавании дисциплины «Математика» в транспортном вузе: некоторые итоги и проблемы / Л. А. Иванова, С. В. Миндеева // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации : Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 100-летия конструкторского бюро "Туполев", 55-летия Иркутского филиала МГТУ ГА, 75-летия Иркутского авиационного технического колледжа, Иркутск, 13–14 октября 2022 года. Том 2. – Иркутск: Иркутский филиал федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный технический университет гражданской авиации", 2022. – С. 231-240. – EDN AOBISKY.

7. Качалова, М. В. Является ли дистанционное обучение перспективным направлением получения образования в высших учебных заведениях? / М. В. Качалова // Роль науки и образования в модернизации и реформировании российского общества : Сборник статей по материалам Межрегиональной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей, Сергиев Посад, 28 мая 2021 года. – Сергиев Посад: Московский финансово-юридический университет МФЮА, 2022. – С. 3-9. – EDN OXLRBZ.

8. Кузнецова, А. С. Эпоха дистанционного формата обучения / А. С. Кузнецова, А. Н. Ольховская // Международный демографический форум "Демография и глобальные вызовы": Материалы форума, Воронеж, 30 сентября – 02 октября 2021 года. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Цифровая полиграфия", 2021. – С. 1027-1030. – EDN FSRUTU.

9. Миндеева, С. В. Математический кружок как эффективная форма повышения познавательной деятельности бакалавров в техническом вузе / С. В. Миндеева, О. Д. Толстых // Современные проблемы профессионального образования: опыт и пути решения : материалы Второй всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 16–18 мая 2017 года. – Иркутск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 291-295. – EDN ZEBFOZ.

10. Павлова, Е. Б. Развитие геометрических представлений для эффективного использования в исследовательской деятельности / Е. Б. Павлова, Е. Н. Булгатова, Е. В. Елтошкина // Математика, ее приложения и математическое образование (мпом23) : Материалы VIII Международной конференции, Улан-Удэ, 26 июня – 01 июля 2023 года. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2023. – С. 174-176. – DOI 10.53980/9785907599970\_174. – EDN GTNBUM.

11. Рябченко, Н. Л. Роль математических дисциплин в формировании будущего инженера / Н. Л. Рябченко, Е. А. Петрякова // Современные проблемы профессионального образования: опыт и пути решения : Материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 01–02 октября 2020 года. – Иркутск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 496-500. – EDN FMGIUK.

12. Таирова, Е. В. Роль и задачи исследовательской деятельности студентов в их профессиональной подготовке / Е. В. Таирова // Методика преподавания математических и естественнонаучных дисциплин: современные проблемы и тенденции развития : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 16 марта 2016 года. – Омск: Омская юридическая академия, 2016. – С. 176-179. – EDN XFANQH.

13. Толстых, О. Д. Обобщение опыта и перспективы развития олимпиадного движения в техническом вузе / О. Д. Толстых, С. В. Миндеева // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2022. – № 1. – С. 218-231. – DOI 10.51955/2312-1327\_2022\_1\_218. – EDN SFQZXR.

14. Черняева, Т. Н. Эффективность усвоения базовых математических знаний в железнодорожном университете / Т. Н. Черняева // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2020. – № 1. – С. 162-172. – EDN UVLEOZ.

15. Черняева, Т. Н. Тенденции развития методики преподавания математики в ВУЗе / Т. Н. Черняева // Столыпинский вестник. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 9. – EDN MFMRVM.

УДК 004.94: 631.559

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МНОГОЭТАПНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

**Полковская М.Н., Синицын М.Н.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

В работе проведен анализ существующих программных продуктов, реализующих функцию планирования севооборота, составления технологических карт, а также оптимизации производства продукции растениеводства. На основании анализа предметной области создана функциональная модель, основная функция которой декомпозирована на пять подфункций. Помимо этого, создана онтологическая модель, содержащая описание классов базы знаний, содержащей информацию о производственно-экономических показателях на различных уровнях агрегирования. Описана модель взаимодействия программного комплекса с внешними объектами, выделены уровни информационного обмена и программного обеспечения. В дальнейшем планируется реализовать предложенный проект программного комплекса в среде разработки Embarcadero Berlin.

*Ключевые слова:* программный комплекс, планирование, урожайность, аграрное производство.

## **DESIGNING A SOFTWARE PACKAGE FOR MULTI-STAGE MODELING OF PRODUCTION AND SALE OF CROP PRODUCTION**

**Polkovskaya M.N., Sinitsyn M.N.**

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,

*Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The paper analyzes existing software products that implement the function of crop rotation planning, drawing up technological maps, as well as optimizing the production of crop production. Based on the analysis of the subject area, a functional model has been created, the main function of which is decomposed into five subfunctions. In addition, an ontological model has been created containing a description of the classes of the knowledge base containing information on production and economic indicators at various levels of aggregation. The model of interaction of the software complex with external objects is described, the levels of information exchange and software are highlighted. In the future, it is planned to implement the proposed software package project in the Embarcadero Berlin development environment.

*Keywords:* software package, planning, productivity, agricultural production.

Планирование аграрного производства является сложной задачей, требующей оценки влияния на производственно-экономические показатели различных факторов. Использование прогнозов характеристик, входящих в оптимизационную модель, позволяет получать наиболее точные планы [4, 10]. Процесс моделирования и планирования производства животноводческой и растениеводческой продукции является трудоемким процессом, поэтому целесообразно применять программные продукты,

предназначенные для автоматизации управления процессами сельскохозяйственного производства [3, 12].

Среди современных отечественных разработок в области растениеводства выделим следующие системы:

1) «Агросигнал. Планирование». Программа предназначена для планирования севооборота и расчета альтернативных вариантов бюджета и ожидаемой прибыли [1];

2) «Агроаналитика-ЮТ» позволяет автоматизировать планирование, контролировать выполнение и анализировать результаты полевых работ, позволяющих увеличить урожайность, сократить издержки и себестоимость продукции при повышении её качества [2];

3) Конфигурация «АдептИС: Сводное планирование в сельском хозяйстве» для «1С: Предприятие 8.0». Функциональные возможности программы заключаются в вводе и хранении технологических карт и их использование для планирования выхода основной и побочной продукции, материально-денежных затрат; потребности в материалах и др. [8];

4) Облачный сервис «История поля» служит для хранения различных характеристик полей и их использования при формировании севооборота, составлении технологических и других видов карт. Кроме того, сервис позволяет оптимизировать и контролировать использование техники, трудовых и земельных ресурсов. Плюсом данного сервиса является наличие бесплатного мобильного приложения [11].

Описанные программные продукты на основе точного земледелия, анализа севооборота, нормирования работ полностью или частично автоматизируют производство растениеводческой продукции. Вместе с тем для прогнозирования производственно-экономических показателей и планирования производства аграрной продукции необходимо применение различных математических методов. В частности, в программном комплексе «Моделирование биопродуктивности сельскохозяйственных культур» [7] реализованы функции моделирования урожайности сельскохозяйственных культур и многоэтапной оптимизации распределения посевов в различных категориях хозяйств. В дополнение к этому предлагается создание проблемно-ориентированного программного комплекса для многоэтапного моделирования производства и реализации продукции растениеводства. Отличительной особенностью предлагаемого программного продукта является возможность прогнозирования характеристика аграрного производства с помощью многоуровневых трендов. Помимо этого, в нем будут реализованы модели оптимизации реализации продукции растениеводства.

Согласно построенной функциональной модели программного комплекса [9] его основной задачей является многоэтапное планирование производства и реализации продукции растениеводства.

На рисунке 1 представлена декомпозиция основной функции на пять функций второго уровня: оценка статистических параметров многолетнего ряда; построение моделей для прогнозирования или вероятностной оценки

исходных показателей; прогнозирование или вероятностная оценка характеристик; выбор модели оптимизации производства растениеводческой продукции; планирование производства и реализации растениеводческой продукции.

Функция «Оценка статистических параметров многолетнего ряда» позволяет применять математические методы обработки информации для оценки статистических свойств рядов. На втором этапе осуществляется выбор качественной модели для прогнозирования исследуемых характеристик или подбор закона распределения вероятностей для их оценки. Затем осуществляется краткосрочное прогнозирование или вероятностная оценка исследуемых показателей. На основании полученных значений прогнозов или значений, соответствующих заданной вероятности, формулируется модель оптимизации производства или реализации продукции растениеводства. Результатом решения оптимизационной задачи является план размещения посевов или реализации произведенной продукции.

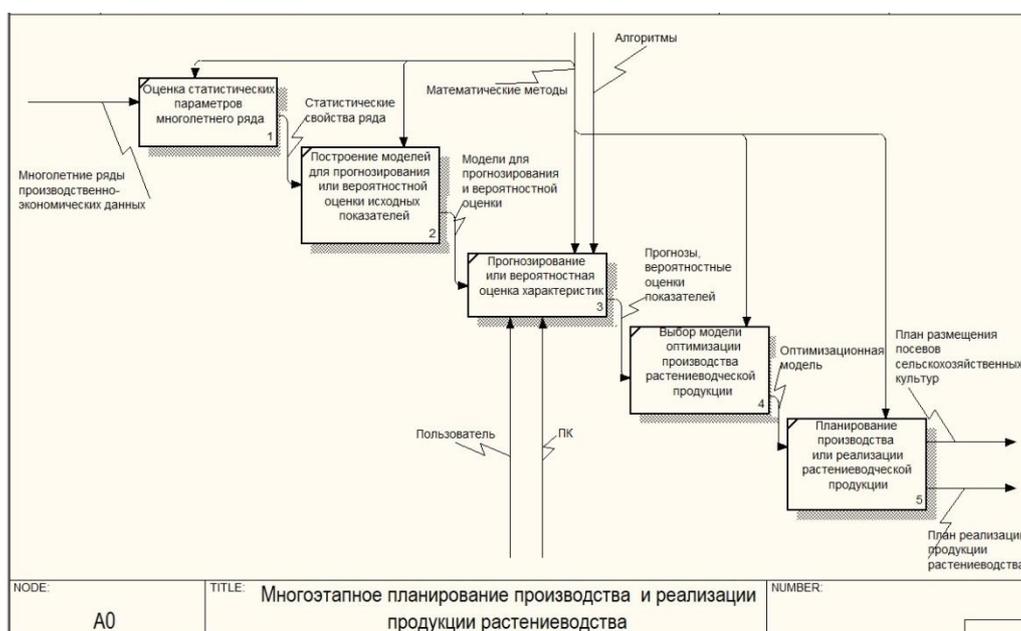


Рисунок 1 – Декомпозиция функции «Многоэтапное планирование производства и реализации продукции растениеводства»

В качестве входной информации использованы многолетние ряды производственно-экономических данных. В качестве управляющей информации использованы алгоритмы и математические методы. Пользователями программного комплекса могут являться сотрудники министерства сельского хозяйства региона и различных товаропроизводителей.

Обобщая результаты проведенных ранее исследований, для многоэтапного моделирования производства и реализации продукции

растениеводства предлагается использовать следующие математические модели: оптимизации структуры посевов с учетом предшественников; оптимизации реализации продукции с учетом изменчивости цен по сезонам; оптимизации производства продукции растениеводства с учетом многоуровневых прогнозов характеристик, входящих в модель планирования; оптимизации производства продукции с учетом сезонности цен и предшественников. При этом показатели, входящие в многоэтапные модели, могут быть детерминированными, стохастическими или иметь функциональные зависимости (например, от времени) [6, 7, 10].

Поскольку при решении перечисленных оптимизационных задач используются экспертные оценки, характеризующих степень изменения урожайности культур в зависимости от предшественников, предлагается создание базы знаний. Для представления базы знаний выбрана онтологическая модель и построена диаграмма классов [5]. На рисунке 2 приведено описание класса «Территориальное образование», который состоит из подклассов «Сельскохозяйственная зона», «Агроландшафтный район», «Муниципальный район», «Пункт наблюдения», «Категория хозяйств», «Сельскохозяйственный товаропроизводитель» и другие, которые, в свою очередь, также делятся на различные подклассы.

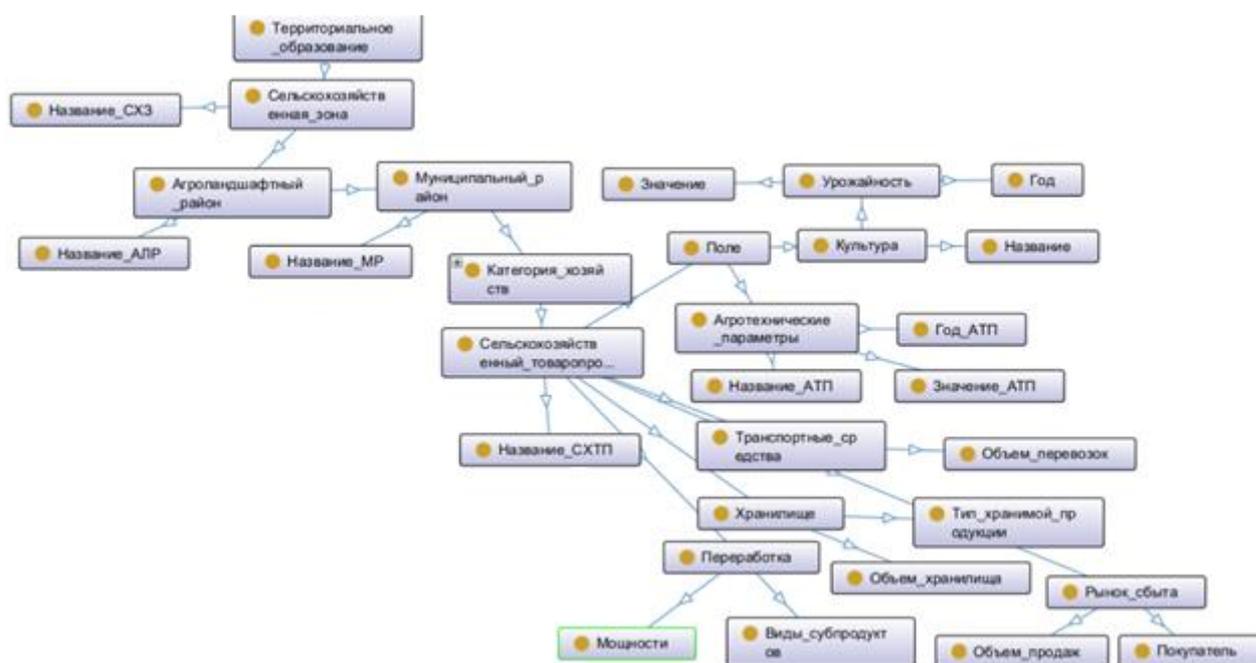


Рисунок 2 – Описание класса «Территориальное образование»

В результат анализа предметной области, а также информационного и математического обеспечения предложена архитектура программного комплекса для многоэтапного моделирования производства и реализации продукции растениеводства (рисунок 3).

Основой программного комплекса является база знаний, содержащая данные стационарных наблюдений и нормативно-справочную информацию. В части, предназначенной для пользователей, доступны функции сбора,

обработки, анализа, экспорта и импорта информации об урожайности и других показателях производственно-экономической деятельности. Эта часть включает в себя инструменты для загрузки, выгрузки и мониторинга базы данных, а также программные средства обработки и анализа данных, разработанные с использованием среды разработки приложений Embarcadero Berlin.

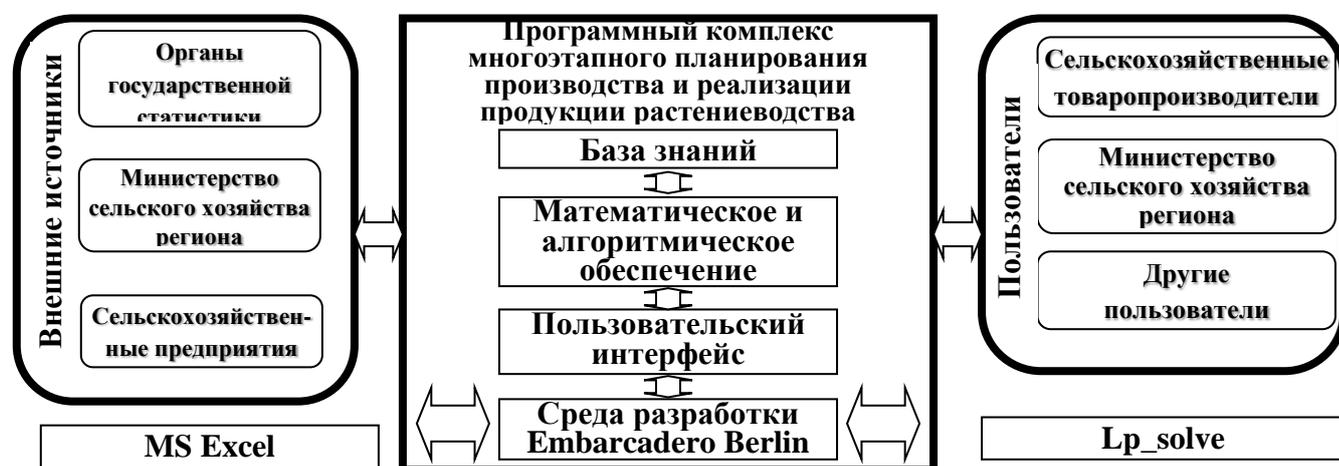


Рисунок 3 – Модель взаимодействия программного комплекса с внешними объектами

Помимо заполнения и редактирования данных в программном комплексе будет реализована возможность вероятностной оценки и прогнозирования урожайности и планирования аграрного производства. Для решения описанных выше задач предлагается разработать программный комплекс с пользовательским интерфейсом, созданным в интегрированной среде разработки Embarcadero Berlin 10.1. Для хранения данных планируется использовать систему управления базами данных PostgreSQL. Экспорт результатов статистической обработки данных, создание отчетов и визуализация информации будет осуществляться в приложении MS Excel. Для решения задач линейного программирования выбрано программное решение lp\_solve.

В заключение отметим, что предложенный программный комплекс для многоэтапного моделирования производства и реализации продукции растениеводства предоставляет пользователю возможность моделировать значения урожайности с помощью прогнозных моделей и законов распределения вероятностей. На основе информационного и математического обеспечения предложенного при проектировании программного комплекса можно осуществлять планирование производства аграрной продукции с учетом различных особенностей характеристик, входящих в оптимизационную модель, для принятия решений необходимых в управленческой деятельности. Информационным обеспечением программного комплекса является спроектированная база знаний, которую в дальнейшем планируется реализовать в СУБД PostgreSQL. В качестве математического обеспечения использованы методы математического

программирования и статистической обработки. Реализация программного комплекса позволит оптимизировать планирование размещения посевов и реализации продукции в зависимости от сезона с целью принятия управленческих решений.

### Список литературы

1. Агросигнал. Планирование. Режим доступа: <https://agrosignal.com/resheniya/moduli/planirovanie/>
2. Агроаналитика-IoT. Режим доступа: <https://smartagro.ru/agronomical>
3. Елтошкина, Е. В. Применение цифровых технологий при дистанционном обучении иностранных студентов / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве : МАТЕРИАЛЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ФОРУМА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ, Иркутск, 26–29 сентября 2023 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 43-48. – EDN WCKPHY
4. Елтошкина, Е. В. Профессиональная подготовка кадров для сельхозпроизводителей / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Н. В. Елтошкина // Актуальные вопросы образования : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию специальности «Профессиональное обучение», п. Молодежный, 05–06 октября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 56-60. – EDN IUHNBR.
5. Иваньо, Я. М. База знаний для прогнозирования и планирования аграрного производства / Я. М. Иваньо, М. Н. Полковская, М. Н. Синицын // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве : Материалы национального форума с международным участием, Иркутск, 26–29 сентября 2023 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 60-65.
6. Иваньо, Я. М. Многоэтапные модели математического программирования и их приложения в сельском хозяйстве / Я. М. Иваньо, М. Н. Полковская, М. Н. Синицын // System Analysis and Mathematical Modeling. – 2024. – Т. 6, № 1. – С. 47-59. – DOI 10.17150/2713-1734.2024.6(1).47-59.
7. Иваньо, Я. М. Оптимизация структуры посевов с учетом изменчивости климатических параметров и биопродуктивности культур : монография / Я. М. Иваньо, М. Н. Полковская ; Иркутский государственный аграрный университет. – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2016. – 150 с.
8. Конфигурация «АдептИС: Сводное планирование в сельском хозяйстве» для «1С: Предприятие 8.0». Режим доступа: <https://adeptis.ru>
9. Маклаков, С.В. ВРwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем. – М.: Диалог-МИФИ, 1999. - 256 с.
10. Математические и цифровые технологии оптимизации производства продовольственной продукции / Я. М. Иваньо, П. Г. Асалханов, М. Н. Барсукова [и др.]. – Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – 219 с. – ISBN 978-5-91777-243-1.
11. Облачный сервис «История поля». Режим доступа: <https://info.agrohistory.com/>
12. Цифровые технологии в аграрном производстве и образовании / Я. М. Иваньо, П. Г. Асалханов, М. Н. Барсукова [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. – Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – 126 с. – ISBN 978-5-91777-251-6.

УДК.51-72

## МАССИВЫ В ДИНАМИКЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОПЕРАЦИИ С НИМИ

**Панасенко А. Н.**

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

В работе с использованием операций с индексным представлением массивов получены дифференциальные уравнения движения механической системы с несколькими степенями свободы. При этом применены два альтернативных подхода: оператор Эйлера и теорема об изменении кинетической энергии.

*Ключевые слова:* дифференцирование сложной функции, вектор-аргумент, оператор Эйлера.

## ARRAYS IN THE DYNAMICS OF MECHANICAL SYSTEMS AND OPERATIONS WITH THEM

**Panasenko A. N.**

Irkutsk State Transport University, *Irkutsk*

In this work, using operations with index representation of arrays, differential equations of motion of a mechanical system with several degrees of freedom are obtained. In this case, two alternative approaches were used: the Euler operator and the theorem on the change in kinetic energy.

*Keywords:* differentiation of a complex function, vector argument, Euler operator.

В работе, с использованием операций с индексным представлением массивов, получены дифференциальные уравнения движения механической системы с несколькими степенями свободы. При этом применены два альтернативных подхода: оператор Эйлера и теорема об изменении кинетической энергии.

### 1. Дифференцирование сложной матрицы-функции

Имеется двумерный массив или сложная матрица-функция координат тел механической системы, назовём её для определённости матрицей-функцией положения  $s_{i,j}(q_\alpha(t))$ ,  $i=1, 2, 3$ ,  $j=1, 2, \dots, N_j$ . Элементы этой матрицы зависят от промежуточного вектор-аргумента обобщённых координат  $q_\alpha(t)$ , где  $\alpha=1, 2, \dots, N_\alpha$ ,  $N_\alpha$  – число степеней свободы механической системы,  $t$  – время.

Первая и вторая производные вектор-аргумента обобщённых координат по времени называются вектор-функциями обобщённых скоростей  $\dot{q}_\alpha(t)$  и обобщённых ускорений  $\ddot{q}_\alpha(t)$ .

Продифференцируем сложную матрицу-функцию  $s_{i,j}$  по времени  $t$  в индексных переменных. Результатом дифференцирования также будет матрица-функция скоростей  $v_{i,j}$

$$v_{i,j} = \frac{d}{dt} s_{i,j}(q_\alpha) = \frac{\partial s_{i,j}}{\partial q_\alpha} \cdot \frac{dq_\alpha}{dt} = \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \dot{q}_\alpha. \quad (1)$$

Трёхмерный массив частных производных  $\zeta_{i,j}^\alpha = \frac{\partial s_{i,j}}{\partial q_\alpha}$  состоит из  $N\alpha$  слоёв, в каждом из которых находятся частные производные соответствующих элементов исходной матрицы-функции  $s_{i,j}$  по обобщённым координатам  $q_\alpha$ . Он носит названия массива аналогов скоростей.

Продифференцируем по времени  $t$  двумерный массив или матрицу-функцию скоростей  $v_{i,j}$  и получим также матрицу-функцию ускорений  $a_{i,j}$

$$a_{i,j} = \frac{d}{dt} v_{i,j} = \frac{d}{dt} (\zeta_{i,j}^\alpha \cdot \dot{q}_\alpha) = \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \frac{d}{dt} (\dot{q}_\alpha) + \frac{d}{dt} (\zeta_{i,j}^\alpha) \cdot \dot{q}_\alpha. \quad (2)$$

После упрощения это выражение примет вид

$$a_{i,j} = \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \ddot{q}_\alpha + \xi_{i,j}^{\alpha,\gamma} \cdot \dot{q}_\gamma \cdot \dot{q}_\alpha. \quad (3)$$

Четырёхмерный массив аналогов ускорения  $\xi_{i,j}^{\alpha,\gamma} = \frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\alpha)$  состоит из объёмных матриц-блоков. Элементы каждого объёмного блока – это продифференцированные по обобщённой координате  $q_\gamma$  элементы трёхмерного массива  $\zeta_{i,j}^\alpha$ .

## 2. Оператор дифференцирования вектор-функции обобщённых скоростей по вектор-аргументу обобщённых координат

Установим математический смысл производной вектор-функции обобщённых скоростей  $\dot{\vec{q}}(t)$  по вектор-аргументу обобщённых координат

$\vec{q}(t) - \frac{d\vec{q}(t)}{d\vec{q}(t)}$ . Как известно, производная вектор-функции по вектор-аргументу – это следующая матрица Якоби (4).

$$P(\ ) = \frac{d\dot{\vec{q}}}{d\vec{q}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \dot{q}_1}{\partial q_1} & \frac{\partial \dot{q}_1}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial \dot{q}_1}{\partial q_{N\alpha}} \\ \frac{\partial \dot{q}_2}{\partial q_1} & \frac{\partial \dot{q}_2}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial \dot{q}_2}{\partial q_{N\alpha}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial \dot{q}_{Ni}}{\partial q_1} & \frac{\partial \dot{q}_{Ni}}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial \dot{q}_{Ni}}{\partial q_{N\alpha}} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Поскольку частное дифференцирование предполагает фиксацию всех компонент вектор-функции кроме одной, по которой идёт

дифференцирование, то не нулевым будут только элементы на главной диагонали этой квадратной матрицы.

Рассмотрим один из этих диагональных элементов  $\frac{\partial \dot{q}_\alpha}{\partial q_\alpha} = \frac{\partial}{\partial q_\alpha} \cdot \frac{dq_\alpha}{dt}$ .

Частное дифференцирование по единственной переменной  $q_\alpha$  от которой зависит  $\dot{q}_\alpha$  эквивалентно полному дифференцированию, поскольку не зафиксированная переменная всего одна. По этой причине в следующем выражении заменим значок частного дифференцирования на значок полного дифференцирования  $\frac{\partial \dot{q}_\alpha}{\partial q_\alpha} = \frac{d\dot{q}_\alpha}{dq_\alpha} = \frac{d}{dq_\alpha} \cdot \frac{dq_\alpha}{dt} = \frac{d}{dt}$ .

Таким образом, полное дифференцирование вектор-функции обобщённых скоростей по вектор-аргументу обобщённых координат эквивалентно матричному оператору дифференцирования

$P(\ ) = \frac{d\dot{\vec{q}}}{d\vec{q}}(\ ) = \frac{d}{dt}(\ )$  той вектор-функции, на которую этот оператор будет действовать (которая будет стоять сомножителем рядом)

$$P(\ ) = \frac{d\dot{\vec{q}}}{d\vec{q}}(\ ) = \frac{d}{dt}(\ ) = \begin{bmatrix} \frac{d}{dt} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{d}{dt} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{d}{dt} \end{bmatrix} \cdot (\ ) = \text{diag}\left(\frac{d}{dt}\right) \cdot (\ )$$

Рассмотрим пример, когда рядом с матричным оператором  $P(\ )$  будет стоять вектор-функция  $\dot{\vec{q}}$ . Результат операции  $\frac{d\dot{\vec{q}}}{d\vec{q}} \cdot \dot{\vec{q}}$  будет представлять собой произведение диагональной матрицы  $P(\ )$  на вектор-функцию  $\dot{\vec{q}}$

$$\frac{d\dot{\vec{q}}}{d\vec{q}} \cdot \dot{\vec{q}} = \text{diag}\left(\frac{d}{dt}\right) \cdot \dot{\vec{q}} = \ddot{\vec{q}}$$

Результатом этой операции будет вектор-функция обобщённых ускорений  $\ddot{\vec{q}}$ .

Выражение для матричного оператора  $P(\ )$  формально может быть получено после следующего преобразования:

$$P(\ ) = \frac{d\dot{\vec{q}}}{d\vec{q}}(\ ) = \frac{d}{d\vec{q}} \cdot \frac{d\vec{q}}{dt}(\ ) = \frac{d}{dt}(\ ). \quad (5)$$

Результат  $P(\ )$  в форме матрицы можно предвидеть, понимая, что дифференцирование вектор-функции  $\dot{\vec{q}}(t)$  по вектор-аргументу  $\vec{q}(t)$  должен

быть массив размерности на единицу большей, чем размерность массива  $\dot{\vec{q}}(t)$ . В индексной форме этот результат принимает вид:

$$\frac{\partial \dot{q}_\alpha}{\partial q_\beta}(\vec{q}) = P_\alpha^\beta(\vec{q}) = \text{diag}\left(\frac{d}{dt}\right) \cdot (\vec{q})$$

Рассмотрим пример, в котором нужно продифференцировать по вектор-аргументу обобщённых координат произведение двух вектор-функций обобщённых скоростей  $\frac{d}{d\vec{q}}(\vec{q} \cdot \vec{q})$ . В этом случае

$$\frac{d}{d\vec{q}}(\vec{q} \cdot \vec{q}) = 2 \cdot \frac{d\vec{q}}{d\vec{q}} \cdot \dot{\vec{q}} = 2 \cdot \ddot{\vec{q}}$$

Этот же пример в индексных переменных будет иметь следующий вид:

$$\frac{d}{dq_\gamma}(\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta) = \frac{d\dot{q}_\beta}{dq_\gamma} \cdot \dot{q}_\alpha + \frac{d\dot{q}_\alpha}{dq_\gamma} \cdot \dot{q}_\beta = \frac{d}{dt} \dot{q}_\alpha + \frac{d}{dt} \dot{q}_\beta = \ddot{q}_\alpha + \ddot{q}_\beta = 2 \cdot \ddot{q}_\beta$$

### 3. Действие оператора Лурье на выражение для кинетической энергии механической системы с несколькими степенями свободы

Кинетическая энергия плоской механической системы с несколькими степенями свободы может быть представлена с использованием свёртки следующего произведения трёх двумерных массивов (матриц), записанной с использованием соглашения Эйнштейна о повторяющихся индексах:

$$T = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{N_j} \frac{\Gamma^{i,j} \cdot v_{i,j} \cdot v_{i,j}}{2} = \frac{\Gamma^{i,j} \cdot v_{i,j} \cdot v_{i,j}}{2}. \quad (6)$$

Здесь  $\Gamma^{i,j} = \begin{bmatrix} m_1 & m_2 & \dots & m_{N_j} \\ m_1 & m_2 & \dots & m_{N_j} \\ J_1 & J_2 & \dots & J_{N_j} \end{bmatrix}$  – матрица инерционных характеристик тел

механической системы.

В отличие от классического соглашения Эйнштейна о суммировании по повторяющимся индексам, используемого в тензорном исчислении, в этой и последующих свёртках число повторяющихся индексов не обязательно равно двум. После подстановки (1) выражение (6) принимает вид:

$$T = V^{\alpha,\beta} \cdot \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2}, \text{ где } V^{\alpha,\beta} = \Gamma^{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \zeta_{i,j}^\beta.$$

Здесь  $V^{\alpha,\beta}$  – двумерный массив инерционных коэффициентов первого порядка.

Теорема об изменении кинетической энергии в форме  $\frac{d}{d\vec{q}}(T) = \vec{Q}$  фактически является действием оператора дифференцирования по вектор-аргументу обобщённых координат  $\vec{q}$  на выражение для кинетической

энергии механической системы.

Введём обозначение для оператора дифференцирования по вектор-функции обобщённых координат  $\vec{q}$  –  $L(\vec{q}) = \frac{d}{d\vec{q}}(\dots)$  и назовём его оператором

Лурье. Изложенные далее действия оператора Лурье аналогичны действиям, описанным на страницах 289 и далее в монографии Анатолия Исаковича Лурье [1]. Действие оператора Лурье, так же, как и действие оператора Эйлера

$$E(\dots) = \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial}{\partial q},$$

на выражение для кинетической энергии системы приводит к определению левых частей дифференциальных уравнений движения. Значит действия этих операторов эквивалентны  $E(\dots) = L(\dots)$ .

При этом правыми частями дифференциальных уравнений движения будут обобщённые силы. Вектор-функцию обобщённых сил  $\vec{Q}$  определим как сумму элементарных работ всех сил, действующих на звенья

механической системы, собранных в двумерном массиве  $F^{i,j} = \begin{bmatrix} F_{x1} & \dots & F_{xNj} \\ F_{y1} & \dots & F_{yNj} \\ M_{C1} & \dots & M_{CNj} \end{bmatrix}$ .

Элементарную работу всех сил на возможном перемещении системы определим при помощи свёртки произведения двух массивов  $F^{i,j}$  и  $ds(\vec{q})_{i,j}$ :

$$dA = F^{i,j} \cdot ds_{i,j} = F^{i,j} \cdot \frac{ds_{i,j}}{dq_\alpha} \cdot dq_\alpha = F^{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \cdot dq_\alpha = Q^\alpha \cdot dq_\alpha, \text{ где } Q^\alpha = F^{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha. (7)$$

Таким образом вектор-функция или одномерный массив обобщённых сил  $Q^\alpha$  является свёрткой произведения двумерного массива активного силового воздействия  $F^{i,j}$  и трёхмерного массива аналогов скоростей  $\zeta_{i,j}^\alpha$ .

Рассмотрим действие оператора Лурье  $L(\dots)$  на выражение для кинетической энергии механической системы. В индексных переменных это действие принимает вид:

$$L(T) = \frac{\partial}{\partial q_\gamma}(T) = \frac{\partial}{\partial q_\gamma} \left( v^{\alpha,\beta} \cdot \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2} \right) = v^{\alpha,\beta} \cdot \frac{\partial}{\partial q_\gamma} \left( \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial q_\gamma} \left( \frac{v^{\alpha,\beta}}{2} \right) \cdot \dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta. (8)$$

Рассмотрим частную производную в первом слагаемом выражения (8). Дифференцирование вектор функции обобщённых скоростей по вектор-аргументу обобщённых координат – это матричный оператор дифференцирования по времени, той вектор-функции, которая стоит рядом.

$$\text{Значит, } \frac{\partial}{\partial q_\gamma} \left( \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{\dot{q}_\alpha}{2} \right) + \frac{d}{dt} \left( \frac{\dot{q}_\beta}{2} \right) = \frac{\ddot{q}_\alpha}{2} + \frac{\ddot{q}_\beta}{2} = \ddot{q}_\beta.$$

В результате преобразований первое слагаемое принимает вид  $V^{\alpha,\beta} \cdot \ddot{q}_\beta$ .

Рассмотрим частную производную во втором слагаемом выражения (8), вынеся за знак дифференцирования двумерный массив постоянных инерционных характеристик звеньев  $\Gamma^{i,j}$

$$W^{\alpha,\beta,\gamma} = \frac{\partial}{\partial q_\gamma} \left( \frac{V^{\alpha,\beta}}{2} \right) = \frac{\Gamma^{i,j}}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\alpha \cdot \zeta_{i,j}^\beta) = \frac{\Gamma^{i,j}}{2} \cdot \left[ \frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\alpha) \cdot \zeta_{i,j}^\beta + \frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\beta) \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \right].$$

Рассмотрим два слагаемых в квадратной скобке

$$\frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\alpha) \cdot \zeta_{i,j}^\beta + \frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\beta) \cdot \zeta_{i,j}^\alpha = \xi_{i,j}^{\alpha,\gamma} \cdot \zeta_{i,j}^\beta + \xi_{i,j}^{\beta,\gamma} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha = 2 \cdot \xi_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \zeta_{i,j}^\gamma$$

В соответствие с правилом обращения с индексными переменными, у двух последних слагаемых можно взять любые индексы, не совпадающие с повторяющимися «i» и «j», значит эти слагаемые одинаковые,

$$W^{\alpha,\beta,\gamma} = \frac{\Gamma^{i,j}}{2} \cdot (2 \cdot \xi_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \zeta_{i,j}^\gamma) = \Gamma^{i,j} \cdot \xi_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \zeta_{i,j}^\gamma$$

В результате преобразований во втором слагаемом выражения (8) можно ещё раз поменять индексы и представить его в форме

$$W^{\alpha,\beta,\gamma} \cdot \dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta = W^{\alpha,\beta,\gamma} \cdot \dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma$$

Представим окончательный вид выражения (8) – левых частей системы дифференциальных уравнений движения, приравняв его к стоящим справа обобщённым силам:

$$V^{\alpha,\beta} \cdot \ddot{q}_\beta + W^{\alpha,\beta,\gamma} \cdot q_\beta \cdot q_\gamma = Q^\alpha \quad (9)$$

Трёхмерный массив инерционных коэффициентов второго порядка  $W^{\alpha,\beta,\gamma}$  аналогичен символами Кристоффеля первого рода для положительно определённой квадратичной формы  $V^{\alpha,\beta}$ , являющейся метрическим тензором пространства обобщённых координат  $q_\alpha$ .

В следующем разделе получим левые части дифференциальных уравнений движения механических систем с несколькими степенями свободы (9) при помощи действия оператора Эйлера на выражения для кинетической энергии.

#### 4. Действие оператора Эйлера на выражение для кинетической энергии механической системы с несколькими степенями свободы

Определим действие оператора Эйлера на выражение для кинетической энергии механической системы с несколькими степенями свободы

$$T = V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2}$$

Вначале выполним частное дифференцирование кинетической энергии по обобщённым скоростям:

$$\tau_1 = \frac{\partial}{\partial \dot{q}_\gamma} \left( V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2} \right) = V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \frac{\partial}{\partial \dot{q}_\gamma} \left( \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2} \right) = V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \left( \frac{\dot{q}_\alpha}{2} + \frac{\dot{q}_\beta}{2} \right) = V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \dot{q}_\beta$$

Отметим, что при дифференцировании вектор-функции обобщённой скорости по одному из компонентов обобщённой скорости получаются нули и одна единица, когда индексы обобщённых скоростей совпадают. Таким образом  $\frac{\partial \dot{q}_\alpha}{\partial \dot{q}_\gamma} = \delta_\alpha^\gamma$ , здесь  $\delta_\alpha^\gamma$  – символ Кронекера. При дифференцировании

$\frac{\partial}{\partial \dot{q}_\gamma} \left( \frac{\dot{q}_\alpha \cdot \dot{q}_\beta}{2} \right)$ , сомножитель  $\frac{\partial \dot{q}_\alpha}{\partial \dot{q}_\gamma}$  фактически вырезает другой сомножитель, стоящий рядом.

Продифференцируем по времени полученный результат

$$\tau_2 = \frac{d}{dt} (V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \dot{q}_\beta) = V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \ddot{q}_\beta + \dot{q}_\beta \cdot \frac{d}{dt} (V_{i,j}^{\alpha,\beta})$$

Продифференцируем по времени выражение для инерционных коэффициентов первого порядка  $V^{\alpha,\beta}$

$$\tau_3 = \frac{d}{dt} (I_{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \zeta_{i,j}^\beta) = I_{i,j} \cdot \frac{d}{dt} (\zeta_{i,j}^\alpha \cdot \zeta_{i,j}^\beta) = I_{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \xi_{i,j}^{\beta,\gamma} \cdot \dot{q}_\alpha + I_{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\beta \cdot \xi_{i,j}^{\alpha,\gamma} \cdot \dot{q}_\beta$$

Сомножители при обобщённых скоростях одинаковы, их свободные индексы можно выбрать произвольно, значит

$$\tau_3 = 2 \cdot (I_{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \xi_{i,j}^{\beta,\gamma}) \cdot \dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma = 2 \cdot W^{\alpha,\beta,\gamma} \cdot \dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma$$

С учётом  $\tau_3$  выражение для  $\tau_2$  принимает вид

$$\tau_2 = \frac{d}{dt} (V(q) \cdot \dot{q}) = V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \ddot{q}_\beta + 2 \cdot W^{\alpha,\beta,\gamma} \cdot \dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma$$

Продифференцируем по вектор-аргументу обобщённых координат выражение для кинетической энергии

$$\tau_4 = \frac{\partial}{\partial q_\gamma} \left( I_{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \zeta_{i,j}^\beta \cdot \frac{\dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma}{2} \right) = I_{i,j} \cdot \frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\alpha \cdot \zeta_{i,j}^\beta) \cdot \frac{\dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma}{2}$$

Продифференцируем произведение массивов аналогов скоростей

$$\tau_5 = \frac{\partial}{\partial q_\gamma} (\zeta_{i,j}^\alpha \cdot \zeta_{i,j}^\beta) = 2 \cdot (\zeta_{i,j}^\alpha \cdot \xi_{i,j}^\beta)$$

С учётом последнего результата

$$\tau_4 = (I_{i,j} \cdot \zeta_{i,j}^\alpha \cdot \xi_{i,j}^\beta) \cdot \dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma = W^{\alpha,\beta,\gamma} \cdot \dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma.$$

Запишем окончательный результат действия оператора Эйлера на выражение для кинетической энергии:

$$E(T) = \tau_2 - \tau_5 = V_{i,j}^{\alpha,\beta} \cdot \ddot{q}_\beta + W^{\alpha,\beta,\gamma} \cdot \dot{q}_\beta \cdot \dot{q}_\gamma.$$

### Список литературы

1. Аналитические методы исследования плоских механизмов: учебное пособие: в 2 ч. – Ч.1 / А. Н. Панасенко. – Иркутск: ИрГУПС, 2014. – 160 с.
2. Аналитические методы исследования плоских механизмов: учебное пособие: в 2 ч. – Ч.2 / А. Н. Панасенко. – Иркутск: ИрГУПС, 2014. – 170 с.
3. Бодякина, Т.В. Применение матричного метода при обучении бакалавров экономических направлений / Т.В. Бодякин, С.Е. Васильева, Е.В. Елтошкина // Российско-китайский научный журнал «Содружество». – 2016. – № 10. – С. 59-63. – EDNSXТАХТ.
4. Лурье, А. И. Аналитическая механика. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1961. – 824 с.
5. Дмитриенко, Ю. И. Тензорное исчисление: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.
6. Ovchinnikova, N.I. Simulation diagnostics of power train mechanical drives/ N.I. Ovchinnikova, V.V. Bonnet, A.V. Kosareva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548(5). 052033. Environmental Engineering and Management, Mining and Soil Treatment Technology, III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43969005>
7. Панасенко, А. Н. Объектно-ориентированный подход к анализу плоских одноподвижных механизмов. – Сборник докладов международной конференции по теории механизмов и механике машин, - Краснодар: Кубан. гос. технол. ун-т, 2006., С. 40 - 41.
8. Панасенко, А. Н. Моделирование процесса ударного взаимодействия стержневой системы и упругого тела / А. Н. Панасенко, С. А. Панасенко. – VIII международная конференция проблемы механики современных машин. Сборник статей конференции. Улан-Удэ, 2022. С. 365-371. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49164927>
9. Панасенко, А. Н. Анализ плоских одноподвижных механизмов с использованием шести характеристических массивов / А. Н. Панасенко, С. А. Панасенко. В книге: XIII Всероссийский Съезд по теоретической и прикладной механике. Сборник тезисов докладов. В 4-х томах. Санкт-Петербург, 2023. С. 509-511. <https://elibrary.ru/item.asp?id=58901836>
10. Панасенко, А. Н. Практическое решение обратной задачи динамики для плоских антропоморфных моделей / А. Н. Панасенко, С. А. Панасенко. В книге: XIII Всероссийский Съезд по теоретической и прикладной механике. Сборник тезисов докладов. В 4-х томах. Санкт-Петербург, 2023. С. 98-100. <https://elibrary.ru/item.asp?id=58809001>

**УДК 004.418 004.413.2**

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О МЕСТОПОЛОЖЕНИИ ЛЕСНЫХ АРЕНДНЫХ УЧАСТКОВ

**Диомидов И.А.**

Иркутский государственный университет путей и сообщения  
*г. Иркутск, Иркутская область, Россия*

Проблема создания информационных систем для организаций лесного комплекса является актуальной в связи с поставленными государством задачами по совершенствованию государственного лесного реестра. Цель настоящей работы является разработка системы обработки информации о местоположении лесных арендных участков Иркутской области. В ходе работы был проведен обзор предмета исследования, выполнено проектирование модели данных, создан проект системы и сама система по заданному проекту с использованием актуальных технологий. Данная система эффективно обновляет информацию о местоположении лесных арендных участков. Общая архитектура системы, подход к созданию, а также модель данных может быть полезным для разработчиков иных аналитических систем обработки информации о лесах и лесных ресурсах.

*Ключевые слова:* ГИС, лесное хозяйство, разработка, субд, модель данных

## DEVELOPMENT OF AN INFORMATION PROCESSING SYSTEM FOR FOREST LEASE AREA LOCATION

**Diomidov I.A.**

Irkutsk State University of Railway Engineering  
*Irkutsk, Irkutsk Region, Russia*

The issue of creating information systems for organizations in the forestry sector is relevant due to the tasks involved in improving the state forest registry. The aim of this study is to develop a system for processing information on the location of forest lease areas for the Irkutsk region. The study includes a review of the subject, design of a data model, creation of a system project, and implementation of the system according to the specified project using current technologies. This system efficiently updates information on the location of forest lease areas. The overall architecture of the system, the approach to its development, and the data model could be useful for developers of other analytical systems for processing information about forests and forest resources.

*Keywords:* GIS, forestry, development, DBMS, data model

### **Введение**

Иркутская область является зоной активного лесопользования, где ее территория состоит из 37 лесничеств общей площадью 774.8 тыс.км<sup>2</sup>. Различными авторами поднимается проблема регулирования процессов лесного хозяйства, подчеркивается важность проработки способов обеспечения принципов рационального и неистощительного использования лесов и лесных ресурсов [4, 16, 17]. Повышение интенсивности лесозаготовки и высокая изменчивость структуры арендных лесных участков приводит к тому, что информация о лесопользовании является неопределенной и быстро устаревает. Анализ таких масштабных и

динамичных сведений затруднителен без использования автоматизированных средств обработки. В связи с актуальной задачей в лесном хозяйстве по совершенствованию государственного лесного реестра требуется рассмотреть задачу построения системы обработки информации применительно к лесному хозяйству [3]. Сама по себе проблема построения системы мониторинга лесопользования не рассматривалась изолированно, всегда становясь частью более глобальной задачи. Системы, включающие в себя учет арендных отношений, главной своей задачей видят учет заготовленной древесины в целом. Информация об обременении лесных выделов или кварталов рассматривается только как промежуточный этап [8]. Низкая точность данных государственного лесного реестра является фактором, также увеличивающим неопределенность [9]. Это вынуждает использовать специфичные подходы при организации хранения данных и их обработки, учитывать возможные ошибки и коллизии в данных. Дополнительно, стоит отметить пространственную компоненту. Арендный лесной участок может задаваться как перечнем лесных кварталов и выделов, так и набором координат. Это означает, что моделирование может выполняться средствами геоинформационных систем (ГИС) [5,14]. Достичь высокой точности и актуальности информации, можно через создание специализированного инструмента редактирования информации об обременении. Требуется разработать инструмент способный обновлять и отображать актуальную информацию о ней на территории Иркутской области. В рамках данной работы будут представлены проект системы, некоторые детали реализации, и сделаны выводы в соответствии с результатами разработки и применения.

### **Проектирование системы**

Высокий уровень изменчивости информации об обременении лесных участков является основной решаемой проблемой. Цель создаваемой системы в таком случае будет поддержание информации об обременении лесных участков в актуальном состоянии. Метод заключается в использовании программных алгоритмов при внесении и хранении информации.

Требуется спроектировать следующие модули:

- систему хранения;
- система редактирования;
- система просмотра;

Модули должны быть распределенными и гибкими в связи с тем, что данная система может стать информационной платформой для решения широкого класса задач [12]. В частности, применительно к системе хранения, выбор сделан в пользу реляционной модели данных, ставшей традиционной практикой при построении распределенных систем. Она обеспечивает одновременно гибкость и целостность информации [6].

Цифровой основой являются слой квартальной сети и информация об арендных договорах. Источником информации об аренде могут выступать

лесоучетные документы, дополнительные соглашения, а также форма-б ОИП "Сведения об использовании лесных участков, предоставленных в аренду, постоянное (бессрочное) и безвозмездное пользование". Элементы данной формы составлены в соответствии с Лесным Кодексом РФ [9]. Ключевые поля (будущие атрибуты):

- наименование арендатора;
- наименование договора;
- вид использования лесов;
- площадь участка (га);
- дата заключения договора;
- срок (лет);
- лесничество;
- местоположение участка

На начальном этапе разработки принято решение заносить в базу данных сведения только об арендаторах лесного фонда свидом использования "Заготовка древесины". Их договора занимают преобладающую территорию в Иркутской области. Это упрощает задачу по проектированию системы, позволяя не учитывать отдельные лесотаксационные выделы. В соответствии с принятыми ограничениями предлагается следующая логическая модель данных (Рисунок 1).

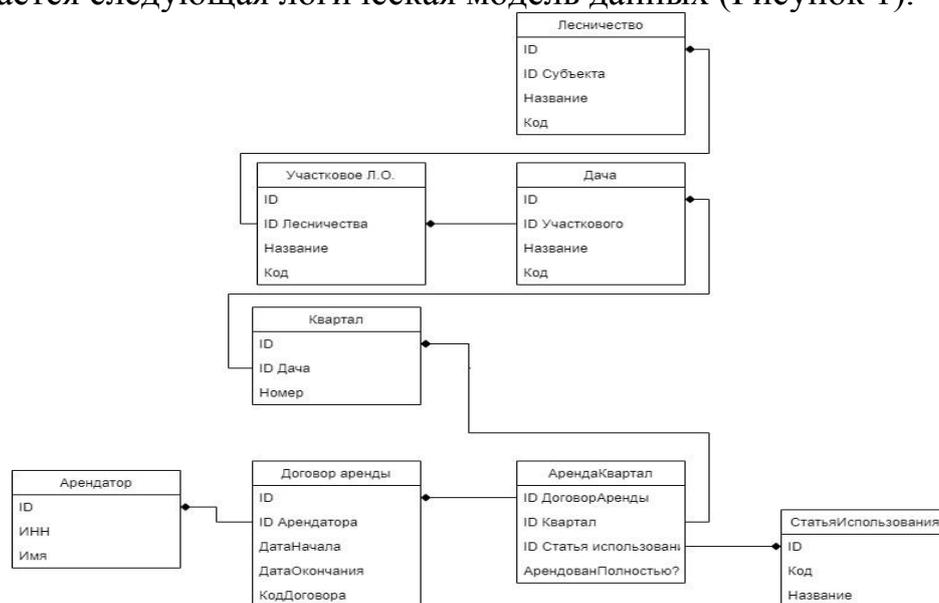


Рисунок 1 – Диаграмма логической модели данных

Отношения в физической модели идентичны логической, и здесь она не приводится. На диаграмме видно, что информацию можно логически поделить на два блока: информация о квартальной сети и о договорах аренды. Отношение "Аренда Квартал" обеспечивает связь между этими блоками.

Данное решение является классическим и называется созданием таблицы связей [6]. Создаваемая система редактирования должна выполнять обновление и заполнение таблиц Арендатор, Договор Аренды и Аренда

Квартал. Информация о кварталах, о лесничествах в соответствии с их регламентом заносится в базу данных и остается неизменной.

Достоинством предлагаемой модели является ее гибкость, то есть возможность присоединять дополнительную информацию к кварталу без потребности менять уже существующую структуру.

Редактирование такой базы данных путем конструирования SQL запросов в ручном режиме может оказаться затруднительным из-за потребности знать первичные ключи сразу нескольких таблиц. Однако, влияние данного фактора должны снизить системы просмотра и редактирования информации. Пользователь не должен обращаться к СУБД и таблицам напрямую [13].

Применительно к остальным задачам, предлагается разработать две независимых системы редактирования и обзора (Таблица 1).

Таблица 1 -Описание модулей системы.

Название модуля	Функции
Редактор договоров	занесение в базу данных лесопользователей; занесение в базу данных арендаторов; формирование истории изменений договоров аренды;
Обзор аренды	отображение на web-карте информации о видах обременений; построение отчетных таблиц для загрузки в Excel; создание выходных файлов для загрузки в ГИС; подключение внешних источников данных, подключение сервисов WMS;

Обе системы должны использовать единую базу данных. В одном случае в режиме только чтение, в другом - чтение и редактирование.

Анализ данных показал, что наибольшее число ошибок и трудозатрат связано с обработкой информацией о местоположении. Ее структура имеет следующий порядок: лесничество, участковое, дача и список кварталов через интервалы. Она является общепринятой, используется в самых разных документах и может иметь вид, например, "Иркутское л, Иркутская д, кв. 1-12". Проблема заключается в том, что могут иметься незначительные ошибки в написании дач, перечне кварталов и в порядке слов. Система должна это учитывать и предлагать варианты исправления ошибок во входных данных.

В таком случае, редактор договоров должен обладать следующими функциями, которые позволят обеспечить точность и удобство заполнения информации:

- парсинг текстового выражения с перечнем лесных кварталов в виде интервалов;
- преобразование выражения в массив с уникальными идентификаторами кварталов;
- проверка кварталов на наличие в выбранной даче;
- отображение смежных договоров аренды и пересечений с ними;

Система "Обзор аренды" должна отображать информацию как на карте, так и выгружать информацию из базы в виде Excel таблиц и векторных файлов (Таблица 2). Это сделает всю систему более гибкой и интегрируемой. Практика показывает, что могут возникать задачи, которые специалист в специализированном ПО выполнит быстрее, чем в интернет-приложении.

Таблица 2 -Виды отчетных документов

Отчет	Типы файлов	Элементы данных	Назначение
Регламент	Excel, MapInfo TAB	Местоположение и список кварталов	Получение информации о перечне кварталов согласно регламенту
Аренда	Excel, MapInfo TAB	Арендатор, Договор, Дача Начала, Дата Окончания, Основание предоставления, Вид Пользования, Статус договора, Площадь, Местоположение	Получение актуальной информации о местоположении
Пересечения	Excel, MapInfo TAB	Местоположение, тип пересечения	Анализ участков на наличие пересечений обременений

### **Разработка**

В качестве технического решения, были использованы программные фреймворки VueJS и ASP.NET [1, 11]. VueJS реализует клиентскую часть приложения (в виде одностраничного приложения), ASP.NET обеспечивает серверную обработку и работу с базой данных. СУБД PostgreSQL с пространственным расширением PostGIS обеспечивает управление хранимыми данными [8, 10].

Клиентская часть состоит из двух одностраничных приложений, серверная часть представляет собой монолитный API-сервер, предоставляющий методы как на чтение, так и на редактирование [2].

Для клиентской части приложения можно задействовать картографическую библиотеку с открытым исходным кодом Leaflet, позволяющей отображать векторную информацию и информацию с сервисов WMS в браузере. Для наглядности в систему были подключены тайловые слои из открытых источников OpenStreetMap и OpenTopoMap, образующие базовый растровый слой (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Информация об обременении кварталов на территории Мамского лесничества

Библиотека EntityFramework позволяет использовать при работе ORM, не требуя от программиста конструирования SQL запросов, которые, как было сказано ранее, с имеющейся моделью будут довольно сложными. Вместо этого объектные запросы автоматически преобразуются в SQL на основе встроенного в язык C# библиотеки Linq. Для генерации объектной модели использовался инструмент библиотеки EntityFrameworkScaffold (efsccaffold) [13,15].

Построение картографических отчетов выполняется на серверной стороне с помощью биндингов к библиотеке GDAL, табличные отчеты с помощью библиотеки EppPlus [7,18].

Взаимодействие между клиентской частью и серверной достигается HTTP-запросами, содержащие JSON с параметрами. Для реализации обработки местоположения в виде текста создано два метода в контроллере RentController:

- textStringToKvartals, на входе текстовая строка, на выходе целочисленный массив с идентификаторами кварталов.
- kvartalsToTextString, на входе целочисленный массив, на выходе отформатированная текстовая строка с местоположением указанных кварталов.

Данная система введена в эксплуатацию и хорошо себя зарекомендовала в организации ФГБУ Рослесинфорг Прибайкалеспроект. Воспользовавшись проектом "Обзор аренды", оператор получает полную картину о каждом из арендаторов, в разрезе лесничеств, дач или участков. Так же он может проверить внесенные данные на ошибки и исправить их в специализированном окне (Рисунок 3).

Среди достоинств системы: предупреждение территориальных коллизий между участками, возможность выгрузки данных с карты в специализированное программное обеспечение (ГИС, Excel). Новый подход к обработке информации о местоположении позволил существенным образом ускорить работу по анализу лесосырьевой базы. Система преобразует текстовую строку в набор идентификаторов и использует их для проверочных запросов. Проведение отладки на этапе занесения информации позволило существенно сократить время на дополнительные проверки.

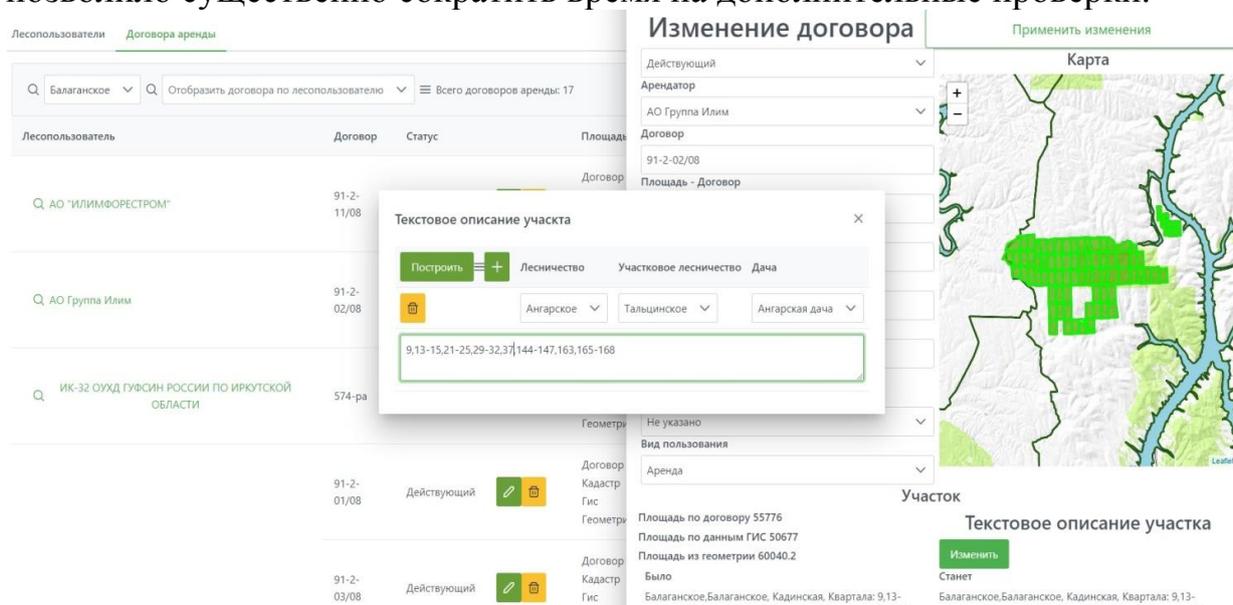


Рисунок 3 - Экран редактирования договоров

## Заключение

Была создана система обработки информации об обременении. Система состоит из двух модулей "Обзор аренды" и "Редактор договоров". При создании системы использовались реляционная модель данных, СУБД PostgreSQL с пространственным плагином PostGIS. Для создания серверной части приложения использовались программные фреймворки языка программирования C#, для клиентской части фреймворк одностраничных приложений VusJS. Редактор позволяет поддерживать базу данных в актуальном состоянии, а модуль просмотра обеспечивает надлежащую информационную поддержку, позволяя интерактивно просматривать информацию в браузере. Часть информации показывается на карте в браузере, но также может быть преобразована в формат для анализа в специализированном программном обеспечении. Основным достоинством системы является удобный редактор информации о местоположении. Он позволил повысить актуальность и точность имеющейся информации о договорах аренды. Дальнейшим развитием данной системы является добавление новых видов использования с последующей доработкой структуры базы данных, а также добавление поддержки истории изменений договоров аренды. Данная система может стать информационной платформой и быть использована для анализа и иной связанной

информации, например, для совмещения с государственным лесным реестром с целью анализа процесса лесозаготовки на конкретных арендных участках.

### Список литературы

1. Антипина, А. О. Разработка интерфейсов веб-приложения с использованием Composition API / А. О. Антипина // Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2023 : Сборник трудов VI международного научно-технического форума. В 10-ти томах, Рязань, 01–03 марта 2023 года / Под общей редакцией О.В. Миловзорова. Том 4. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, 2023. – С. 222-224. – EDN TIRLLB.
2. Ванюлин, А. Н. Организация обмена данных между приложениями ASP.NET Core и BlazorWebAssembly с помощью REST API / А. Н. Ванюлин, Д. В. Антонов // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей IV Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 06 апреля 2023 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2023. – С. 55-60. – EDN ZOSAKG.
3. Вертакова, Ю. В. Совершенствование системы государственного управления лесами с учетом зарубежного опыта и российской практики цифровизации лесоустройства и лесопользования / Ю. В. Вертакова, О. А. Крыжановская, А. В. Евченко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2020. – Т. 10, № 2. – С. 46-62. – EDN NZBGKH.
4. Гишкаева, Л. Л. Эффективное лесопользование — это экологически сбалансированная интенсивная модель лесопользования / Л. Л. Гишкаева, М. Д. Умаева, К. У. А. Шишханов // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 10-1(92). – С. 103-106. – DOI 10.24412/2411-0450-2022-10-1-103-106. – EDNXWFJWF.
5. Гребенюк, А. Л. Использование гис-технологий в анализе лесного фонда / А. Л. Гребенюк // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2014. – Т. 1. – С. 357-361. – EDN SOBQAF.
6. Дейт, К. Д. Введение в системы баз данных / К. Д. Дейт ; К.Д. Дейт ; [пер. с англ. и ред. К.А. Птицына]. – 8-е изд. – М. [и др.] : Вильямс, 2005. – ISBN 5-8459-0788-8. – EDN QMORMN.
7. Дровнинов, Д. А. Использование библиотеки пространственных данных GDAL/OGR для работы с отечественными форматами данных / Д. А. Дровнинов, К. Н. Марков, М. Г. Суханов // Геоинформатика. – 2013. – № 1. – С. 37-45. – EDN PXFLVJ.
8. "Изучаем PostgreSQL 10" Оригинальное название: "Learning PostgreSQL 10" // Системный администратор. – 2019. – № 9(202). – С. 76-86. – EDN YDEIFR.
9. Ильиных, А. Л. Анализ проблемных вопросов получения сведений из государственного лесного реестра / А. Л. Ильиных, О. А. Пономарева // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 7. – С. 217-220. – DOI 10.33764/2618-981X2019-7-217-220. – EDN DBUZEQ.
10. Использование Postgis в сфере картографии / К. В. Спицин, Д. А. Сидоренко, А. А. Барсукова, Э. И. Ямалтдинова // EUROPEAN RESEARCH: сборник статей XXX Международной научно-практической конференции, Пенза, 08 января 2021 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2021. – С. 13-15. – EDNNMAFDB.
11. Мудранов, А. М. Asp.net MVC. Введение в технологию / А. М. Мудранов, М. Д. Жулин // Студенческая наука для развития информационного общества: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции, Ставрополь, 22–23 мая 2018 года. Том Часть 1. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2018. – С. 136-140. – EDN XSWLZR.

12. Николаев, А. И. Особенности функционирования автоматизированной системы учета заготовленной древесины и контроля ее происхождения / А. И. Николаев, А. В. Стариков, К. В. Батуринов // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6, № 3(23). – С.109-117. – EDN WMUXAH.

13. ORM как альтернативный способ общения с СУБД / А. П. Плехин, М. А. Польская, А. А. Плехина, О. Л. Серветник // Инновационные тренды и драйверы устойчивого развития социально-экономических процессов в условиях перехода к цифровому обществу : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, Ставрополь, 16–17 октября 2023 года. –Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2023. – С.591-595. – EDN FVVWWW.

14. Прокопьев, А. В. Математическая модель застройки территории / А. В. Прокопьев, А. А. Непомнящий, Е. В. Елтошкина // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона : Сборник научных тезисов студентов, п. Молодежный, 12–13 октября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 376-378. – EDN HPQQMJ.

15. Хабиров, Р. А. Сравнительный анализ ORM технологий Entityframework и Даррег / Р. А. Хабиров, Н. К. Арутюнова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы VI Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 10–14 апреля 2023 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский на Амуре государственный университет, 2023. – С. 396-399. – EDN APNARY.

16. Шидаков, Ш. С. Методика проектирования лесного участка при заготовке древесины как важный механизм эффективного лесопользования / Ш. С. Шидаков // Проблемы организации лесоустройства и пути их решения: Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора О. А. Харина, Мытищи, 14 апреля 2017 года / Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Мытищи: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-инновационный центр", 2017. – С. 123128. – EDN YRMYQK.

17. Ялбулганов, А. А. Лесопользование в России: регулирование арендных отношений/ А. А. Ялбулганов // Гражданин и право. – 2010. – № 7. – С. 50-55. – EDN NYEUXF.

18. Excel spreadsheet library for .NET Framework/Core - URL: <https://epplussoftware.com/> (дата обращения 06.05.2024).

**УДК 378.147:51**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ**

**<sup>1</sup>Бодякина Т.В., <sup>1</sup>Елтошкина Е.В., <sup>2</sup>Булгатова Е.Н.**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ,

*п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская обл., Россия*

<sup>2</sup>*Центр математических исследований. Университет Санья, Китай*

В настоящее время стремление России принимать участие в международном разделении труда поднимает вопрос о качестве образования в вузах. Оценкой качества образования является не объем знаний, умений и навыков, а профессиональная компетентность выпускника вуза. Перед вузами стоит задача в подготовке специалистов

мыслящих, владеющих знаниями, самостоятельно и быстро ориентирующих в любой меняющейся ситуации технического и экономического прогресса. А также с профессиональными умениями и навыками, умеющие организовать конкурентоспособное производство, работать в команде, мыслить нестандартно, использующие инновационные технологии при организации производства. У студентов имеется возможность произвести самодиагностику своих знаний и умений и самоконтроль освоения учебного курса в ходе самостоятельной работы.

*Ключевые слова:* самостоятельная работа, образование, компетентность, студент, деятельность.

## ORGANIZATION OF INDEPENDENT WORK OF STUDENTS AT THE UNIVERSITY

**<sup>1</sup>Bodyakina T.V., <sup>1</sup>Eltoshkina E.V., <sup>2</sup>Bulgatova E.N.**

<sup>1</sup>Irkutsk State Agrarian University of A. A. Ezhesky,  
Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

<sup>2</sup>Center for Mathematical Research.Sanya University, China

Currently, Russia's desire to take part in the international division of labor raises the question of the quality of education in universities. The assessment of the quality of education is not the volume of knowledge, skills and abilities, but the professional competence of a university graduate. Universities are faced with the task of training specialists who think, possess knowledge, and independently and quickly navigate in any changing situation of technical and economic progress. And also with professional skills and abilities, able to organize competitive production, work in a team, think outside the box, use innovative technologies when organizing production. Students have the opportunity to perform self-diagnosis of their knowledge and skills and self-control of mastering the training course during independent work.

*Key words:* independent work, education, competence, student, activity.

### **Введение**

В современном мире желание России принимать активное участие в вопросе об уровне образования в наших университетах, так как международное разделение труда ставит перед нами вопрос о качестве подготовки специалистов. Важно отметить, что ценность образования складывается из нескольких составляющих: это не только объем знаний, умений и навыков, но и набор тех или иных компетенций. Это стало причиной того, что в центре внимания обучения студентов теперь находится формирование у них таких качеств как самостоятельность в принятии решений, оперативность в решении возникших проблем и способность находить нестандартные подходы к решению различных задач. Выпускник, который обладает этими знаниями, может легко обучаться, а также способен перерабатывать и добывать нужную информацию, чтобы использовать ее в своей деятельности. Только в процессе самостоятельной работы можно получить эти навыки [1, 3].

Их получение требует поиска новых форм и методов обучения, которые будут соответствовать новым образовательным стандартам и новому подходу к организации учебного процесса в вузе.

В соответствии с определением Б.П. Есипова «самостоятельная работа» -это деятельность, которая выполняется без непосредственного участия учителя, но при этом по его заданию и в отведенное для этого время.

В Иркутском государственном аграрном университете при разработке новых программ реализуется подход формирования набора компетентностей. Новые программы базируются на новейшем научно-образовательном уровне. Самостоятельная работа введена в учебный процесс по всем дисциплинам, разработаны темы работ, выделены часы, которые предусмотрены на их выполнение и определены сроки сдачи. Особенностью системы является обязательное планирование СР, разработка требований к объёму и оформлению СР, а также регулярный контроль за выполнением заданий [2].

Задача данной работы продемонстрировать на примере обучения высшей математике сочетание традиционных и инновационных методов преподавания в соответствии с современными требованиями. Традиционно высшая математика является базовой для спецдисциплин и тесно связана с естественнонаучными дисциплинами (физикой, химией, биологией и т.д.). С другой стороны, в математике невозможно обойтись без компьютеров [1, 5].

**Цель исследования** заключается в том, чтобы создать условия для самостоятельной деятельности студентов на лекциях и практических занятиях по математике.

#### **Результаты исследований**

В качестве альтернативы для самостоятельной деятельности студентов в аудитории или вне её предлагается уникальный комплекс заданий, который включает в себя использование компьютеров как посредника между студентами и преподавателями, а также возможность осуществлять постоянный мониторинг и корректировать учебный процесс.

В современном образовательном процессе широко применяются компьютерные технологии как для изучения отдельных тем и выполнения типовых заданий, также и для разбора типичных задач и, конечно, при работе студентов с дидактическим материалом самостоятельно. В данном случае основной задачей преподавателя является предоставление студентам методических материалов и соответствующих инструкций. Практически через компьютер преподаватель осуществляет и обучающую, и контролирующую функции системы [4, 7].

Получив тему самостоятельной работы, студент имеет возможность выбирать порядок её выполнения, а именно, изучив теорию, приступить к выполнению заданий, или минуя теорию, заняться практикой. Вопросы и задачи самостоятельной работы распределены с помощью датчика случайных чисел. Студентам даются разные задания, а затем они работают на отдельных компьютерах, что помогает учащимся улучшить свою самостоятельную работу [6, 8].

Задания предлагаются 4-х уровней.

Задания первого уровня направлены на проверку ваших знаний основных понятий и определений по теме, вам будут представлены вопросы, формулы и диаграммы, для каждого из которых вам придется выбрать правильный ответ.

**Пример 1**

Найти алгебраическое дополнение элемента  $a_{12}$  матрицы  $A = \begin{pmatrix} -2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & -3 \\ 4 & -5 & 2 \end{pmatrix}$ . Варианты ответов: 1) 10; 2) 5; 3) -14; 4) 14; 5) 7.

Задания второго уровня предназначены для выработки у студентов навыков применения теории, как правило, это типовые задачи, рекомендуются для решения на практическом занятии.

**Пример 2**

Даны вершины  $A(3;0)$ ,  $B(-5;6)$ ,  $C(-4;1)$  треугольника. Найти уравнение стороны  $AB$ . Варианты ответов: 1)  $3y - 3x + 5 = 0$ ; 2)  $4y + 3x - 9 = 0$ ; 3)  $y - x - 3 = 0$ ; 4)  $2y - 3x - 1 = 0$ ; 5)  $4y - 3x + 1 = 0$ .

Задания третьего уровня предусмотрены для проверки усвоения данного материала. В тестовых задачах этого уровня необходимо показать умение правильно применять известные правила и алгоритмы при решении типовых задач.

**Пример 3**

Найти проекцию вектора  $\vec{a} - 2\vec{b}$  на направление вектора  $\vec{c}$ , если  $\vec{a} = -2\vec{i} + \vec{j} - 8\vec{k}$ ,  $\vec{b} = -4\vec{i} - 2\vec{j} - 3\vec{k}$  и  $\vec{c} = 3\vec{i} - 4\vec{j} + 12\vec{k}$ . Введите ответ.

Задания четвертого уровня направлены на формирование основных элементов профессиональных компетенций и разделены на три группы:

- задачи с избыточными данными;
- задачи, имеющие несколько способов решения;
- задачи с выбором оптимального решения.

**Пример 4**

Установить соответствие между терминами и родовым понятием

	Термин	Родовое понятие
1)	Событие;	а) исход;
2)	Случайное событие;	б) значение;
3)	Достоверное событие;	в) событие;
4)	Невозможное событие.	г) процесс - действие.

Решение этих задач требует умения синтезировать изучаемое, анализировать проблемную ситуацию и принимать самостоятельные решения.

При проведении практических занятий с помощью обучающей системы мы получаем следующие преимущества:

- 1) точечный опрос студентов;
- 2) индивидуальная консультация;

- 3) самостоятельная работа с заданиями;
- 4) возможность самодиагностики.

Обучающая система используется также при выполнении курсовых проектов, рефератов.

Благодаря этому формируются исследовательские качества, самостоятельного поиска решений практического применения.

К сожалению, у части современных студентов отсутствует положительная мотивация к изучению математики. В результате учащиеся испытывают большие трудности в усвоении материала, и преподавателям приходится искать новые методы обучения, приемы и подходы к этим учащимся. При разработке тем самостоятельных работ находить интересные для студентов проектные задания. Таким образом, использование проектной методики направлено на лично-ориентированное воспитание и учитывает индивидуальные психологические особенности студентов [9, 10].

Развивая активное самостоятельное мышление, креативность, умение применять знания на практике, планировать действия и прогнозировать результаты преподаватель выполняет поставленную перед собой задачу.

### **Заключение**

В итоге обучающая система позволяет решить задачи формирования новых компетенций у студентов, соответствующих современным требованиям.

Разработанная обучающая система позволяет заинтересовать студентов к изучению высшей математики и формировать у студентов профессиональные компетенции.

### **Список литературы**

1. Авдошина, Т. Ф. Организация и контроль самостоятельной работы студентов при изучении высшей математики / Т. Ф. Авдошина // Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий : Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции, Балаково, 26 апреля 2023 года. – Балаково: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2023. – С. 162-167. – EDN XONMGX.

2. Большакова, О. Н. Организация научно-исследовательской деятельности студентов в условиях цифровизации образования / О. Н. Большакова, В. А. Адольф // Образование и социализация личности в современном обществе : Материалы XII Международной научной конференции, Красноярск, 14–16 апреля 2020 года / Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2020. – С. 47-52. – EDN TIYKBH.

3. Гольшева, С. П. Профессионально ориентированное обучение математике в вузе как инструмент формирования профессиональных компетенций у студентов - будущих аграриев (на примере изучения Функции многих переменных) / С. П. Гольшева // Современная психология и педагогика: проблемы и решения : Сборник статей по материалам LVII международной научно-практической конференции, Новосибирск, 18 апреля 2022 года. Том 4 (55). – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2022. – С. 59-64. – EDN OTTXPZ.

4. Елтошкина, Е. В. Основные методы организации СРС по математике в аграрном вузе по ФГОС3++ / Е. В. Елтошкина, Е. Н. Булгатова, Е. Б. Павлова // Формирование

компетенций в условиях современных потребностей рынка труда : Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 18–19 марта 2020 года. Том Выпуск 27. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2020. – С. 462-470. – EDN HDTVTU.

5. Елтошкина, Е. В. Методы педагогики в математической подготовке будущих специалистов сельского хозяйства / Е. В. Елтошкина, А. В. Кузьмин, Т. В. Бодякина // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 336-341. – EDN OUYSMT.

6. Зверева, А. И. Методические вопросы организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине "Высшая математика" / А. И. Зверева // Образование и педагогика: вопросы, гипотезы, ответы : Материалы Первой Международной научно-практической конференции, Москва, 16 апреля 2023 года. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2023. – С. 198-204. – EDN UDOCVY.

7. Ишкова, О. И. Самостоятельная работа по методико-математической подготовке студентов СПО в контексте формирования их профессиональных компетенций / О. И. Ишкова // Образование и проблемы развития общества. – 2019. – № 1(7). – С. 30-35. – EDN JOGVNB.

8. Картежников, Д. А. Особенности самостоятельной работы студентов при дистанционном обучении / Д. А. Картежников, А. Н. Картежникова // Образование - Наука - Производство : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. Том 2. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2020. – С. 248-250. – EDN QFJZYD.

9. Ломакина, Н. А. Проблемы управления самостоятельной работой студентов / Н. А. Ломакина, Л. А. Самборук // FocusonLanguageEducationandResearch. – 2022. – Т. 3, № 3. – С. 3-12. – DOI 10.35213/2686-7516-2022-3-3-3-12. – EDN OSBGCD.

10. Шумай, Т. А. Применение теории экстремума к решению прикладных задач / Т. А. Шумай, С. Е. Васильева // СОВРЕМЕННАЯ НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ и ИННОВАЦИИ : сборник статей XXV Международной научно-практической конференции : в 2 ч., Пенза, 10 мая 2022 года. Том Часть 1. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 9-13. – EDN NRLSCS.

**УДК 519.6:311**

## **ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИИ КОМПАНИИ**

**Бендик Н.В., Краковская К.В.**

ФГБОУВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская область, Россия*

Проведено обоснование необходимости разработки маркетинговой стратегии компании, занимающейся разработкой инновационной продукции, для ее вывода на рынок. Выявлены особенности маркетинговой стратегии для инновационной продукции. Проанализированы информационные технологии в виде двух программных продуктов для

формирования маркетинговой стратегии. В качестве программных продуктов обоснованы системы Airtable и Notion. При выборе программного продукта предложено использовать методы непараметрической статистики. В качестве статистики выбран и апробирован критерий Уилкоксона-Манна-Уитни.

*Ключевые слова:* информационные технологии, непараметрическая статистика, маркетинговая стратегия, инновационный продукт.

## **THE SELECTION OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR THE FORMATION OF A COMPANY'S MARKETING STRATEGY**

**BendikN.B., KrakovskayaK.B.**

*Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhevsky, Russia, Irkutsk*

The substantiation of the need to develop a marketing strategy of a company engage in the development of innovative products for its market launch has been carried out. The features of the marketing strategy for innovative products are revealed. Information technologies in the form of two software products for the formation of a marketing strategy are analyzed with conclusions. The Airtable and Notion systems are justified as software products. When choosing a software product, it is proposed to use nonparametric statistics methods. The Wilcoxon–Mann–Whitney criterion was selected and tested as a statistic.

*Key words:* information technologies, nonparametric statistics, marketing strategy, innovative products.

### **Введение**

Маркетинг – один из самых эффективных и популярных инструментов на данный момент для выведения нового инновационного продукта на рынок. Таким образом, о продукте может узнать широкий круг потенциальных потребителей этого продукта. Если рассматривать рынок в целом, то существует мнение, что он наполнен множеством различных фирм, которые должны конкурировать между собой для увеличения продаж, особенно рынок инновационных продуктов. Поэтому каждая компания, независимо от размера, пытается выделиться среди конкурентов и увеличить количество своих клиентов. Также каждой конкретной компании необходимо повышать узнаваемость своего бренда среди потребителей, так как при желании потенциального покупателя купить какой-либо продукт он опирается на два основных положения: его известности и наличия подходящих технических характеристиках от конкретной компании.

Актуальность маркетинговой стратегии для компании, разрабатывающей инновационный продукт, определяется как минимум двумя факторами: 1) развитие в стране цифровой экономики, программ импортозамещения, совершенствование и внедрение информационных технологий и технологий искусственного интеллекта; 2) необходимость продвижения на рынок разрабатываемых инновационных продуктов в их борьбе с традиционными продуктами. Этот фактор требует с опережением во времени формировать маркетинговую стратегию своего инновационного продукта.

Целью данной работы является выбор информационной технологии в виде программного продукта для формирования маркетинговой стратегии компании, занимающейся разработкой инновационной продукции.

Для реализации поставленной цели поставлены и решены следующие задачи:

1) проведено теоретическое обоснование необходимости разработки маркетинговой стратегии компании, занимающейся разработкой инновационной продукции, для ее вывода на рынок;

2) выявлены особенности маркетинговой стратегии для инновационных продуктов;

3) проанализированы с выводами информационные технологии в виде двух программных продуктов для формирования маркетинговой стратегии. При выборе программного продукта (ПП) предложено использовать методы непараметрической статистики.

### **Особенности маркетинговой стратегии для инновационных продуктов**

Существует множество различных мнений ученых, которые дают свои определения термину «маркетинговая стратегия». Так, например, Ф. Котлер и соавторы определяют маркетинговую стратегию тремя обязательными критериями [4]: « 1) точность сегмента рынка, который имеет для организации наибольшую полезность и выгодность; 2) разработка отдельных стратегий для различных элементов маркетинга: рекламы, области сбыта товара и так далее; 3) определение маркетингового бюджета, в который включаются все расходы на различные маркетинговые стратегии».

Некоторые авторы в разработку маркетинговой стратегии относят установление конкретных целей и путей их достижения, что является базой, на основе которой задается маркетинговая политика компании [10] или учет роли клиентов как ценного актива, которым обладает любая компания на современном рынке [7]. Именно поэтому маркетинговая стратегия играет такую значительную роль в профессиональной жизни компании [1,2].

Инновации продукта [10] – это «процесс создания нового продукта или обновления продукта с дополнительными функциями, то есть это эффективная методология дифференциации бренда и превращение его в лидера отрасли».

В процессе разработки инновационных продуктов выделяют четыре основных этапа: 1) исследование рынка; 2) разработка продукта; 3) проведение технико-экономического обоснования; 4) разработка соответствующей маркетинговой стратегии. При выходе на рынок необходимо подготовить потребителя, чтобы он был заинтересован в покупке нового продукта.

### **Выбор информационных технологий в виде программного продукта для формирования маркетинговой стратегии**

Для формирования маркетинговой стратегии инновационных продуктов интерес представляют ряд программных продуктов, в которых

достаточно удобно хранить информацию, структурировать ее, делиться с членами команды и отслеживать результаты.

Рассмотрим два наиболее популярных продукта: Airtable и Notion.

Notion – это инновационный облачный инструмент для повышения производительности и совместной работы в одном рабочем пространстве. У сервиса есть веб-версия и приложения для операционных систем IOS и Windows, а также мобильные приложения для IOS и Android. Сервис предоставляет несколько тарифных планов: бесплатный для обычного пользователя, плюс, бизнес и полностью индивидуальный для крупных предприятий. Для студентов и преподавателей план «плюс» (с лимитом на 1 человека) предоставляется бесплатно. По сравнению с бесплатным планом, можно добавлять больше гостей, иметь доступ к большей истории версий и загружать более крупные файлы. Для этого нужно зарегистрироваться с помощью студенческого адреса электронной почты [3].

Airtable – гибкий и настраиваемый инструмент для организации и управления данными. Airtable заслужил популярность благодаря своему современному интерфейсу, красочному дизайну и простоте использования. Airtable предлагает широкий спектр представлений для организации данных, включая таблицы, календари, доски Kanban, галереи и временные шкалы. Airtable особенно хорошо подходит для создания реляционных баз данных. Он также предлагает обширные функции автоматизации, включая возможность запуска уведомлений, интеграции с другими инструментами и запуска пользовательского кода.

При сравнении этих программных продуктов при создании маркетинговой стратегии для инновационных продуктов большое значение имеет ответ на вопрос: с точки зрения пользователя, с точки зрения выбранных показателей, характеризующих практическую значимость программных продуктов, с точки зрения экспертов, которые оценивают эти продукты по принятым показателям, эти программные продукты статистически различны или нет. Методам теории вероятностей и математической статистики в научных исследованиях уделяется большое внимание [8, 9].

Сошлемся на результаты работы авторов [5]. В данной работе предложена и апробирована методика сравнения двух программных продуктов (ПП) ( $X$ ,  $Y$ ). По описанной в этой работе методике проверим продукты Airtable и Notion.

Введем такие обозначения [5]: « $m$ – число показателей, по которым эксперты оценивают ПП;  $(x_i, y_i)$ –числовые оценки экспертов для  $i$  – го показателя ПП( $X$ ,  $Y$ ),  $i=1, \dots, m$  (эксперты работают группой, но вырабатывают единое числовое значение по каждому ПП и показателю)».

Для сравнения этих ПП группой экспертов и авторами предложены следующие показатели: 1) наличие совместного доступа; 2) возможность использования баз данных; 3) минимальный тариф; 4) наличие блока по статистике; 5) создание интерфейсов; 6) возможность сегментации.

Далее для этих показателей предложены оценки для выбранных ПП, которые рассматриваются как выборочные значения, полученные из генеральных совокупностей с функциями распределения  $F_x, F_y$ .

В терминах математической статистики требуется проверить гипотезы

$$H_0: F_x=F_y; H_1: F_x \neq F_y. \quad (1)$$

Чтобы не делать предположений о законе распределения генеральной совокупности, при выборе статистического критерия будем использовать рекомендации непараметрической статистики [6, 12]. Пусть выполнится гипотеза  $H_0$ . Из этого делается вывод, что выборочные значения получены из одной совокупности, поэтому ПП статистически не различимы.

Используя эти рекомендации выберем для решения этой задачи  $U$ -критерий (критерий Уилкоксона-Манна-Уитни), который считается самым строгим непараметрическим критерием и заключается в следующем.

1. По каждому ПП (ХиУ) экспертами создаются выборочные значения:  $(x_i, y_i), i=1, \dots, m$ ;

2. Далее выборочные значения располагаются по возрастанию, тем самым получается объединенная выборка ХУ;

3. Значения объединенной выборки заменяются на ранги, тем самым получается объединенная выборка ХУр;

4. Вычисляются суммы рангов:  $R_x = \sum r_x; R_y = \sum r_y; r_x$  и  $r_y$  – ранги значений исходных выборок ХиУ в объединенной выборке ХУр;

5. Вычисляются величины с проверкой:

$$U_x = m^2 + (m \cdot (m+1))/2 - R_x; U_y = m^2 + (m \cdot (m+1))/2 - R_y; (U_x + U_y) = m^2; \quad (2)$$

6. Вычисляется значение  $U$ -критерия

$$U_p = \min(U_x, U_y); \quad (3)$$

7. При условии, что  $U_p < U_{кр}(m, \alpha)$  выбираем гипотезу  $H_1$ , иначе  $H_0$  (1);  $U_{кр}(m, \alpha)$  – критическое (табличное) значение критерия (3) для вероятности  $\alpha$ .

В нашем случае расчетное значение критерия (3)  $U_p=17$ . Критическое значение равно 7. Так как  $U_p=17 > 7$ , то принимаем гипотезу  $H_0$ .

Вывод: ПП (Airtable и Notion) статистически не различимы и имеют одинаковую практическую значимость.

Для авторов работы особый интерес представляет ПП Notion, так как при выборе из двух продуктов с одинаковой практической значимостью авторы отдадут предпочтение тому, который лучше знают. В связи с этим, подробнее рассмотрим преимущества Notion: 1) члены команды могут оставлять комментарии и редактировать страницы; 2) можно создавать веб-страницы; 3) имеет встроенную википедию; 4) имеет базу данных для каталогизации и получения информации; 5) имеет инструмент для написания текстов с использованием ChatGPT; 6) имеет функцию программирования под персональные нужды любых инструментов.

Notion синхронизирует все данные через облако, и пользователи могут получить доступ к ним на веб-сайте, автономном настольном приложении или приложении для смартфонов. Таким образом, пользователь всегда

может внести корректировку или просмотреть что-то с любого из своих устройств.

Данный сервис прекрасно подходит для создания шаблона маркетинговой стратегии для инновационного продукта, который может использовать любая компания для своих нужд.

### Список литературы

1. Аакер Д. Стратегическое рыночное управление. – Санкт-Петербург: Питер, 2007. – 496 с.
2. Быкова Н.В. Маркетинг / Н.В. Быкова, В.В. Кисула, П.А. Конев и др.– Нижний Новгород: НОО "Профессиональная наука", 2018. – 294 с.
3. Елтошкина, Е. В. Применение цифровых технологий при дистанционном обучении иностранных студентов / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве : Материалы национального форума с международным участием, Иркутск, 26–29 сентября 2023 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 43-48. – EDN WCKPHY.
4. Котлер Ф., Армстронг Г., Сондерс Д., Вонг В. Основы маркетинга: Пер. с англ. – 2-е Европ. изд. – М.; Санкт-Петербург: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 1056 с.
5. Краковская К.В. Применение методов непараметрической статистики при выборе программных продуктов в условиях цифровизации / Н. В. Бендик, К. В. Краковская // Материалы международной НПК молодых ученых «Научные исследования и разработки к внедрению в АПК». – п. Молодежный, ИрГАУ им. А.А. Ежевского:–2023. – С. 528–533.
6. Микони С.В. Теория и практика рационального выбора / С.В. Микони – М.: Маршрут, 2004. – 463 с.
7. Мокроносов А.Г. Конкурентоспособность предприятия/ А.Г. Мокроносов – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. – 304 с.
8. Овчинникова Н.И. Оценка параметров распределения Вейбулла методом наибольшего правдоподобия/ Н.И. Овчинникова // Материалы VI международной конференции «Математика, ее приложения и математическое образование». – Улан-Удэ: – 2017. – С. 281–284.
9. Овчинникова Н.И., Быкова М. А. Вероятностно-статистический подход к оценке безопасной эксплуатации мобильной техники аграрного производства//Материалы XXVII международной НПК «Вызовы и инновационные решения в аграрной науке». – Белгород: – 2023. –Том 4.– С.118–119.
10. Роганян С.А. Проблемы современного маркетинга / С.А. Роганян, Е.Е. Сосницкая, Н.В. Бурун // Управление и экономика в XXI веке: научно-практический журнал. – 2017. – № 2. – С. 45–47.
11. Токарев Б.Е. Маркетинг инновационно-технологических стартапов: от технологии до коммерческого результата / Б. Е. Токарев. – М.: Магистр: ИНФА-М, 2020. – 264 с.
12. Холлендер М., Вульф Д. Непараметрические методы статистики. / М. Холлендер, Д. Вульф. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 518 с.

УДК 378.147.88

## **ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Гольшева С.П.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Статья посвящена проблеме формирования навыков исследовательской работы студентов в образовательном процессе в высшей школе. Исследовательские умения и навыки являются базовыми компонентами профессионального становления личности, творческого проявления, развития логического мышления. Самостоятельная работа студентов (СРС) как вид учебной деятельности способствует разрешению данной проблемы, при условии оснащённости ее задачами исследовательского характера, к которым мы отнесли задачи: с нетипичной формулировкой; повышенной сложности; из разряда олимпиадных; и требующих нестандартных подход в их решении. Становится возможным такие задания включать в СРС для приобретения навыков исследования, самоорганизации, самообразования и саморазвития обучающихся.

*Ключевые слова:* самостоятельная работа, студенты, вуз, исследовательские навыки, замечательные математические кривые, площадь фигуры, объем тела.

## **FORMATION OF RESEARCH SKILLS OF STUDENTS IN TEACHING MATHEMATICS BY ORGANIZING INDEPENDENT WORK**

**Golysheva S.P.**

Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The article is devoted to the problem of formation of skills of research work of students in educational process in higher school. Research skills are the basic components of professional formation of personality, creative expression, development of logical thinking. Independent work of students (CPC) as a type of educational activity contributes to the resolution of this problem, provided that it is equipped with research tasks, to which we have assigned tasks: with atypical formulation; increased complexity; from the category of Olympic; and require an innovative approach to their solution. It becomes possible to include such tasks in the SES for acquiring the skills of research, self-organization, self-education and self-development of students.

*Keywords:* independent work, students, university, research skills, remarkable mathematical curves, area of the figure, body volume.

Самостоятельная работа как один из видов учебной деятельности студентов в образовательном процессе играет важную роль в формировании навыков исследовательской работы, в частности, при обучении математике. Организация СРС в высшей школе рассматривается, с одной стороны, как условие, при котором студенты проявляют самостоятельность, ответственность, самоорганизованность, творческие способности, познавательный интерес, с другой, как основа для самообразования [12, с. 29;7]. Задача преподавателя заключается в поддержании этих двух аспектов

для положительной динамики развития учебно-исследовательских умений и навыков у студентов. Реализация целей и задач математического образования, стоящих перед преподавателями, ведущими математические дисциплины, базируется на осуществлении компетентного подхода в образовании. Одной из общепрофессиональных компетенций, на которой основано ведение дисциплины «Математика» для студентов направлений 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» Иркутского ГАУ, является ОПК-3, овладев которой студент способен применять физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. Это возможно при соответствующей организации СРС, к которым относятся: выполнение домашних лекционных и практических занятий, аудиторных контрольных заданий, тестов, самостоятельных работ, написание рефератов и их защита и т.п.

Цель исследования заключена в изучении форм, видов и содержания СРС, совершенствующих исследовательские навыки и умения студентов.

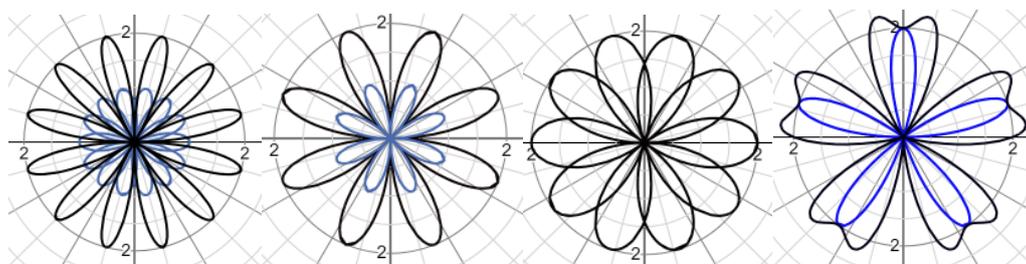
К задачам исследования отнесены: 1) анализ научной, методической и психолого-педагогической литературы по теме исследования; 2) выявление связи между СРС и исследовательскими навыками; 3) презентация некоторых задач, входящих в базу СРС, способствующих развитию исследовательских навыков, в частности, при изучении замечательных математических кривых в контексте с геометрическими приложениями определенного и кратных интегралов.

Формирование исследовательских навыков студентов и их дальнейшее совершенствование в значительной степени зависит от содержательной стороны, форм, видов организации СРС. Содержательная сторона СРС должна основываться, на наш взгляд, на принципах оригинальности, нестандартности и нетипичности заданий. Таким условиям удовлетворяют задачи исследовательского характера, к которым можно отнести задачи с нетипичной формулировкой; повышенной сложности; из разряда олимпиадных; нестандартные и требующие нетривиальный подход в их решении. Они способствуют развитию исследовательских умений, навыков и необходимы для развития творческого, логического мышления обучающихся. Действительно, олимпиада как вид СРС, создает условия для саморазвития, самореализации творческих и интеллектуальных способностей [3, с. 43], проявления высокого уровня когнитивных способностей, креативного мышления, заключенного в нестандартном и оригинальном подходе решения задач и создании новых «интеллектуальных» продуктов [1, с. 35].

Наряду с этим большую роль в формировании исследовательских навыков играет создание учебной проблемной ситуации [6, с. 26], требующей от обучающихся самостоятельного поиска ее решения и, при необходимости, направленной деятельности со стороны преподавателя. Применение частично-поискового и исследовательского методов в

изложении нового материала, основанного на изученных темах, также способствует проявлению исследовательских умений, логическому построению пути решения задачи и осуществлению системного подхода в обучении математике, которые не осуществимы без методов научного познания: анализа, синтеза, аналогии, сравнения, абстрагирования, индукции, дедукции, математизации, наблюдения, измерения, эксперимента.

Тема «Замечательные кривые» может служить в качестве дидактической платформы раскрытия исследовательских способностей обучающихся. Так, например, розы Гвидо Гранди (по имени итальянского геометра) (рисунок 1 (а-в)) служат ярким примером проявления познавательного интереса и творческого подхода к исследованию известных кривых и самостоятельного «изобретения» новых, путем составления из них комбинаций и изменения аналитического вида, геометрические изображения которых напоминают формы реальных объектов. Также в СРС включены задания на построение, вычисление длин дуг, площадей плоских фигур, поверхностей, объемов тел, ограниченных данными кривыми и др.



а)  $\begin{cases} \rho = \sin 7\varphi/2 \\ \rho = 2\sin 6\varphi \end{cases}$  б)  $\begin{cases} \rho = 2\sin 4\varphi \\ \rho = \sin 4\varphi \end{cases}$  в)  $\rho = 2\sin 5\varphi/2$  Рисунок 2 – Совмещение кривых а-в

Рисунок 1(а-в) – Розы Гвидо Гранди  $\begin{cases} \rho \leq \cos^2 5\varphi + \sin 5\varphi + 1, \\ \rho \geq 2\sin 5\varphi. \end{cases}$

Одна из задач, предлагавшихся студентам на математической олимпиаде: вычислить площадь фигуры, ограниченной линиями  $2\sin 5\varphi \leq \rho \leq \cos^2 5\varphi + \sin 5\varphi + 1$  (рисунок 2), решение которой было представлено разными способами (с помощью определенного и двойного интеграла).



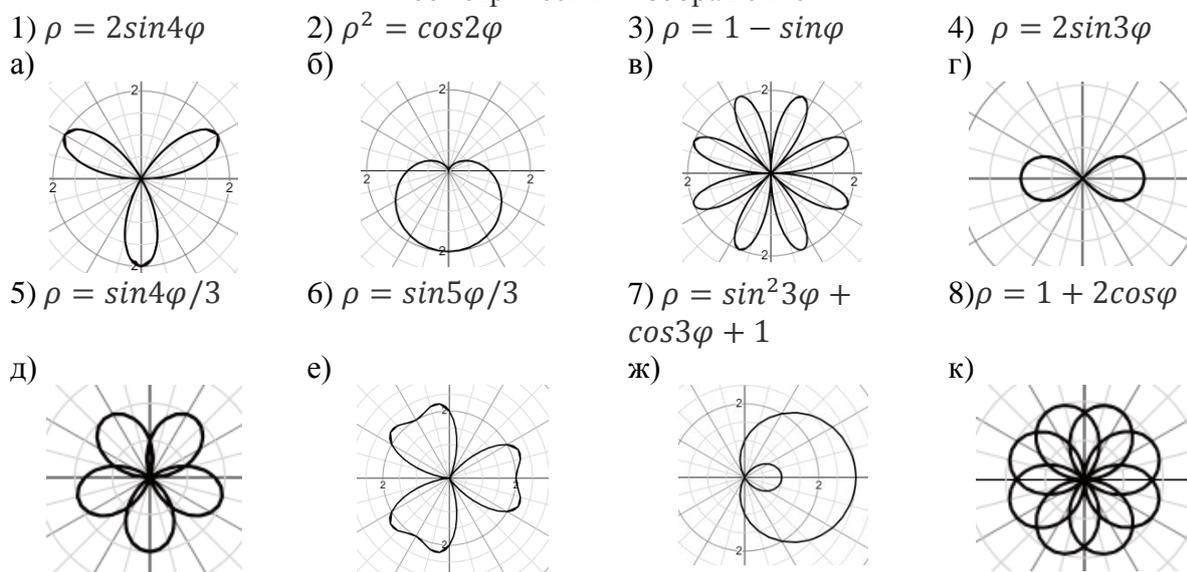
Рисунок 3 – Оформление цветника

Задача из базы СРС демонстрирует прикладное значение кривых в ландшафтной архитектуре, в сооружении цветников, клумб, оформлении газонов, садового и приусадебного участков: требуется построить цветник в виде 9-лепестковой розы, имеющей правильную форму (рисунок 3). Какой длины должен быть каркас, если максимальная длина одного лепестка должна быть равна 2 м?

Самостоятельная работа в обучении математике служит платформой формирования умения не только самостоятельно находить решения задач, но и иметь собственную точку зрения на разрешающую проблему, адекватной

самооценки и чувства личной ответственности, которые присущи высокоорганизованной личности. Исследовательские умения и навыки являются базовыми компонентами профессионального становления личности [8, с.100]. СРС должна способствовать расширению, углублению, закреплению полученных знаний в аудитории, активному приобретению новых знаний, формированию практических навыков в решении ситуационных задач [9, с. 2], а также профессионально ориентированных [2, 4, 5], удовлетворяющих овладению выше указанной ОПК-3. Важная особенность СРС в том, что она ориентирована на самомотивацию, познавательный и профессиональный интерес, рефлексивное отношение студента к учебной деятельности [11, с. 99]. Развитие у субъектов обучения способностей к самообразованию, самостоятельности, самоопределению и реализации себя в образовательном процессе, считает Ф.С.-П. Хагундокова [14, с. 88], основано на принципах: целостности – освоение логики научного знания в соответствии с логикой усвоения социокультурного опыта и вхождение человека в мир научных знаний; интегративности – единство знаний, способов, форм деятельности в процессе обучения; профессиональной направленности – освоение содержания обучения в контексте будущей профессиональной деятельности; вариативность – выбор содержания и способа получения образования в соответствии с целями и потребностями; рефлексивность – мотивированный и сознательный подход студента к обучению.

Таблица 1 – Тест на установление соответствия между уравнениями кривых и их геометрическим изображением



Критериями сформированной самостоятельной деятельности студента, выделенные Н.В. Фоминым [13, с. 105], служат показатели: когнитивный, где СРС представляет собой законченную разработку, в которой раскрыты и проанализированы актуальные проблемы учебной дисциплины или предмета исследований); личностный (понимание ценностного смысла учебной СР для дальнейшего личностного и профессионального роста);

инструментальный (умение и владение теоретическими аспектами при выполнении заданий практического содержания, уровень сформированности конструктивно-практических умений). К ним же добавляются требования, предъявляемые к СРС: наличие учебной, научной и/или практической направленности и значимости, новизна исследуемого предмета [10, с. 121].

В заключении, предлагаем пройти тест на установление соответствия между уравнениями кривых и их геометрическим изображением (табл. 1).

Формирование исследовательских навыков посредством СРС тесно переплетается с развитием критического, логического мышления и служит основой для реализации научной деятельности в непрерывном образовании.

### Список литературы

1. Гольшева, С. П. Креативность мышления в математической подготовке студентов - шаг к успешной профессиональной деятельности / С. П. Гольшева // Актуальные вопросы образования. – 2023. – С. 35-40.

2. Гольшева, С.П. Роль и задачи профессионально ориентированного обучения математике студентов аграрного вуза / С. П. Гольшева // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке. – 2023. – Т. 1. – С. 307-308.

3. Гольшева, С.П. Математическая олимпиада как платформа формирования профессиональных качеств у студентов - будущих инженеров / С. П. Гольшева // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. – 2022. – С. 42-43.

4. Гольшева, С. П. Профессионально ориентированное обучение математике в вузе как инструмент формирования профессиональных компетенций у студентов - будущих аграриев (на примере изучения Функции многих переменных) / С. П. Гольшева // Современная психология и педагогика: проблемы и решения. – 2022. – Т. 4 (55). – С. 59-64.

5. Гольшева, С. П. Активизация познавательной деятельности студентов аграрного вуза посредством решения профессионально ориентированных задач в обучении математике / С. П. Гольшева // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК. – 2022. – С. 322-329.

6. Захаркина, Е.С. Исследовательский метод в обучении / Е.С. Захаркина // Инновационный метод. – 2021. – № 8 (2). – С. 25-26.

7. Лескова, С.Ю. Инновационные подходы в организации СРС при реализации новых образовательных программ / С.Ю. Лескова, Ю.Ю. Забалуева, С.Н. Павлова, Л.Н. Белимова, М.Б. Данилов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. Т.1. – № 1. – С. 1-7.

8. Лубинская, Т.Н. Исследовательские умения и навыки как базовые компоненты профессионального становления личности / Т.Н. Лубинская // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. – 2009. – № 1 (1). – С. 99-101.

9. Петрище, В.И. Использование самостоятельных и внеаудиторных форм работы при изучении дисциплин экономического характера / В.И. Петрище // Государственное управление. Электронный вестник. – 2011. – № 27. – С. 1-8.

10. Рубаник, А. Самостоятельная работа студентов / А. Рубаник, Г. Большакова, Н. Тельных // Высшее образование в России. – 2005. – № 6. – С. 120-124.

11. Саттарова, Л.С. К вопросу о реализации индивидуализации самостоятельной работы студентов педагогического вуза / Л.С. Саттарова // Мир науки, культуры, образования. – 2016. – № 4 (59). – С. 98-100.

12. Сплавская Н.В. Активизация самостоятельной работы студентов средствами Интернет-технологий в условиях реализации теории сетевого образования / Н.В. Сплавская //

Гуманизация образования. – 2012. – № 6. – С. 19-23.

13. Фомин, Н.В. Организационное и методическое обеспечение самостоятельной работы студентов в бакалавриате и магистратуре / Н.В. Фомин // Вестник Брянского государственного университета. – 2012. – № 1 (1). – С. 70-80.

14. Хагундокова, Ф.С.-П. Организация управляемой самостоятельной работы студентов по математике в вузе / Ф.С.-П. Хагундокова // Новые технологии. – 2010. – № 3. – С. 88-91.

**УДК 338.48**

## **СРАВНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТАЛОННОГО МЕХАНИЗМА И МЕХАНИЗМА С ЗАЗОРАМИ**

**<sup>1</sup>Елтошкина Е.В., <sup>2</sup>Павлова Е.Б., <sup>1</sup>Базарон С.И.**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО ВСГУТУ, г. Улан-Удэ, Бурятия, Россия

При проектировании машин мы имеем дело с моделированием эталонных механизмов, осуществляющих предписанный закон движения с абсолютной точностью. Реальный механизм отличается от эталонного как неточностью изготовления отдельных звеньев, так и наличием зазоров в кинематических парах. Величины зазоров выбираются в соответствии с предъявляемыми к механизму технологическими и точностными требованиями и ограничиваются принятыми допусками. Механизмы с зазорами создаются специально для того, чтобы изучить эффект соударения смежных звеньев в зазорах, это, так называемые, механизмы виброударного действия.

В данной статье проводится сравнение динамических характеристик эталонного механизма и механизма с зазорами для того, чтобы можно было автоматически сформулировать на разных этапах математические модели механизмов в зависимости от вида возникающих задач при проектировании машин

*Ключевые слова:* механизм, проектирование, моделирование, машина, характеристики, закон движения.

## **COMPARISON OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE REFERENCE MECHANISM AND MECHANISM WITH CLEARANCES**

**<sup>1</sup>Eltoshkina E.V., <sup>2</sup>Pavlova E.B., <sup>1</sup>Bazaron S.I.**

<sup>1</sup> Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhesky, *Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup> East Siberian State University of Technology and Management, *Ulan-Ude, Buryatia, Russia*

When designing machines, we are dealing with the modeling of reference mechanisms that implement the prescribed law of motion with absolute accuracy. The real mechanism differs from the reference one both in the inaccuracy of manufacturing individual links and in the presence of gaps in kinematic pairs. The gap sizes are selected in accordance with the technological and accuracy requirements for the mechanism and are limited by accepted tolerances. Mechanisms with gaps are created specifically in order to study the effect of the collision of adjacent links in gaps; these are the so-called vibration-impact mechanisms.

This article compares the dynamic characteristics of a reference mechanism and a mechanism with gaps so that mathematical models of mechanisms can be automatically

formulated at different stages depending on the type of problems encountered when designing machines

*Key words:* mechanism, design, modeling, machine, characteristics, law of motion.

Механизм, осуществляющий предписанный закон движения с абсолютной точностью назовем эталонным. В действительности таких механизмов не существует, так как нельзя воспроизвести размеры механизма совершенно правильно. Реальный механизм отличается от эталонного как неточностью изготовления отдельных его звеньев, так и наличием зазоров в кинематических парах. Величины зазоров выбираются в соответствии с предъявляемыми к механизму технологическими и точностными требованиями и ограничиваются принятыми допусками. Иногда создаются механизмы с зазорами специально для того, чтобы использовать эффект соударения смежных звеньев в зазорах, это, так называемые, механизмы виброударного действия. Эти зазоры при изготовлении по возможности стремятся уменьшить. В результате движение реального механизма всегда отличается от движения соответствующего эталонного механизма [1, 2, 5, 6].

При наличии зазора появляется одна или две дополнительные степени свободы. При движении звеньев механизма в одни моменты будет осуществляться контакт в кинематической паре с зазором, в другие – будет иметь место разрыв кинематической цепи.

В течении одного цикла движения ведущего звена контактного и бесконтактного движения могут многократно чередоваться, будет при этом происходить многократное соударение элементов кинематической пары. Модель движения механизма с контактом и без контакта описывается разными уравнениями, решения которых должны сопрягаться в точках перехода от одного вида движения к другому. Следовательно, в рассматриваемом случае приходится проводить исследование динамики механизмов с переменной структурой [3, 4].

Сравнение динамических характеристик эталонного механизма и механизма с зазорами проведем на примере универсального шарнира (например Гука), представляющего собой сферический четырехзвенный механизм, в котором дуговые длины движущихся звеньев в точности равны прямым углам, а соединяемые валы пересекаются под углом (рисунок 1). Проанализируем некоторые силовые зависимости шарнира с учетом влияния допусков. Вместе с допусками на размеры звеньев это приводит к скольжению цапф и колебаниям перемещений и их производных, а следовательно, к изменению распределения сил и моментов. Ввиду погрешностей обработки и сборки, а также упругих деформаций под нагрузкой было бы желательно исследовать кинематику и статику общего четырехзвенного механизма с цилиндрическими парами. Путем задания пропорций можно построить механизм, соответствующий универсальному шарниру с произвольными допусками [7-10].

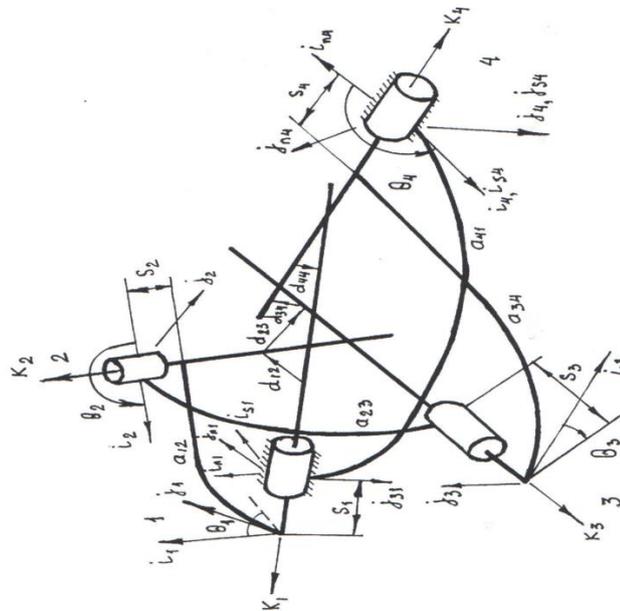


Рисунок 1 – Схема универсального шарнира

В отсутствии осевых сил внутренние реакции равны нулю, а внутренние моменты изменяются в функции угла поворота входного вала. Однако при учете допусков оказывается, что оси четырех пар уже не пересекаются в одной точке и в парах имеется некоторое осевое скольжение. Соответственно изменяется и кинематика шарнира.

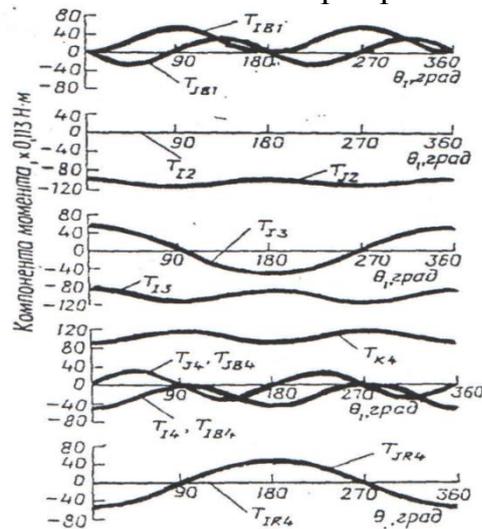


Рисунок 2 – Функция угла поворота входного вала

На рисунках 3 и 4 представлены кривые, характеризующие скольжение в парах промежуточного и входного звеньев в случае смещения осей промежуточного звена и соединяемых валов соответственно.

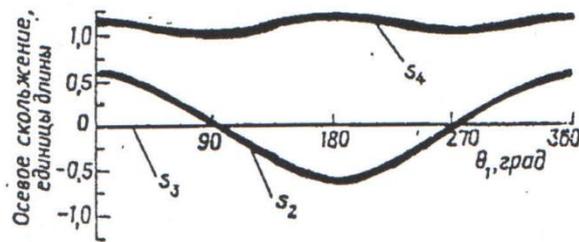


Рисунок 3 – Скольжение в паре промежуточного и выходного звена

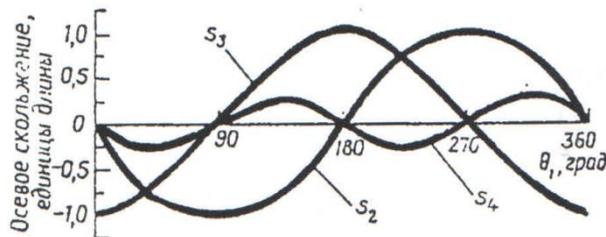


Рисунок 4 – Скольжение соединяемых валов в паре

Как видно по обоим рисункам, осевое скольжение в парах близко к синусоидальному, а его частота либо совпадает с частотой вращения входного вала, либо вдвое превышает ее. В случае, изображенным на рисунке 4, амплитуда скольжения для промежуточной пары равна смещению оси  $d_{41}$ , а среднее значение амплитуды равно нулю. В случае смещения  $d_{23}$  осей промежуточных пар амплитуда скольжения на выходном валу составляет 78 % смещения, в то время как среднее положение сдвигается на эту же величину от исходного положения. Эти кривые показывают, что наличие смещений оказывает существенное влияние на осевое скольжение, и следовательно, на конструкцию шарнира. Если предусмотрен достаточный осевой зазор, то осевое перемещение не вызывает появления осевых сил. В случае недостаточного зазора амплитуда скольжения может превысить его, и тогда возникнут большие осевые силы. Величины этих сил зависят от степени внедрения контактирующих деталей и упругости шарнира.

Результаты показывают, что, хотя универсальный шарнир должен быть по возможности жестким и точно обработанным, в отдельных парах необходимо предусматривать достаточный осевой зазор, при котором заданный допуск не приведет к внедрению контактирующих деталей вследствие осевого скольжения.

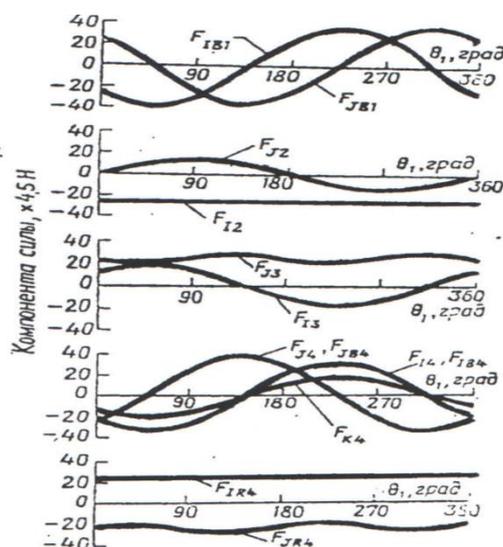


Рисунок 5 - Графики влияния внутренних осевых сил на внутренние реакции в шарнире

На рисунке 5 показано, что в рассмотренном универсальном шарнире существуют осевые силы, величина которых в сильной степени зависит от допусков, зазоров и упругих деформаций.

Таким образом, сравнение динамических характеристик эталонного механизма и механизма с зазорами позволяют автоматически сформулировать на разных этапах математические модели механизмов в зависимости от вида возникающих задач при проектировании машин.

### Список литературы

1. Бураев, М. К. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин напылением / М. К. Бураев, А. В. Шистеев, Г. М. Бураева // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года/ Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 108-116. – EDN QPVDAC.
2. Влияние условий эксплуатации на динамику работы двигателя / П. А. Болоев, Т. П. Гергенова, А. И. Аносова, П. И. Ильин // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 11-15. – EDN PRJQWW.
3. Духнич, Е. Д. Компьютерная диагностика транспортных средств / Е. Д. Духнич, С. Н. Шуханов // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы всероссийской научно-практической конференции, п. Молодежный, 05–06

марта 2020 года. Том III. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 168-172. – EDN VUDDFZ.

4. Елтошкина, Е. В. Топологический анализ исследования плоских и пространственных механизмов / Е. В. Елтошкина// Климат, экология и сельское хозяйство Евразии: Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 98-104. – EDN VEPBP.

5. Елтошкина, Е. В. Метод структурных отклонений для решения задач статики проектируемых механизмов / Е. В. Елтошкина, Е. Б. Павлова // Математика, ее приложения и математическое образование (мпмо23) : Материалы VIII Международной конференции, Улан-Удэ, 26 июня – 01 2023 года. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2023. – С. 93-96. – DOI 10.53980/9785907599970\_93. – EDN OMLRQX.

6. Елтошкина, Е. В. Установление связи диагностических параметров с показателями технического состояния двигателя и закономерности их изменения / Е. В. Елтошкина, П. И. Ильин, Г. Нимсаран // Современные тенденции технологического развития АПК : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Раднаева Даба Нимаевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Механизация сельскохозяйственных процессов», заслуженного инженера Республики Бурятия, заслуженного деятеля науки Республики Бурятия, Улан-Удэ, 08 июня 2023 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2023. – С. 93-99. – EDN KONUAS.

7. Козлов, Н. П. Математическое моделирование функционирования системы технического обслуживания и ремонта машин и механизмов / Н. П. Козлов, А. В. Вернигор// Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 14 частях, Тамбов, 30 декабря 2013 года. Том Часть 1. – Тамбов: ООО "Консалтинговая компания Юком", 2014. – С. 75-79. – EDN STLCZT.

8. Матмуродов, Ф. М. Математическое моделирование приводных механизмов картофелеуборочной машины/ Ф. М. Матмуродов// Инновационная техника и технология. – 2019. – № 4(21). – С. 42-45. – EDN WGOWMS.

9. Повышение работоспособности тракторов в сельском хозяйстве / М. К. Бураев, Н. И. Овчинникова, А. И. Аносова, А. В. Шистеев // Вестник ВСГУТУ. – 2015. – № 6(57). – С. 20-25. – EDN VCODXL.

10. Проблемы агротехсервиса в условиях Иркутской области / А. И. Аносова, М. К. Бураев, А. В. Шистеев [и др.] // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы X международной научно-практической конференции, Молодежный, 27–28 мая 2021 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 65-66. – EDN ZZEBHN.

**УДК 378.22:378.016**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАВЫКОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

**Алтухова Т.А., Алтухов С.В.**  
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Основная задача образования заключается в формировании личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Необходимо перевести студента из пассивного потребителя знаний в активного их творца, умеющего сформулировать проблему, проанализировать пути ее решения, найти оптимальный результат и доказать его правильность. В этом плане следует признать, что самостоятельная работа студентов является не просто важной формой образовательного процесса, а должна стать его основой.

*Ключевые слова:* самостоятельная работа, педагогический эксперимент, экспериментальная группа, наблюдение.

## **IMPROVING THE SKILLS OF INDEPENDENT WORK OF STUDENTS OF THE COLLEGE OF MOTOR TRANSPORT AND AGRICULTURAL TECHNOLOGIES**

**Altukhova T.A., Altukhov S.V.**

*Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhesky,  
Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The main task of education is to form the personality of a specialist capable of self-development, self-education, and innovation. The solution to this problem is hardly possible only by transferring knowledge in a ready-made form from the teacher to the student. It is necessary to transfer the student from a passive consumer of knowledge to an active creator of knowledge, who is able to formulate a problem, analyze ways to solve it, find the optimal result and prove its correctness. In this regard, it should be recognized that independent work of students is not just an important form of the educational process, but should become its basis.

*Keywords:* independent work, pedagogical experiment, experimental group, observation.

Актуальность исследования. Овладения студентами методами самостоятельной познавательной деятельности также обусловлена тем, что в период обучения закладываются основы профессионализма, формируются умения самостоятельной профессиональной деятельности. В этой связи особенно важно, чтобы студенты, овладевая знаниями и способами их освоения, осознавали, что самостоятельная работа способствует активизации познавательной деятельности и становится подлинным достоянием личности. Это предполагает ориентацию на активные методы овладения знаниями, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей личности. Речь идет не просто об увеличении числа часов на самостоятельную работу. Усиление роли самостоятельной работы студентов означает принципиальный пересмотр организации учебно-воспитательного процесса в СПО, который должен строиться так, чтобы развивать умение учиться, формировать у студента способности к саморазвитию, творческому применению полученных знаний, способам адаптации к профессиональной деятельности в современном мире [1, 2, 3]. В педагогическом эксперименте принимали участие студенты колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий ФГБОУ ВО

Иркутский ГАУ по специальности 38. 01 Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям). В ходе исследования участвовала экспериментальная группа, состоящая из 18 человек первого курса и контрольная группа, состоящая из 18 человек второго курса. Эксперимент осуществлен в три этапа:

1-й этап – констатирующий,

2-й этап – формирующий,

3 этап – контрольный.

После этого проведен сравнительный анализ материалов педагогического эксперимента.

1. Констатирующий этап.

Целью данного этапа было определить начальный уровень самостоятельности. Для определения уровня самостоятельности было проведено наблюдение за обучающимися контрольной и экспериментальной группы на занятиях по дисциплине «Экономика организаций». Показатели самостоятельности: Давыдов предлагает 3 уровня самостоятельности: – низкий уровень: выполнение работ по образцу; – средний уровень: самостоятельная работа на основе реконструирования процессов, явлений, деятельности; решение познавательных задач на основе вариативного подхода; – высокий уровень: творческие самостоятельные работы студентов [4,5,6]. В ходе наблюдения было выявлено, что примерно треть обучающихся во время занятий имели низкий уровень самостоятельности.

Таблица 1 – Результаты наблюдения за контрольной и экспериментальной группой на констатирующем этапе исследования

Уровень самостоятельности	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	Кол-во студентов	%	Кол-во студентов	%
Высокий	6	33,3	5	28,6
Средний	8	42,9	7	38,1
Низкий	4	23,8	6	33,3

Полученные результаты показали, что 33,3% учащихся экспериментальной группы имеют низкий уровень самостоятельности, 38,1% имеют средний уровень и 28,6% высокий уровень. В контрольной группе 23,8% имеют низкий уровень самостоятельности, 42,9% средний уровень и 33,3% обучающихся имеют высокий уровень самостоятельности.

Для удобства представим данные таблица на рисунке 1.

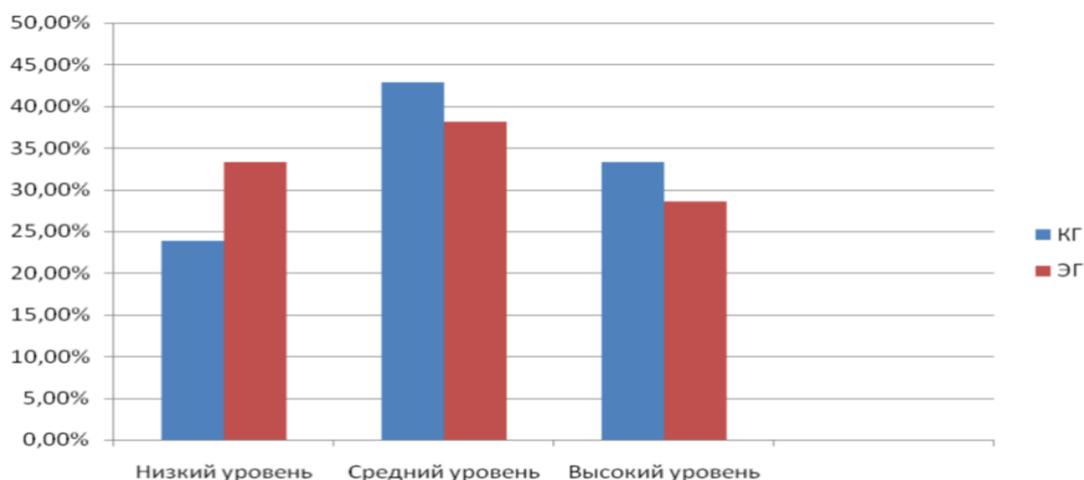


Рисунок 1 – Сравнительные результаты сформированности самостоятельности контрольной и экспериментальной группы

## 2. Формирующий этап.

На этом этапе применялась разработанная методика организации самостоятельной работы студентов в процессе проведения практических занятий по дисциплине «Экономика организации».

## 3. Контрольный этап.

Цель контрольного этапа – выявить эффективность влияния разработанных методических рекомендаций по организации учебного процесса по дисциплине «Экономика организации». Выявить уровень развития самостоятельности учащихся после завершения формирующего этапа эксперимента. Сравнить полученные данные с данными констатирующего этапа эксперимента. Сделать выводы об эффективности модели развития самостоятельности учащихся на практических занятиях. Результаты наблюдения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты контрольного этапа исследования

Уровень самостоятельности	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	Кол-во студентов	%	Кол-во студентов	%
Высокий	10	47,6	14	66,7
Средний	9	42,9	6	28,6
Низкий	2	29,5	1	4,7

Для удобства представим данные таблицы на рисунке 2.

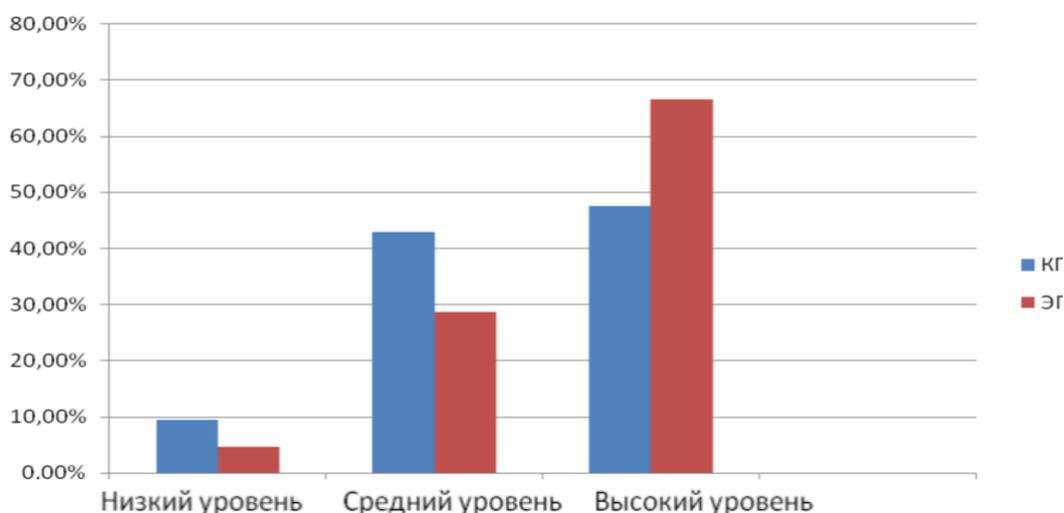


Рисунок 2 – Сравнительные результаты сформированности самостоятельности контрольной и экспериментальной группы

После проведения эксперимента количество обучающихся в контрольной группе, имеющих высокий уровень сформированности самостоятельности увеличилось на 14,3%, количество обучающихся имеющих средний уровень не изменилось, а количество обучающихся с низким уровнем снизилось на 14,3%. В экспериментальной группе количество обучающихся, имеющих высокий уровень самостоятельности увеличилось на 38,1%, количество обучающихся со средним уровнем снизилось на 9,5%, а обучающихся с низким уровнем снизилось на 28,6%.

Сравнивая результаты эксперимента в контрольной и экспериментальной группе можно сделать вывод, что количество обучающихся, имеющих высокий уровень самостоятельности в экспериментальной группе, по сравнению с контрольной, стал выше на 19,1%, а количество обучающихся с низким уровнем самостоятельности в экспериментальной группе, стало ниже на 4,8% чем в контрольной. Изменения в экспериментальной и контрольной группах свидетельствуют, что в результате организации самостоятельной работы с помощью электронных ресурсов, выросла самостоятельная активность обучающихся. Произошедшие изменения в экспериментальной группе свидетельствуют об эффективности разработанного нами содержания обучения.

Исходя из результатов контрольного эксперимента, можно сделать вывод, что разработанная методика способствовала совершенствованию навыков самостоятельной работы студентов колледжа по экономическим дисциплинам. В результате констатирующего эксперимента были выделены уровни развития самостоятельности студентов. Формирующий эксперимент проходил в естественных условиях учебного процесса в «Колледже автомобильного транспорта и агротехнологий ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ» в группе – 18 человек.

## Список литературы

1. Алтухова, Т.А. Формы и методы обучения, используемые при формировании профессиональных компетенций студентов /Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника, Иркутск, 20 января 2023 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023.С.4-5. EDN: NBPJWP
2. Алтухова, Т.А. Разработка и применение электронного учебного пособия на основе гипертекстовой технологии для оптимизации учебного процесса по дисциплине «Предметно-ориентированные информационные системы» / Т.А. Алтухова, А.Э. Бузина, Т.С. Бузина// Вестник ИрГСХА.2017. №81-1. С.67-74
3. Алтухова, Т.А. Показатели качества образования /Т.А. Алтухова, Д.С. Алтухов// Современные наукоемкие технологии.2010. №7. С.232-234.
4. Алтухов, С.В. Самостоятельная работа студентов при изучении общепрофессиональных дисциплин с использованием ЭВМ / С.В. Алтухов // Актуальные вопросы аграрной науки. 2021.№38. С.26-33.
5. Алтухов, С. В. Проблемы общепрофессиональной подготовки студентов Иркутского ГАУ / С. В. Алтухов, Т. А. Алтухова, Ю. Д. Очирова // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 242-245. – EDN AVQBCX.
6. Бодякина, Т. В. Кейс-технологии в образовании / Т. В. Бодякина, Н. Р. Бекирова // Цифровизация в системе образования: теоретические и прикладные аспекты : сборник тезисов региональной научно-практической конференции, Иркутск, 27 сентября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 11-14. – EDN PVKGFY.
7. Елтошкина, Е. В. Научно-познавательная деятельность студентов как одна из основ подготовки компетентного специалиста / Е. В. Елтошкина // Актуальные вопросы научных исследований : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, Саратов, 10 апреля 2023 года / Научно-образовательная платформа "Цифровая наука". – Саратов: Научно-образовательная платформа "Цифровая наука", 2023. – С. 430-439. – EDN GCQRLJ.
8. Сухаева, А.Р. Рациональное использование нетрадиционных форм обучения в учебном процессе / А.Р. Сухаева, Т.А. Алтухова // в сборнике: Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК. Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича. Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. Молодежный, 2022.С.367-372.
9. Чубарева, М.В. Методика проведения контроля знаний в игровой форме на примере сценки по дисциплине «Психология» / М.В. Чубарева, А.К. Корниенко// в сборнике: Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов. Сборник материалов XIII международной научно-практической конференции. Москва, 2022.С.125-130.
10. Чубарева, М. В. Анализ игровых форм получения новых знаний студентов / М. В. Чубарева, А. К. Корниенко // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника, Иркутск, 20 января 2023 года. – Иркутск:

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 55-58. – EDN AQEOMS.

11. Смелик, В.А. Создание системы профессионально-общественной аккредитации образовательных программ аграрного профиля в России // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2016. – Т. 1. – С. 135-137.

**УДК 378.1**

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ ЛОГИСТИКИ**

**<sup>1</sup>Банина Н.В., <sup>2</sup>Банин К.А.**

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Рассматриваются методологические аспекты преподавания прикладных математических дисциплин, изучение которых направлено на формирование у обучающихся способности применять методы математического моделирования для решения профессионально-ориентированных задач. Определяются факторы, влияющие на структуру и содержание данных дисциплин, а также обсуждается их роль и местов программах профессиональной подготовки будущих специалистов. Описываются классы прикладных задач, изучаемых в рамках дисциплины «Экономико-математическое моделирование транспортных процессов», преподавание которой осуществляется при подготовке бакалавров по направлению «Менеджмент», профиль «Логистика и управление цепями поставок».

*Ключевые слова:* математические дисциплины, профессионально-ориентированные задачи, методы математического моделирования, экономико-математическое моделирование транспортных процессов.

## **PROFESSIONALLY-ORIENTED MATHEMATICAL MODELING TASKS FOR BACHELORS IN LOGISTICS**

**<sup>1</sup>Banina N.V., <sup>2</sup>Banin K.A.**

<sup>1</sup>Irkutsk State Transport University, *Irkutsk, the Russian Federation*

<sup>2</sup>Baikal State University, *Irkutsk, the Russian Federation*

The methodological aspects of teaching applied mathematical disciplines are considered, the study of which is aimed at developing students' ability to apply mathematical modeling methods to solve professionally-oriented tasks. The factors influencing the structure and content of these disciplines are determined, and their role and place in professional training programs for future specialists are discussed. The classes of applied problems studied in the framework of the discipline "Economic and mathematical modeling of transport processes", which is taught during the preparation of bachelors in the field of Management, profile "Logistics and supply chain management", are described.

*Keywords:* mathematical disciplines, professionally-oriented tasks, methods of mathematical modeling, economic and mathematical modeling of transport processes.

Один из ключевых принципов совершенствования системы высшего образования Российской Федерации, обусловленного научно-технологическим развитием общества, по мнению министра науки и высшего образования В. Н. Фалькова заключается в том, что «система образования должна обеспечивать не только передачу знаний, но и формирование нужных и востребованных обществом, рынком труда умений и навыков» [9]. Этот принцип реализуется путем формирования у обучающихся компетенций, необходимых им для успешного осуществления в будущем профессиональных функций.

Программы высшего профессионального образования на основе действующих ФГОС 3 предусматривают осуществление компетентного подхода к подготовке будущих специалистов, характеризующегося междисциплинарной и профессиональной направленностью процесса обучения [7]. Поэтому наряду с дисциплиной «Математика», изучение которой в большей степени посвящено фундаментальным основам математики, в образовательные программы были включены математические дисциплины прикладного характера. Следует отметить, что включение в образовательный процесс прикладных математических дисциплин, обусловлено расширением области применения понятийного аппарата и методов математики при решении проблем в различных областях человеческой деятельности. На данном этапе развития науки и производства математический инструментарий используется не только для осуществления естественнонаучных исследований и инженерно-технических разработок, но для решения различных экономико-управленческих задач.

Изучение дисциплины «Математика» имеет своей целью выработку навыков применения математических методов и решения типовых задач математики различного уровня сложности [10]. Результатом обучения прикладным математическим дисциплинам является формирование способности применять системный подход и методы математического моделирования для решения профессионально-ориентированных задач.

При разработке содержания прикладной математической дисциплины и выборе профессионально-ориентированных задач, рассматриваемых в рамках данной дисциплины, следует учитывать:

- производственные функции, которые будет осуществлять будущий специалист;
- требования работодателей к компетенциям специалиста;
- наименования компетенций, которые должны быть сформированы у студентов в результате освоения дисциплины.

Кроме того, нужно иметь в виду, что большая часть учебного материала прикладной математической дисциплины изучается на практических занятиях, лабораторных работах и путем выполнения различных видов самостоятельной работы (кейс-задания, исследовательские задания, проекты). Преподавание данных дисциплин, как правило, предусматривает применение компьютерных программных средств,

позволяющих реализовать вычислительные схемы методов математического моделирования.

Перечисленные методологические аспекты преподавания прикладных математических дисциплин были учтены при разработке курса «Экономико-математическое моделирование транспортных процессов», читаемого для бакалавров направления 38.03.02 «Менеджмент», профиль «Логистика и управление цепями поставок».

Будущие менеджеры-логисты должны уметь осуществлять следующие производственные функции:

- разрабатывать оптимальные маршруты поставок, обеспечивающие продвижение грузов по маршрутам с наименьшими затратами и в заданные сроки;

- эффективно распределять транспортные средства по маршрутам вывоза товара [2].

Поэтому изучение дисциплины «Экономико-математическое моделирование транспортных процессов» направлено на формирование у обучающихся такой общепрофессиональной компетенции, как способность проводить расчеты для решения управленческих задач в области логистики с использованием современного инструментария.

Учитывая эти факторы, были определены классы логистических задач, при решении которых используются методы математического моделирования.

#### 1. *Транспортная задача и её модификации:*

- *классическая транспортная задача*, решение которой определяет оптимальный план поставок однородных грузов напрямую от поставщиков к потребителям;

- *транспортная задача с ограничениями на пропускную способность*, представляющая собой классическую транспортную задачу, дополненную ограничениями на объемы поставок грузов от определенного поставщика конкретному потребителю или вообще запретом на эту поставку;

- *много продуктовая транспортная задача*, предусматривающая поставку различных видов грузов;

- *транспортная задача с промежуточными пунктами*, которая характеризуется тем, что перевозка грузов от поставщиков к потребителям осуществляется не напрямую, а через промежуточные пункты (дилерские центры, логистические распределительные центры);

- *задача об оптимальном назначении транспортных средств на маршруты поставок грузов*, представляет собой модель классической задачи о назначениях, которую можно считать частным случаем модели классической транспортной задачи [6].

#### 2. *Задачи определения оптимального маршрута в транспортной сети:*

- *задача определения кратчайшего маршрута* поставки грузов из одного пункта транспортной сети в другой, решение которой может быть найдено с помощью модели транспортной задачи с промежуточными

пунктами или с применением известных методов дискретной математики поиска кратчайшего пути в графе (метода Дейкстры или метода Флойда)[6],[1];

– *задача коммивояжера* – задача определения маршрута минимальной длины для проезда по всем пунктам транспортной сети (один раз) и возврата в пункт, из которого осуществлялся выезд, решение этой задачи осуществляется на основе модели задачи о назначениях [6], [8];

– *задача оптимального расположения распределительно центра* в транспортной сети, то есть требуется определить пункт, расстояние от которого до самого удаленного пункта сети является наименьшим из всех возможных, решение данной задачи может быть найдено с применением алгоритма поиска центра графа[1].

3. *Задачи оценки эффективности систем транспортного обслуживания*, решение которых основано на моделях систем массового обслуживания с отказами и ожиданием и методах оценки их эффективности [8].

Примеры формулировок логистических задач приведены в учебном пособии «Экономико-математическое моделирование транспортных процессов» [3]. Также в этом пособии представлен комплекс лабораторных работ для решения указанных задач методами математического моделирования с применением табличного редактора MS Excel 2010. Многие математические методы исследования вопросов оптимизации транспортных процессов и решения задач принятия организационно-управленческих решений могут быть реализованы средствами MS Excel. Однако реализация в этом редакторе рекурсивных алгоритмов поиска кратчайшего пути и определения центра на графе потребовала применения языка программирования VBA (Visual Basic for Application), совместимого с данным редактором [4], [5]. С помощью функций и операторов языка VBA стала возможной организация циклов в рамках программы MS Excel, которая не предусматривает их использование.

Дисциплина «Экономико-математическое моделирование транспортных процессов» изучается бакалаврами в области логистики на втором курсе обучения. Предполагается, что в дальнейшем, на старших курсах, они смогут использовать полученные навыки применения методов математического моделирования и компьютерных программных средств для изучения специальных дисциплин, непосредственно связанных с решением профессиональных задач, для выполнения курсовых и дипломных работ, для проведения научно-исследовательских работ и при прохождении производственной практики. Применение в процессе обучения данной дисциплины компьютерных технологий повышает цифровую грамотность студентов, что делает их более конкурентоспособными на современном рынке труда. Кроме того, изучение данной дисциплины позволит сформировать у будущих менеджеров компетенции, которые будут

необходимы им при осуществлении профессиональной деятельности в области логистики и управлении цепями поставок.

### Список литературы

1. Алгоритмы. Построение и анализ / Кормен Томас Х. [и др.]. – М.: Диалектика, 2019. – 1328с.
2. Банина, Н.В. Формирование профессиональных компетенций будущих менеджеров-логистов в соответствии с требованиями работодателей / Н. В. Банина// Современные проблемы профессионального образования: опыт и пути решения: сборник трудов конф. – Иркутск: Изд-во ИГМУ, 2019. – С. 38 – 42.
3. Банина, Н.В. Экономико-математическое моделирование транспортных процессов: лаб. практикум. / Н. В. Банина. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2017. – 76 с.
4. Банина, Н.В. Реализация различных методов решения задачи о кратчайшем пути на языке VBA Excel/ Н. В. Банина, А. Е. Шаманова // Молодая наука Сибири: науч. журн. –2021. – №2(12).
5. Банина Н.В. Решение задачи определения центра графа средствами MS Excel/ Н. В. Банина, А. Е. Шаманова// Наука и молодежь: сборник трудов науч.-практич. конф. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2020. – С. 549 –556.
6. Бочкарёв А.А. Планирование и моделирование цепей поставок: учебно-практическое пособие/ А.А. Бочкарёв. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2008. – 208 с.
7. Гарькина И.А. Реализация компетентностного подхода при разработке рабочей программы по математике в техническом ВУЗе / И. А. Гарькина // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2018. – Т.24, №1. – С. 96 – 99.
8. Гефан Г.Д. Некоторые методы исследования операций : учеб.пособие для студентов эконом. специальностей всех форм обучения / Г. Д. Гефан ; Федер. агентство ж.-д. трансп., Иркут. гос. ун-т путей сообщ.– Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2010. – 207с.
9. Государственная Дума Федерального собрания Российской Федерации [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Москва. –Электрон.дан. – Режим доступа: <http://duma.gov.ru/news/54725/>.
10. Рябченков Н.Л. Роль математических дисциплин в формировании будущего инженера / Н. Л. Рябченков, Е. А. Петрякова // Современные проблемы профессионального образования: опыт и пути решения: материалы Пятой Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Иркутск: Издательство ИрГУПС, 2020. – С.496–500.

**УДК 629.03.01**

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ**

**Соколова Д.В., Рык М.М., Чубарева М.В.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ,

*п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

Совершенствование технологий технического обслуживания (ТО) тракторов можно производить посредством оптимизации операций ТО и средств ТО, которые применяют по руководствам по эксплуатации тракторов и по ГОСТ. Цель исследования – произвести формализацию задачи оптимизации операций ТО посредством оптимизации средств ТО. Совершенствование операции имеет вероятностный процесс. Этот процесс направлен на повышение эффективности операции ТО, который осуществляется путем

оптимизации средств ТО по операциям ТО. При этом совершенствование СТО производится на основе расчета. Цель совершенствования: повышение эффективности операции ТО.

При чем, техническая составляющая системы в операции (средства ТО – СТО) выступает в качестве активного средства достижения цели. Так, при проведении операции оператор выполняет свои действия строго в соответствии с предписанными правилами функционирования применяемого средства, а также в соответствии с видом ТО и операцией ТО. С другой стороны, повышение эффективности операции возможно за счет оптимизации СТО. Таким образом, задача совершенствования формализована. Практически ее решение сводится к минимизации удельных затрат. При этом процесс совершенствования (оптимизации) средств технического обслуживания осуществляется при поиске минимума удельных затрат. В статье была представлена графическая иллюстрация объекта исследования, а также произведена формализация задачи оптимизации операций ТО посредством оптимизации средств ТО.

*Ключевые слова:* средства технического обслуживания тракторов, операции технического обслуживания, формализация задачи, оптимизация.

## **FORMALIZATION OF THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF TRACTOR MAINTENANCE EQUIPMENT**

**Sokolova D.V., Ryk M.M., Chubareva M.V.**

FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University,  
*Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

Improving tractor maintenance technologies can be done by optimizing maintenance operations and maintenance tools, which are used in accordance with tractor operating manuals and GOST. The purpose of the study is to formalize the problem of optimizing maintenance operations by optimizing maintenance tools. Improving an operation has a probabilistic process. This process is aimed at increasing the efficiency of the maintenance operation, which is carried out by optimizing the maintenance facilities for maintenance operations. At the same time, the improvement of service stations is carried out on the basis of calculations. Goal of improvement: increasing the efficiency of the maintenance operation.

Moreover, the technical component of the system in the operation (maintenance means - service station) acts as an active means of achieving the goal. Thus, when carrying out an operation, the operator performs his actions strictly in accordance with the prescribed rules for the operation of the equipment used, as well as in accordance with the type of maintenance and the maintenance operation. On the other hand, increasing the efficiency of the operation is possible by optimizing the service station. Thus, the task of improvement is formalized. In practice, its solution comes down to minimizing unit costs. At the same time, the process of improving (optimizing) maintenance means is carried out while searching for the minimum unit costs. The article presented a graphic illustration of the research object, and also formalized the problem of optimizing maintenance operations by optimizing maintenance tools.

*Key words:* tractor maintenance tools, maintenance operations, formalization of the problem, optimization.

Совершенствование технологий технического обслуживания тракторов можно производить посредством оптимизации операций ТО и средств ТО, которые применяют по руководствам по эксплуатации тракторов и по ГОСТ [9, 11].

Цель исследования – произвести формализацию задачи оптимизации операций ТО посредством оптимизации средств ТО.

Объект исследования – процесс технического обслуживания тракторов.

Представим объект исследования графически (рисунок 1) и проанализируем его.

На рисунке 1 показано два аспекта, разделенные линией А-А: вверху – объект исследования, внизу – процесс воздействия на данный объект при совершенствовании операции.

Операция (верхняя часть рисунка 1 – выше линии А-А) представляет собой вероятностный процесс – случайную последовательность выполнения её элементов. Каждый элемент процесса осуществляется оператором при использовании соответствующих средств технического обслуживания (СТО): гаечных ключей, воронок, ёмкостей или сливных устройств.



Рисунок 1 – Графическая иллюстрация объекта исследования:

А-А – линия, разделяющая описание объекта исследования (вверху) и процесса целенаправленного воздействия (внизу) на указанный объект

При этом имеет место взаимодействие оператора и средств ТО (на рисунке 1 оно показано двумя противоположно направленными стрелками),

ориентированное на достижение определенной цели. Целью операции в данном исследовании является функционирование механизмов и агрегатов трактора после ТО. В целом, объект исследования можно отнести к системе «Человек»-«Машина».

Совершенствование операции (нижняя часть рисунка 1 – ниже линии А-А) имеет вероятностный процесс. Этот процесс направлен на повышение эффективности операции ТО, который осуществляется путем оптимизации средств ТО по операциям ТО. При этом совершенствование СТО производится на основе расчета. Цель совершенствования: повышение эффективности операции ТО.

При чем, техническая составляющая системы в операции (средства ТО – СТО) выступает в качестве активного средства достижения цели [7, 8]. Так, при проведении операции оператор выполняет свои действия строго в соответствии с предписанными правилами функционирования применяемого средства, а также в соответствии с видом ТО и операцией ТО. С другой стороны, повышение эффективности операции возможно за счет оптимизации СТО.

Таким образом, объект исследования представлен, с одной стороны, во взаимосвязи оператора со средством ТО, а с другой – с процессом оптимизации объекта при совершенствовании операции. Полученное заключение об общей характеристике объекта исследования обуславливает возможность более корректного выбора математического аппарата для построения математической модели.

Далее произведем формализацию задачи как исходного этапа теоретического исследования, которая сводится к её формулированию в количественной форме [1, 2, 3, 4, 7, 8]. При этом также должны быть сформулированы условия задачи и искомый результат её решения.

Объекты совершенствования – операции ТО. Например, операция слива масла из картерных полостей при его замене в процессе ТО, а также для слива отстоя топлива из полостей топливных фильтров. Это возможно после оптимизации количества средств ТО по операциям ТО. Поэтому в качестве объекта совершенствования приняты средства ТО как активные средства достижения цели [7, 8].

Показатель совершенствования: выходной параметр модели функционирования механизмов и агрегатов трактора с учетом ресурсосбережения (снижения затрат труда и средств), т.е. минимум удельной стоимости [9] применения объекта по назначению [5, 6] при выполнении операции ТО.

Задача совершенствования объекта (рисунке 2) [5, 6, 7, 8, 10, 12, 13]: найти целевую функцию:

$$C_{\phi_i} \rightarrow \min \quad (1)$$

где  $C_{\phi_i}$  - удельная стоимость выполнения операции  $i$ -объектом (функционирования  $i$ -объекта).

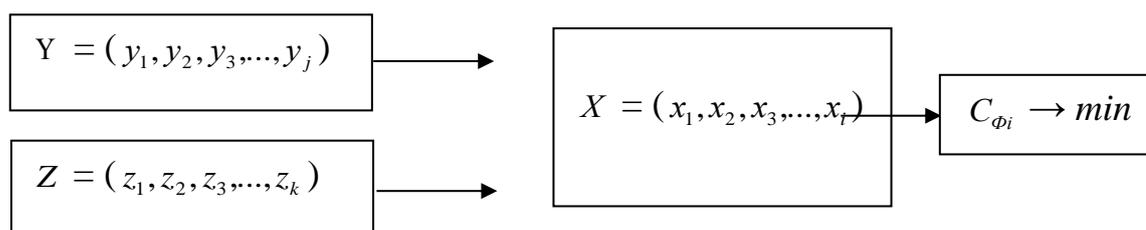


Рисунок 2 – Блок-схема решения задач оптимизации средств ТО при выполнении операции ТО

При заданных множествах параметров, характеризующих эксплуатационные свойства объекта

$$Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_j) \quad (2)$$

и условия применения объекта (среду)

$$Z = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_k), \quad (3)$$

функция (1) примет вид:

$$C_{\phi_i} = f \{ Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_j), Z = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_k) \} \rightarrow \min \quad (4)$$

при  $P_{Bi} \rightarrow \max$ ,

где -  $j, k$  - номера параметров объекта и среды;  $j, k \in i$  - элементы  $j, k$  входят в множество  $i$ ;

$P_{Bi}$  - вероятность безопасной работы при выполнении операции  $i$ -объектом.

Таким образом, задача совершенствования формализована. Практически ее решение сводится к минимизации  $C_{\phi_i}$  по параметрам  $Y$  (2) и  $Z$  (3) при условии, что  $P_{Bi} \rightarrow \max$ . При этом процесс совершенствования (оптимизации) СТО осуществляется при поиске минимума  $C_{\phi_i}$ .

**Вывод.** В статье была представлена графическая иллюстрация объекта исследования, а также произведена формализация задачи оптимизации операций ТО посредством оптимизации средств ТО.

### Список литературы

1. Альт, В.В. Информационное обеспечение экспертизы состояния двигателей / В.В. Альт, И.П. Добролюбов, О.Ф. Савченко ; под ред. д.т.н. В.В. Альта. – РАСХН, Сиб. отд-ние. – СибФТИ. - Новосибирск : СО РАСХН, 2001. - 220 с.
2. Бодякина, Т.В. Рабочие процессы регулирования дизеля / Т.В. Бодякина, П.А. Болоев, Е.В. Елтошкина, Н.О. Шелкунова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 9-16. – EDN SMGVVR.

3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта : с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Колос, 1979. - 416 с.
4. Елтошкина, Е.В. Метод структурных отклонений для решения задач статики проектируемых механизмов / Е.В. Елтошкина, Е.Б. Павлова // Математика, ее приложения и математическое образование (мпмо23) : Материалы VIII Международной конференции, Улан-Удэ, 26 июня – 01 2023 года. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2023. – С. 93-96. – DOI 10/53980/9785907599970\_93. – EDN OMLROX.
5. Ксеневиц, И.П. Аспекты проектирования сложных вероятностных нелинейных динамических неголономных систем / И.П. Ксеневиц // Тракторы и с.-х. машины. - 2007. - № 8. - С. 20 - 27.
6. Музыкин, С.Н. Моделирование динамических систем / С.Н. Музыкин, Ю.М. Родионова. – Ярославль : Верх.-Волж. кн. изд-во, 1984. – 304 с.
7. Надежность и эффективность в технике : справочник : в 10 т. / ред. совет : В.С. Авдудевский (пред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. Т. 1 : Методология. Организация. Терминология / под ред. А. И. Рембезы. – 224 с.
8. Надежность и эффективность в технике : справочник : в 10 т. / ред. совет : В.С. Авдудевский (пред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. Т. 9 : Техническая диагностика /под общ. ред. В. В. Клюева, П. П. Пархоменко. – 352 с.
9. Немцев, А.Е. Система технического сервиса в АПК : монография / А.Е. Немцев. - Новосибирск : РАСХН. Сиб. отд-ние. СибИМЭ, 2002. - 264 с.
10. Смирнов, Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1965. - 512 с.
11. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. пособие для вузов / В.И. Черноиванов [и др.]; под ред. В. И. Черноиванова. – М. : ГОСНИТИ ; Челябинск : ЧГАУ, 2003. - 992 с.
12. Чубарева, М.В. Задача, критерий и алгоритм выбора технических средств диагностирования машин / М.В. Чубарева, А.В. Хабардин, В.Н. Хабардин // Вестник ИрГСХА. – 2011. – Вып. 47. – С. 108 – 115.
13. Юдин, М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов : монография / М.И. Юдин. – Краснодар : КГАУ, 2004. - 239 с.

**УДК 536.46**

## **ПРОЦЕССЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ И СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**<sup>1</sup>Болоев П.А., <sup>2</sup>Бодякина Т.В., <sup>2</sup>Кузьмин А.В., <sup>2</sup>Елтошкина Е.В.**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО БГУ им. Д. Банзарова, г. Улан-Удэ, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл.,  
Россия

В статье рассмотрена математическая модель топливной аппаратуры. Для математической модели представлена схема описывающая взаимосвязь граничных условий на концах трубопровода высокого давления и решение уравнения нестационарного движения топлива в трубопроводе высокого давления. Подобным образом рассматриваются процессы топливоподачи и у форсунки. Математическая модель топливной аппаратуры может быть дополнена и применена к различным комплектациям системы впрыскивания, так как является универсальной. Математическая

модель топливной аппаратуры позволяет исследовать возможности использования в системе топливоподачи нестационарных явлений для уменьшения гидравлических нагрузок на плунжер и кулачковый привод при одновременном воздействии конструктивных элементов на характер протекания скоростных характеристик топливной аппаратуры.

*Ключевые слова:* водотопливная эмульсия, процесс, математическая модель, форсунка.

## **PROCESSES OF FUEL SUPPLY AND MIXING FORMATION OF WATER-FUEL EMULSIONS FOR DIESEL ENGINES**

**<sup>1</sup>Boloev P.A., <sup>2</sup>Bodyakina T.V., <sup>2</sup>Kuzmin A.V., <sup>2</sup>Eltoshkina E.V.**

<sup>1</sup>BSU named after D. Banzarov, Ulan-Ude, Russia

<sup>2</sup>Irkutsk State Agrarian University, *Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The article discusses a mathematical model of fuel equipment. For the mathematical model, a diagram is presented that describes the relationship between the boundary conditions at the ends of the high-pressure pipeline and the solution to the equation of unsteady movement of fuel in the high-pressure pipeline. Fuel supply processes at the injector are considered in a similar way. The mathematical model of fuel equipment can be supplemented and applied to various configurations of the injection system, since it is universal. A mathematical model of fuel equipment makes it possible to explore the possibilities of using unsteady phenomena in the fuel supply system to reduce hydraulic loads on the plunger and cam drive while simultaneously influencing the structural elements on the nature of the speed characteristics of the fuel equipment.

*Key words:* water-fuel emulsion, process, mathematical model, nozzle.

### **Введение**

Смесь водотопливной эмульсии (ВТЭ) представляет собой организованную упорядоченную систему, состоящую из двух взаимно нерастворимых и несвязанных жидкостей (вода и дизельное топливо), которые распределены по всему объему смеси.

ВТЭ на уровне микрочастиц представляет собой совокупность капель воды, которые окружены топливной сольватной оболочкой, которая способствует высвобождению смолистых веществ из топлива. Для дизельного топлива характерны более высокие, чем у воды, температуры кипения и парообразования. Это означает, что при использовании ВТЭ в дизелях возможно значительно повысить эффективность процесса сгорания и снизить уровень токсичности двигателя. Не требуется кардинальной перестройки топливной аппаратуры, а всего лишь требуется ее перенастройка [2, 4, 8].

Возможность установки системы подготовки ВТЭ непосредственно на двигатель является оправданной в виду улучшения параметров работы, повышения топливной экономичности и экологичности дизельного двигателя [3, 5].

**Цель исследования** - математическая модель процессов топливоподачи и смесеобразования водотопливных эмульсий для дизеля.

## **Материалы и методика исследования**

Уравнение нестационарного движения топлива в процессе впрыска имеет вид

$$P_{i,j+1} = P_{i+1,j} + P_{i-1,j} - P_{i,j-1} + \frac{\lambda \Delta t}{d} |u_{i,j}| < P_{i,j} - P_{i,j-1},$$

где для уменьшения потерь в форсунках, которые могут возникнуть при работе на ВТЭ, необходимо уменьшить их на 5-10 % [1].

От содержания воды изменяется вязкость ВТЭ, которая зависит от её содержания и будет влиять на утечки через клапаны, напорные клапаны, форсунки и прочее [1, 6].

На данный момент разработаны и проверены научные, инженерные и математические методы оценки данных процессов, а моделированием гидродинамики подачи и смешивания с дизельным топливом занимается небольшой круг учёных. Из-за того, что для использования ВТЭ с иными физическими свойствами, характеристиками возникает целый ряд частных проблем и вопросов, которые должны быть решены в процессе практической эксплуатации ВТЭ [7, 9].

Необходимо уточнить фундаментальную базу научных исследований, которая является базой для применения математики. Например, при помощи закона Гука для топлива можно легко найти решение уравнения движения топлива в пространстве.

Проведение расчетов в реальных условиях представляет собой сложные процессы, включающие уравнения состояния рабочих тел, включающие теплообмен, вязкие силы и т. д. Примером может служить задача Коши, которая представляет собой математическую модель топливной системы. Основу модели составляют дифференциальные уравнения топлива в трубопроводе высокого давления, граничные условия слева представляют собой систему дифференциальных уравнений, описывающих процессы внутри топливного устройства, а граничные условия справа представлены выражением система [8, 10].

### **Результаты исследований**

Структурная схема математической модели для топливной аппаратуры представлена для задачи Коши в виде рисунка 1.

Функциональная схема, представленная на схеме для математической модели, представляет собой взаимосвязь граничных условий на концах трубы высокого давления и решение уравнения нестационарного перемещения топлива в трубопроводе высокого давления (Рисунок 2).



Рисунок 1 – Структурная схема топливной аппаратуры дизеля

Метод конечных разностей может быть использован для поиска решений дифференциальных уравнений движения топлива в магистралях высокого давления. Сама генерация волнового давления создается путем решения системы дифференциальных уравнений, описывающей работу топливной системы. При создании форсунки, граничные условия создаются с помощью решения системы дифференциальных уравнений, которая описывает процесс в ней.

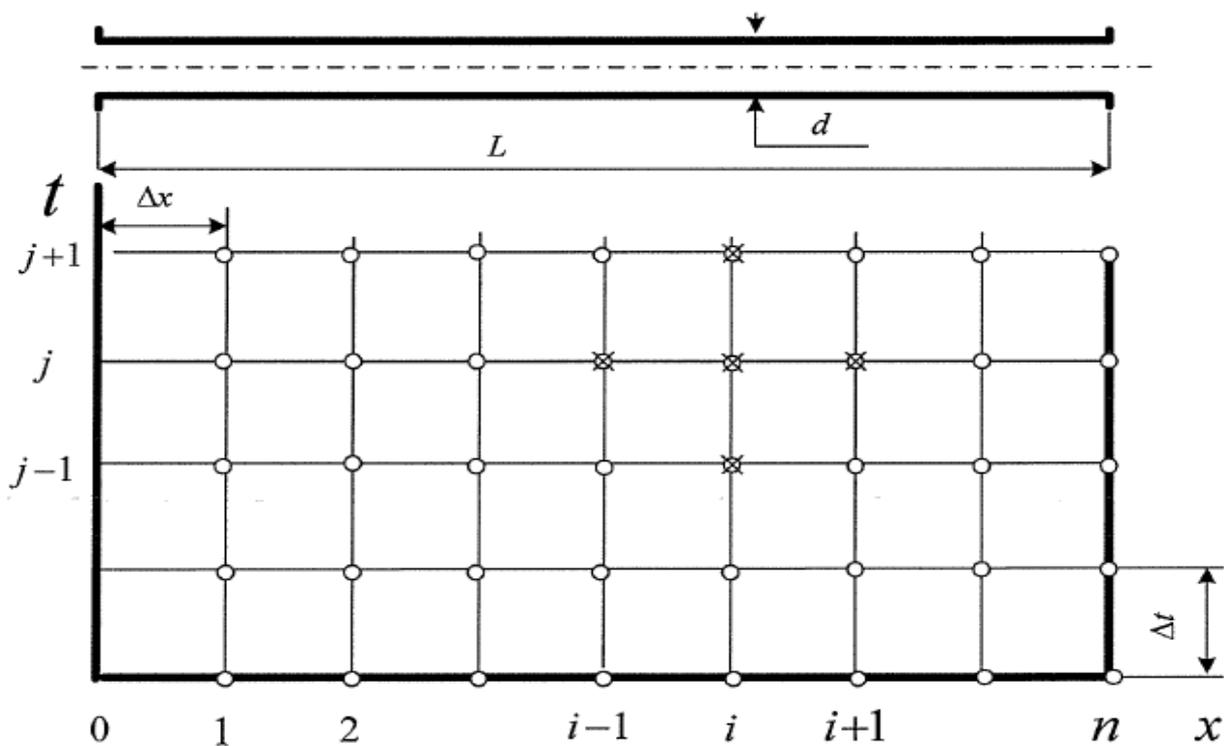


Рисунок 2 – К конечно-разностному методу с использованием прямоугольных сеток

Решение может быть найдено путем проведения прогонки при определенном угле поворота кулачкового вала. При новом положении вала, решение будет повторено.

Следовательно, математическая модель топливной аппаратуры соответствует топливной аппаратуре разделенного и неразделенного типа.

Подобным образом рассмотрены процессы топливоподачи и у форсунки. Топливо поступает в форсунку со скоростью  $w_{n,j+1}$ , которая зависит от того, когда происходит поступление топлива. Этот объем  $\Delta V$  используется для увеличения давления  $\Delta V_1$  под дифференциальной площадкой впрыскивающей иглы  $\Delta V_2$  и позволяя топливу попасть в цилиндр двигателя, для заполнения объема  $\Delta V_3$ , который освобождается поднимающейся иглой, и через сопловые отверстия. Дифференциальное уравнение 2-го порядка описывает движение иглы.

Для заполнения полости форсунки:

оно представляет собой уравнение неразрывности

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3;$$

уравнение, описывающее движения иглы:

$$M_u d^2 z = (p_{\phi j} (f_u - f_{ку}) + [(p_{\phi j} - p_{c j}) k_j^2 + p_{c j}] f_{ку} - p_0 (f_u - f_{ку}) - c_{uz}) dt^2;$$

уравнение связи трубопровода высокого давления и форсунки:

$$\dot{u}_x = \frac{1}{a\rho} \dot{p}_t.$$

Пример решения системы уравнений у форсунки аналогичен решению системы с использованием итерационного метода.

### **Заключение**

Математическая модель топливной аппаратуры можно быть дополнена и применена к различным конфигурациям системы впрыска, поскольку она универсальна. Математическая модель топливного устройства позволяет использовать нестационарные явления в системе подачи топлива для снижения гидравлической нагрузки на плунжерный и кулачковый привод и в тоже время исследовать возможность влияния компонентов, относящихся к типам скоростных характеристик топливного устройства. Вы также можете увидеть влияние многих конструктивных решений на возможности расширения диапазона стабильной циркуляционной подачи при перекачке дизельного топлива, например, при использовании различных видов топлива, смесей топлива и водотопливных эмульсий. Это дает возможность оценить степень периодической неустойчивости подачи и неоднородности из-за различных конфигураций топливного агрегата, определить влияние всех геометрических соотношений на скоростные характеристики и качество впрыска.

### **Список литературы**

1. Габаев, А. Х. Стабильность регулировочных параметров стендовой форсунки / А. Х. Габаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4(102). – С. 159-163. – DOI 10.37670/2073-0853-2023-102-4-159-163. – EDN MKDBIW.
2. Диагностирование дизельных двигателей, работающих на водобитоливной эмульсии / Т. В. Бодякина, М. К. Бураев, П. А. Болоев [и др.] // Сборник научных трудов / Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. – Улан-

Удэ : Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2018. – С. 3-9. – EDN ННУУНН.

3. Елтошкина, Е. В. Обеспечение работоспособности и отказоустойчивости машин резервированием сменных элементов / Е. В. Елтошкина, М. К. Бураев, Т. В. Бодякина // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 6. – С. 54-57. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-6-54-57. – EDNWWFNGW.

4. Михальцов, Е. М. Исследование процесса топливоподачи форсункой ФД-22 при работе дизельного двигателя на дизельном смесевом топливе / Е. М. Михальцов // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : X Международная научно - практическая конференция, посвященная 105-летию кафедры Сельскохозяйственных машин и механизации животноводства (Агроинженерии) ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, 16 ноября 2023 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2023. – С. 279-283. – EDN QDKDWK.

5. Плотников, С. А. Оценка показателей процесса сгорания и тепловыделения в дизеле с предварительным подогревом топлива / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Мотовилова // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31, № 3. – С. 349-363. – DOI 10.15507/2658-4123.031.202103.349-363. – EDN YVPWXM.

6. Рабочие процессы регулирования дизеля / Т. В. Бодякина, П. А. Болоев, Е. В. Елтошкина, Н. О. Шелкунова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 9-16. – EDN SMGVVR.

7. Сжимаемость смесей дизельного топлива с пальмовым маслом / Е. А. Федянов, Е. А. Салькин, А. В. Курапин, Э. Ч. Кадиата // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4(68). – С. 440-450. – DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-52. – EDN IASGNU.

8. Чистяков, А. Ю. Особенности процессов топливоподачи в дизелях при использовании водотопливной эмульсии в качестве альтернативного топлива / А. Ю. Чистяков, Г. Б. Горелик, О. Н. Мозолев // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 4-1(46). – С. 111-116. – EDNVMQOOK.

9. A simple semi-Markov model of functioning of agricultural cleaning and transport system / N. I. Ovchinnikova, A. V. Kosareva, V. V. Bonnet, E. V. Eltoshkina // Journal of Physics: Conference Series : The International Conference "Information Technologies in Business and Industry", Novosibirsk, 18–20 февраля 2019 года. Vol. 1333. – IOP Publishing: IOP Publishing, 2019. – P. 032061. – DOI 10.1088/1742-6596/1333/3/032061. – EDN QCPCZB.

10. Mathematical Modeling of the Differential Dynamics of the Galvanic Process of Restoring the Seats of the Main Supports of Autotractor Engines / D. Rozhkov, P. Pyin, E. Eltoshkina, O. Svirbutovich // International Conference on AviaMechanical Engineering and Transport (AviaENT 2019) : Proceedings of the International Conference on AviaMechanical Engineering and Transport (AviaENT 2019), Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. Vol. 188. – Irkutsk: Atlantis Press, 2019. – P. 288-297. – DOI 10.2991/aviaent-19.2019.54. – EDN RVQEBD.

**УДК 519.21 (371.261)**

## **ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУППОВОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**

**<sup>1</sup>Ганичева А.В., <sup>2</sup>Ганичев А.В.**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Тверская ГСХА,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Тв ГТУ, г. Тверь, Тверская обл., Россия

В условиях цифровизации образовательного процесса проблема использования тестовых технологий для оценки знаний обучаемых является важной и актуальной. В статье рассмотрено применение статистической теории тестирования, основанной на формулах теории вероятностей для подсчетов характерных результатов индивидуального и группового выполнения тестов. На основе приведенных формульных соотношений можно рассчитать вероятности типовых ситуаций, встречающихся при проведении тестирования студентов.

*Ключевые слова:* событие, попытка, ситуация, вероятность, соревнование, группа обучаемых, функция.

## EVALUATION OF GROUP TESTING INDICATORS

<sup>1</sup>Ganicheva A.V., <sup>2</sup>Ganichev A.V.

<sup>1</sup>Tver State Agricultural Academy,

<sup>2</sup>FGBOU VO Tv GTU, Tver, Tver region, Russia

In the context of digitalization of the educational process, the problem of using test technologies to assess the knowledge of students is important and relevant. The article considers the application of statistical testing theory based on the formulas of probability theory for calculating the characteristic results of individual and group test performance. Based on the above formulaic ratios, it is possible to calculate the probabilities of typical situations encountered during student testing.

*Keywords:* event, attempt, situation, probability, competition, group of trainees, function.

Тестирование применяется при текущем контроле знаний обучаемых (по отдельным темам дисциплин, зачетах и экзаменах), при проведении аттестационных тестирований по отдельным предметам. Как отмечается в работе [9], тестирование является универсальным техническим средством контроля знаний обучаемых. Важной проблемой является проверка качества тестов [3]. Для решения этой проблемы могут использоваться методы теории вероятностей, которые применяются в учебном процессе для решения многих задач, например: оценки подготовленности учащихся к сдаче ЕГЭ по математике [8]; решения агроинженерных задач [11]; подготовке специалистов сельского хозяйства [5].

Рассмотрим применение вероятностных методов для тестирования.

Пусть тестируется группа из  $N$  человек. Каждый из них имеет  $k$  попыток. Вероятность сдачи теста при  $k$ -ой попытке ( $i = \overline{1, N}$ ) обучаемого равна  $p_{ki}$ . При первой же сдаче обучаемый прекращает тестирование.

В качестве основных вероятностных показателей группового тестирования можно рассматривать вероятности следующих событий:

- 1)  $A$  – у всех тестируемых вместе остается неизрасходованной хотя бы одна попытка;
- 2)  $B$  – ни у кого из тестируемых не будут израсходованы все попытки;
- 3)  $C$  – какой-либо тестируемый использует все попытки, а все остальные израсходовали не все попытки.

Пусть событие  $\bar{A}$  означает, что все попытки исчерпаны, т.е. для всех  $N$  тестируемых  $k-1$  попыток были неудовлетворительными. Тогда

$$P(\bar{A}) = \prod_{i=1}^N (1 - p_{1i})(1 - p_{2i}) \dots (1 - p_{k-1,i});$$

$$P(A) = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - p_{1i})(1 - p_{2i}) \dots (1 - p_{k-1,i}).$$

Событие  $B$  означает, что у каждого обучаемого хотя бы одна из первых  $k-1$  попыток дала положительный результат, т.е.

$$P(B) = \prod_{i=1}^N (1 - (1 - p_{1i})(1 - p_{2i}) \dots (1 - p_{k-1,i})).$$

Событие  $C$  можно рассматривать как сумму событий  $C_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ), где  $C_i$  означает, что  $i$ -ый исследуемый израсходовал все попытки, а остальные – не все попытки. Таким образом,

$$P(C) = \sum_{i=1}^N C_i = \sum_{i=1}^N \prod_{j=1}^{k-1} (1 - p_{ji}) \cdot \prod_{j=1}^{N-1} \left[ 1 - \prod_{j=1}^{k-1} (1 - p_{ji}) \right].$$

Упрощенный вариант рассмотренных ситуаций представляет собой следующие ситуации и соответствующие характеристики тестирования.

Преподаватель наблюдает за тестированием  $N$  обучаемых, каждый из которых, согласно предварительным статистическим данным (результатам выполнения контрольных работ), может пройти тестирование с вероятностью  $p_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ).

Найдем вероятности следующих событий, описывающих характерные ситуации:

1)  $A$  – все пройдут тестирование; 2)  $B$  – никто не пройдет тестирование;

3)  $C$  – либо все пройдут тестирование, либо кто-то один тестирование не пройдет.

$$\text{Очевидно, } P(A) = \prod_{i=1}^N (1 - p_i); \quad P(B) = 1 - P(A);$$

$$P(C) = \prod_{i=1}^N (1 - p_i) + p_1(1 - p_2) \dots (1 - p_N) + (1 - p_1)p_2(1 - p_3) \dots (1 - p_N) + \dots + (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_{N-1})p_N.$$

Для стимулирования обучаемых в процессе тестирования можно вкрапливать игровой момент, например, кто вперед решит тест. В связи с этим рассмотрим следующую типовую ситуацию. Пусть  $N$  обучаемых сдают тест с вероятностью сдачи  $p_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ). Выигравшим считается тот обучаемый, который первым сдаст тест. Надо оценить вероятность того, что выиграет  $i$ -ый тестируемый.

Введем в рассмотрение событие  $A_{ij}$ , состоящем в том, что  $i$ -ый тестируемый выиграет соревнование, использовав  $j$  попыток. Тогда

$$P(A_{ij}) = p_i \prod_{k=1}^{i-1} q_k \left( \prod_{k=1}^N q_k \right)^{j-1} = p_i Q_{i-1} Q_N^{j-1},$$

где  $q_k = 1 - p_k$ ,  $Q_i = \prod_{k=1}^i q_k$ .

Вероятность того, что выиграет  $i$ -ый тестируемый, равна

$$P(A_i) = \sum_{j=1}^n P(A_{ij}) = p_i Q_{i-1} \sum_{j=1}^N Q_N^{j-1} = p_i Q_{i-1} \frac{1 - Q_N^n}{1 - Q_N}.$$

Вероятность того, что в группе из  $n$  тестируемых ровно  $k$  студентов пройдут испытание, определяется по формуле Бернулли:

$$P_n(k) = C_n^k \cdot p^k (1-p)^{n-k},$$

где  $C_n^k = \frac{n!}{(n-k)!}$  - число сочетаний из  $n$  по  $k$ .

Рассмотрим случай, когда не менее  $k$  из  $n$  обучаемых пройдут тестирование, причем каждый из них имеет одинаковую вероятность сдачи теста, равную  $p$ . Вероятность сложного события будет равна:

$$P_n(i \geq k) = \sum_{i=k}^n C_n^i \cdot p^i (1-p)^{n-i}.$$

График функции  $P_5(i \geq k)$ ,  $k = \overline{1,4}$  представлен на рисунке 1.

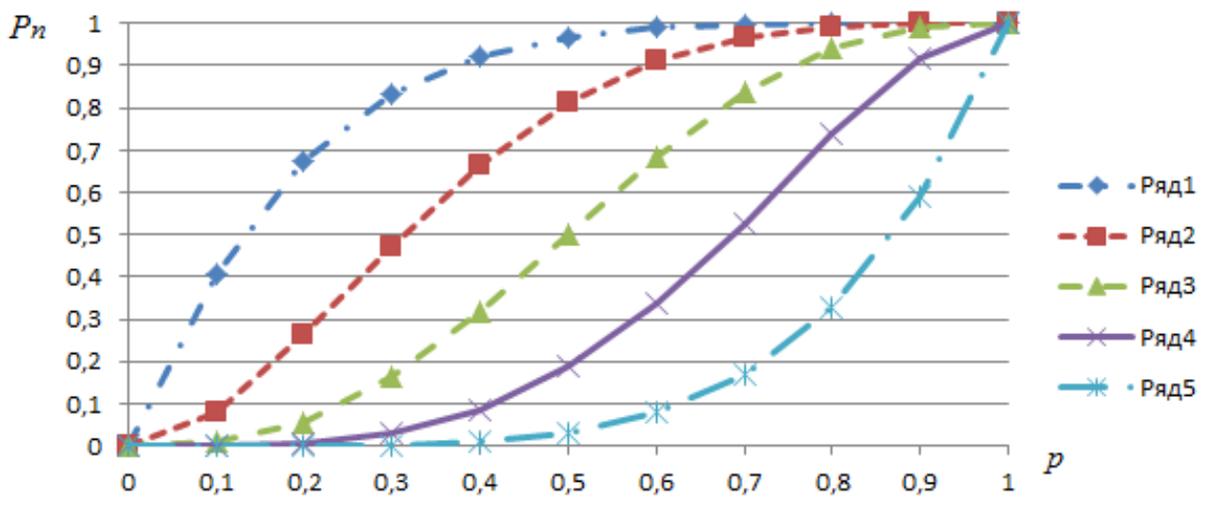


Рисунок 1 - Вероятность сдачи теста не менее  $k$  из 5 обучаемых ( $k = \overline{1,4}$ )

На рисунке приняты обозначения: Ряд 1 -  $P_5(i \geq 1)$ ; Ряд 2 -  $P_5(i \geq 2)$ ; Ряд 3 -  $P_5(i \geq 3)$ ; Ряд 4 -  $P_5(i \geq 4)$ ; Ряд 5 -  $P_5(i \geq 5)$ .

Рассмотрим использование графиков на рисунке 1 для проведения тестирования на примере следующей задачи. Студенты сдают тестирование по математике, если решат не менее половины задач по каждой из 5 тем. Требуется определить, какова должна быть вероятность индивидуальной

подготовленности студента, чтобы он прошел тестирование с вероятностью 0,84. Условие не менее половины из 5 означает, что нужно использовать Ряд 3 -  $P_5(i \geq 3)$ . При  $P_5(i \geq 3) = 0,84$  получаем значение  $p = 0,7$ .

Вероятность того, что тестирование пройдут не менее  $k_1$  и не более  $k_2$  из  $n$  обучаемых, определяется по формуле:

$$P_n(k_2 \geq i \geq k_1) = \sum_{i=k_1}^{k_2} C_n^i \cdot p^i (1-p)^{n-i}.$$

Данная формула называется обобщенной формулой Бернулли.

В случае, когда  $n$  обучаемых имеют  $m$  разных вероятностей ( $p_1, p_1, \dots, p_m$ ) сдачи теста, вероятность такой ситуации описывается полиномиальным распределением:

$$P_n(k_1, k_2, \dots, k_m) = \frac{n!}{k_1! k_2! \dots k_m!} p_1^{k_1} \cdot p_2^{k_2} \dots p_m^{k_m},$$

причем  $k_1$  обучаемых имеют вероятность сдачи теста  $p_1, k_2 - p_2, \dots, k_m - p_m$ .

Рассмотрим прохождение тестирования двумя группами, содержащими одинаковое количество  $n$  студентов. Вероятность прохождения тестирования студентами первой группы равна  $p_1$ , а студентами второй группы -  $p_2$ . Для данной ситуации вероятность того, что в первой группе пройдут тестирование  $k$  студентов, а во второй группе -  $l$  студентов, определяется по двумерному биномиальному распределению [3]:

$$P_n(k, l) = \frac{n!}{(n-k-l)! k! l!} (1-p_1-p_2)^{n-k-l} p_1^k p_2^l.$$

В настоящее время существует два подхода к оцениванию результатов тестирования. Первый подход - классический, основывается на статистических методах теории вероятностей. Второй подход - на основе модели Раша (и ее модификаций) оценки латентных переменных, учитывает соотношения между тестируемым студентом и тестовыми заданиями. Тесты при использовании методов второй группы могут быть произвольной сложности, а студенты разного уровня подготовленности. В модели Раша вероятность заданного ответа зависит как от характеристик тестируемого, так и от особенностей тестовых заданий.

Рассмотренный в данной статье метод статистической теории тестирования, основанный на формулах теории вероятностей [1, 2, 4, 10], позволяет быстро и легко (по сравнению с технологиями тестирования, основанных на модели Раша [6]), получить обоснование и подтверждение ожидаемых результатов тестирования.

Тестовые технологии могут применяться не только в организации образовательного процесса, но и во многих других областях. Тесты используются в промышленном производстве (например, квалификационные тесты, тестирование программного обеспечения), сельском хозяйстве (диагностика продукции), военной сфере, здравоохранении, в

социологических опросах населения, при проведении маркетинговых исследований, в психологических обследованиях, обосновании и оценке безопасности экологических проектов и т.д.

### Список литературы

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учебник для вузов / Е.С. Вентцель. - 6-е изд. стер.- М.: Высшая школа, 1999.- 576 с.
2. Ганичева, А.В. Информатизация решения вероятностных задач / А.В. Ганичева, А.В. Ганичев // Педагогическая информатика. –2020. –№ 3. –С. 69-75.
3. Ганичева, А.В. Метод проверки качества тестов // Саморазвивающаяся среда технического университета: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2018. -Том. - Часть 2. -С. 83-89.
4. Ганичева, А.В. Теория вероятностей: учебное пособие / А.В. Ганичева. - Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 144 с.
5. Елтошкина, Е.В. Методы педагогики в математической подготовке будущих специалистов сельского хозяйства / Е.В. Елтошкина, А.В. Кузьмин, Т.В. Бодякина // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием. Молодёжный: Иркутский ГАУ, 2022. - С. 336-341.
6. Карнаухов, В.М. Исследование групповых характеристик. Аттестация / В.М. Карнаухов// Информатизация образования и науки. - 2023. - № 3 (59). - С. 121-132.
7. Карпов, И.Г. Одномерные распределения триномиального типа для последовательности независимых испытаний / И.Г. Карпов, Ю.Т. Зырянов, И.Г. Рязанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2015. - № 2 (310). – С. 133-138.
8. Павлова, Е.Б. Эффективные приемы и методы подготовки учащихся к успешной сдаче ЕГЭ по математике / Е.Б. Павлова, Е.Н. Булгатова, Е.В. Елтошкина// Математика, ее приложения и математическое образование (МПМО23): материалы Международной конференции. Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2023. -С. 171-173
9. Печников, Д.А. Модели и процедуры интервальной оценки результатов контроля знаний в компьютерных системах тестирования ВМФ / Д.А. Печников // Вестник ВГУИТ. - 2018. - Т. - 80. - № 1. - С. 97–104. -DOI:10.20914/2310-1202-2018-1-97-104.
10. Плескунов, М.А. Теория вероятностей: справочник / М.А. Плескунов, Л.В. Корчёмкина. - Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2017. - 136 с.
11. Чужинова, А.Е. Решение агроинженерных задач методами математического и вероятностного анализов / А.Е. Чужинова, Н.А. Клепинин, Е.В. Елтошкина // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Молодёжный: Иркутский ГАУ, 2020. С. 260-266.

**УДК 519.862.6**

## **НЕЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВЕДЕННОЙ ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Базилевский М.П.**

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет путей сообщения

В статье рассмотрены неэлементарные линейные регрессии, регрессорами в которых выступают унарные и бинарные операции  $\min$  и  $\max$  всех возможных комбинаций объясняющих переменных. Кратко рассмотрена технология построения вполне интерпретируемых неэлементарных линейных регрессий, основанная на использовании аппарата частично-булевого линейного программирования. С помощью этой технологии на основе данных о 73 субъектах Российской Федерации за 2021 год построена высокоточная неэлементарная линейная регрессия произведенной в фактически действовавших ценах продукции сельского хозяйства. Дана её интерпретация.

*Ключевые слова:* эконометрика, неэлементарная линейная регрессия, интерпретируемость, задача частично-булевого линейного программирования, метод наименьших квадратов, сельское хозяйство.

## **NON-ELEMENTARY ECONOMETRIC MODEL OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Bazilevskiy M.P.**

*Irkutsk State Transport University, Russia, Irkutsk*

This article discusses non-elementary linear regressions, in which the regressors are the unary and binary operations  $\min$  and  $\max$  of all possible combinations of explanatory variables. The technology for constructing quite interpretable non-elementary linear regressions, based on the mixed integer 0-1 linear programming apparatus, is briefly reviewed. Using this technology, based on data on 73 constituent entities of the Russian Federation for 2021, a high-precision non-elementary linear regression of agricultural products produced in actual prices was constructed. Its interpretation is given.

*Keywords:* econometrics, non-elementary linear regression, interpretability, mixed integer 0-1 linear programming problem, ordinary least squares, agriculture.

### **Введение**

С помощью регрессионного анализа в настоящее время решается широкий круг различных прикладных задач. Регрессионная модель служит либо для прогнозирования значений объясняемой переменной, либо для объяснения характера влияния объясняющих переменных на выходной показатель. Например, в [10] с помощью регрессионного анализа построены модели видимости водителем пешеходов, в [12] – определено оптимальное размещение семян при разбросном полосовом способе сева, в [14] – построены зависимости коэффициентов потерь колебательной энергии многослойных материалов из древесины.

При обработке экономических данных регрессионные модели часто называют эконометрическими, а их изучением занимается наука эконометрика [8,9]. Традиционно много внимания в современной литературе уделяется эконометрическому анализу в сельском хозяйстве. Так, например, работа [11] посвящена построению системы двух одновременных эконометрических уравнений, в которой выходными переменными выступают продукция сельского хозяйства и инвестиции в его развитие. В [1] оценена многофакторная производственная функция Кобба – Дугласа,

выходной переменной в которой является валовой сбор зерна. В [2] построены линейные модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. В [13] построена производственная функция Кобба – Дугласа валовой продукции сельского хозяйства Республики Узбекистан. В [15] оценены линейные эконометрические модели аграрного производства в Оренбургской области. Как видно, при построении эконометрических моделей исследователи часто пользуются стандартными структурными спецификациями.

В работах [3–7] предложена новая форма связи между переменными – неэлементарная линейная по факторам регрессия (НЛР). Была поставлена задача – построить неэлементарную эконометрическую модель аграрного производства в Российской Федерации. Стоит отметить, что данная идея возникла благодаря работе [15], в которой в качестве выходной переменной выступает валовой объем сельского хозяйства в разрезе муниципальных районов Оренбургской области, а в качестве входных переменных – наиболее важные показатели сельскохозяйственного производства (валовой сбор зерна, картофеля, овощей и т.д.).

### 1. Неэлементарная линейная регрессия

Пусть имеется выборка данных объема  $n$ , содержащая значения объясняемой переменной  $y$  и значения  $l$  объясняющих переменных  $x_1, x_2, \dots, x_l$ . В [4] введена НЛР со всеми возможными унарными, бинарными, тернарными, ...,  $l$ -арными операциями  $\min$  и  $\max$ . Рассмотрим её частный случай – НЛР только с унарными и бинарными операциями  $\min$  и  $\max$  следующего вида:

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^l \alpha_j x_{ij} + \sum_{j=1}^{C_l^2} \alpha_j^{\min} \cdot \min \{x_{i,\mu_{j1}}, k_j^{\min} \cdot x_{i,\mu_{j2}}\} + \sum_{j=1}^{C_l^2} \alpha_j^{\max} \cdot \max \{x_{i,\mu_{j1}}, k_j^{\max} \cdot x_{i,\mu_{j2}}\} + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $\mu_{j1}, \mu_{j2}, j = \overline{1, C_l^2}$  – элементы 1-го и 2-го столбца матрицы  $M$ , содержащей по строкам индексы всех возможных комбинаций пар входных переменных;  $\alpha_j, j = \overline{0, l}, \alpha_j^{\min}, \alpha_j^{\max}, k_j^{\min}, k_j^{\max}, j = \overline{1, C_l^2}$  – неизвестные параметры;  $\varepsilon_i, i = \overline{1, n}$  – ошибки аппроксимации.

Унарными операциями в (1) можно считать сами объясняющие переменные.

Ранее установлено (см., например, [4]), что оптимальные оценки неизвестных параметров  $k_j^{\min}, k_j^{\max}, j = \overline{1, C_l^2}$ , лежат на промежутках

$$k_j^{\text{нижн}} < k_j^{\min} < k_j^{\text{верхн}}, \quad k_j^{\text{нижн}} < k_j^{\max} < k_j^{\text{верхн}}, \quad j = \overline{1, C_l^2}, \quad (2)$$

$$\text{где } k_j^{\text{нижн}} = \min \left\{ \frac{x_{1,\mu_{j1}}}{x_{1,\mu_{j2}}}, \frac{x_{2,\mu_{j1}}}{x_{2,\mu_{j2}}}, \dots, \frac{x_{n,\mu_{j1}}}{x_{n,\mu_{j2}}} \right\}, \quad k_j^{\text{верхн}} = \max \left\{ \frac{x_{1,\mu_{j1}}}{x_{1,\mu_{j2}}}, \frac{x_{2,\mu_{j1}}}{x_{2,\mu_{j2}}}, \dots, \frac{x_{n,\mu_{j1}}}{x_{n,\mu_{j2}}} \right\}.$$

В этой связи в [5] были предложены стратегии построения НЛР (1), основанные на методе «полного перебора» точек с промежутков (2). Более эффективным методом построения НЛР (1) [3] оказалось решение специальным образом сформулированной задачи частично-булевого линейного программирования (ЧБЛП). Регулируя в ней линейные ограничения на бинарные переменные, можно контролировать спецификацию НЛР (1). Результатом решения такой задачи является идентификация НЛР оптимальной структуры, оценки которой близки к оптимальным оценкам метода наименьших квадратов (МНК). К сожалению, эти оценки могут противоречить содержательному смыслу входящих в модель объясняющих переменных. Поэтому в [6] в задачу ЧБЛП были добавлены ограничения, гарантирующие на выходе формирование вполне интерпретируемой НЛР (1). В [7] приведено описание программы ВИнтер-2, предназначенной для построения вполне интерпретируемых НЛР путём решения задачи ЧБЛП.

## 2. Эконометрическая модель

Для построения модели были собраны статистические данные (<https://rosstat.gov.ru/>) за 2021 год по всем субъектам Российской Федерации для следующих переменных:

- $y$  – продукция сельского хозяйства (млн руб.);
- $x_1$  – валовой сбор зерна (тыс. тонн);
- $x_2$  – валовой сбор картофеля (тыс. тонн);
- $x_3$  – валовой сбор овощей (тыс. тонн);
- $x_4$  – валовой сбор плодов и ягод (тыс. тонн);
- $x_5$  – производство скота и птицы на убой (тыс. тонн);
- $x_6$  – производство молока (тыс. тонн);
- $x_7$  – производство яиц (млн штук);
- $x_8$  – производство мёда (тонн).

В 2021 в состав Российской Федерации входило 85 субъектов, поэтому объем выборки изначально составил 85.

К сожалению, из-за нехватки значений некоторых переменных, пришлось исключить из исследования следующие 12 субъектов: город Москва, Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Мурманская область, город Санкт-Петербург, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ, Магаданская область, Сахалинская область, Чукотский автономный округ. В результате сформировалась выборка данных из 73 наблюдений.

С использованием программы ВИнтер-2 [7] автоматически была построена следующая вполне интерпретируемая НЛР:

$$\tilde{y} = 6891,51 + \overset{(0,5044)}{21,6544} \min_{(20,53)} \{x_1, 1497.53x_4\} + \overset{(0,1027)}{73,578} \min_{(6,306)} \{x_3, 363.64x_8\} +$$

$$+54,9539 \min_{(7,476)}^{(0,15)} \{x_6, 6.56x_7\} + 18,4905 \max_{(12,6)}^{(0,2103)} \{x_2, 8.93x_5\}. \quad (3)$$

Коэффициент детерминации модели (3) составляет 0,9673, что говорит об её высокой степени адекватности.

В уравнении (3) в скобках над коэффициентами указаны абсолютные вклады переменных в общую детерминацию, которые в сумме дают 0,9673. А под коэффициентами – наблюдаемые значения t-критерия Стьюдента. Как видно, все абсолютные вклады больше 0,05 и все МНК-оценки значимы по t-критерию для уровня значимости 0,01.

Коэффициенты вздутия дисперсии VIF составили 1.597, 1.453, 1.642 и 1.274 соответственно, что подтверждает отсутствие мультиколлинеарности.

Если представить модель (3) в виде кусочно-заданной функции (см., например, [3]), то можно интерпретировать её следующим образом.

1. Если отношение  $x_1$  к  $x_4$  меньше 1497.53, то на  $y$  влияет валовой сбор зерна  $x_1$ , причем, с ростом  $x_1$  на 1 тыс. тонн  $y$  увеличивается в среднем на 21.65 млн руб. Если отношение  $x_1$  к  $x_4$  не менее 1497.53, то на  $y$  влияет валовой сбор плодов и ягод  $x_4$ , причем, с ростом  $x_4$  на 1 тыс. тонн  $y$  увеличивается в среднем на 32.43 млрд руб.

2. Если отношение  $x_3$  к  $x_8$  меньше 363.64, то на  $y$  влияет валовой сбор овощей  $x_3$ , причем, с ростом  $x_3$  на 1 тыс. тонн  $y$  увеличивается в среднем на 73.58 млн руб. Если отношение  $x_3$  к  $x_8$  не менее 363.64, то на  $y$  влияет производство мёда  $x_8$ , причем, с ростом  $x_8$  на 1 тонну  $y$  увеличивается в среднем на 26.76 млрд руб.

3. Если отношение  $x_6$  к  $x_7$  меньше 6.56, то на  $y$  влияет производство молока  $x_6$ , причем, с ростом  $x_6$  на 1 тыс. тонн  $y$  увеличивается в среднем на 54.95 млн руб. Если отношение  $x_6$  к  $x_7$  не менее 6.56, то на  $y$  влияет производство яиц  $x_7$ , причем, с ростом  $x_7$  на 1 млн штук  $y$  увеличивается в среднем на 360.5 млн руб.

4. Если отношение  $x_2$  к  $x_5$  меньше 8.93, то на  $y$  влияет производство скота и птицы на убой  $x_5$ , причем, с ростом  $x_5$  на 1 тыс. тонн  $y$  увеличивается в среднем на 165.11 млн руб. Если отношение  $x_2$  к  $x_5$  не менее 8.93, то на  $y$  влияет валовой сбор картофеля  $x_2$ , причем, с ростом  $x_2$  на 1 тыс. тонн  $y$  увеличивается в среднем на 18.49 млн руб.

Как видно, знаки абсолютно всех коэффициентов НЛР соответствуют экономическому смыслу входящих в неё факторов.

### Список литературы

1. Акиндинов, В. В. Многофакторный эконометрический анализ в сельском хозяйстве/ В. В. Акиндинов, А. С. Лосева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 1. – С. 24-30.
2. Архипова, М. Ю. Современные направления прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на основе использования эконометрических моделей/ М. Ю. Архипова, А. И. Смирнов // Вопросы статистики. – 2020. – Т. 27. – № 5. – С. 65-75.

3. Базилевский, М.П. Метод построения неэлементарных линейных регрессий на основе аппарата математического программирования/ М. П. Базилевский// Проблемы управления. – 2022. – № 4. – С. 3-14.

4. Базилевский, М.П. Обобщение неэлементарных линейных регрессий/ М. П. Базилевский// Моделирование и анализ данных. – 2023. – Т. 13. – № 2. – С. 85-98.

5. Базилевский, М.П. Отбор информативных операций при построении линейно-неэлементарных регрессионных моделей/ М. П. Базилевский// International Journal of Open Information Technologies. –2021. –Т. 9. – № 5. – С. 30-35.

6. Базилевский, М.П. Построение вполне интерпретируемых неэлементарных линейных регрессионных моделей/ М. П. Базилевский// Вестник Югорского государственного университета. – 2022. – № 4 (67). – С. 105-114.

7. Базилевский, М.П. Программа построения вполне интерпретируемых элементарных и неэлементарных квазилинейных регрессионных моделей/ М. П. Базилевский// Труды Института системного программирования РАН. – 2023. – Т. 35. – № 4. С. 129-144.

8. Базилевский, М.П. Эконометрика (продвинутый уровень): лабораторный практикум / М.П. Базилевский, Г.Д. Гефан. – Иркутск: ИрГУПС, 2016. – 76 с.

9. Быкова, М. А. Применение цифровых технологий в эконометрических исследованиях/ М. А. Быкова, Н. И. Овчинникова// Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве. – 2023. – С. 21-27.

10. Громалова, В.О. Применение корреляционно-регрессионного анализа для оценки видимости водителем при загрязненных фарах автомобиля в зимнее время года / В. О. Громалова, А. И. Федотов, Н. И. Овчинникова, М. А. Быкова// Актуальные вопросы аграрной науки. – 2021. – № 39. – С. 13-19.

11. Исмиханов, З.Н. Идентифицируемые регрессионные модели взаимосвязи показателей развития сельского хозяйства в регионах/ З. Н. Исмиханов // Региональная экономика: теория и практика. – 2020. – Т. 18. – № 7. – С. 1357-1373.

12. Раднаев, Д. Н. Эффективность использования технологии разбросного полосового посева/ Д. Н. Раднаев, А. А. Абидуев, А. С. Пехутов, А. В. Кузьмин, Н. И. Овчинникова// Вестник НГИЭИ. – 2024. – № 2 (153). – С. 37-47.

13. Рустамова, И.Б. Эконометрический анализ процессов инновационного развития сельского хозяйства Республики Узбекистан/ И. Б. Рустамова, М. М. Бабаджанова // Вестник Российского экономического университета им. Г.В.Плеханова. – 2022. – Т. 19. – № 2 (122). – С. 93-104.

14. Чукарина, Н. А. Регрессионные зависимости коэффициентов потерь колебательной энергии многослойных материалов из древесины/ Н. А. Чукарина, Д. В. Русяков, С. А. Шамшура //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 65-71.

15. Чулкова, Е.А. Эконометрические модели в исследовании аграрного производства региона/ Е. А. Чулкова //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 1. – № 29-1. – С. 118-121.

**УДК 378.22:378.016**

## **РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ**

**Алтухова Т.А., Алтухов С.В.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

В настоящее время в стремительно развивающемся информационном мире знания начинают играть ведущую роль. Вследствие этого во всём мире акцент делается на самостоятельную работу учащихся. Самостоятельная работа учащихся – многообразные виды индивидуальной и коллективной учебной деятельности учащихся, осуществляемой ими классных или внеклассных занятиях, или дома по заданиям, без непосредственного участия педагога. Выполнение этих заданий требует от учащегося активной мыслительной деятельности, самостоятельного решения разных познавательных задач, применение ранее усвоенных знаний. Средства обучения – это материальный либо идеальный объект, который использовался педагогом и студентом для освоения новых знаний.

*Ключевые слова:* рабочая тетрадь, средства обучения, самостоятельная работа, студент.

## **WORKBOOK AS A LEARNING TOOL**

**Altukhova T.A., Altukhov S.V.**

FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University,  
*Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

Currently, knowledge is beginning to play a leading role in the rapidly developing information world. As a result, worldwide emphasis is placed on the independent work of students. Independent work of students is a variety of types of individual and collective educational activities of students, carried out by them in classroom or extracurricular activities, or at home on assignments, without the direct participation of a teacher. Completing these tasks requires the student to actively think, independently solve various cognitive tasks, and apply previously acquired knowledge. Learning tools are a material or ideal object that was used by the teacher and the student to master new knowledge.

*Keywords:* workbook, learning tools, independent work, student.

По составу объектов средства обучения разделяются на материальные и идеальные. К материальным средствам относят: учебники и пособия, таблицы, модели, макеты, средства наглядности, учебно-технические средства, учебно-лабораторное оборудование, помещение, мебель, оборудование учебного кабинета, микроклимат, расписание занятий и другие материально-технические условия обучения [4].

Идеальные средства обучения – это те усвоенные ранние знания и умения, которые используются учителем и учащимся для усвоения новых знаний. Л. С. Выготский приводит такое средство обучения как речь, письмо, условные обозначения, чертежи, диаграммы, произведения искусства, мнемотехнические приспособления для запоминания и другое [7].

В процессе систематического обучения усвоенное знание становится средством усвоения новых знаний, развитие эмоциональной, волевой и интеллектуальной сферы личности. Некоторые из них оказывают существенное влияние преимущественно на интеллектуальное развитие учащихся. Они могут быть даны учителем в готовом виде в процессе объяснения темы урока.

По субъекту деятельности средства обучения можно условно разделить на средства преподавания и средства учения. Средствами преподавания пользуется в основном учитель для объяснения и закрепления учебного материала, а средствами учения – учащиеся для его усвоения. В то же время часть средств обучения может быть и тем и другим, в зависимости от этапа обучения, средства преподавания имеют существенное значение для реализации информационной и управляющей функций учителя. Они помогают возбудить и поддерживать познавательные интересы учащихся, улучшают наглядность учебного материала, делают его наиболее доступным, обеспечивают более точную информацию об изучаемом явлении, интенсифицируют самостоятельную работу и позволяют вести её в индивидуальном темпе. Их можно разделить на средства объяснения нового материала, средства закрепления и средства контроля [4].

В настоящее время возможности самостоятельной работы постоянно расширяются. Существует много форм самостоятельной работы. Одной из них является использование рабочей тетради, позволяющее высвободить больше времени для применения самостоятельной работы и вместе с тем сделать ее более посильной. Рабочая тетрадь – особый жанр учебной литературы, призванный активизировать познавательную деятельность учащихся. Рабочие тетради, включающие в себя определенным образом выстроенную систему вопросов и заданий, могут и должны быть включены в учебный процесс. Цель рабочей тетради – способствовать повышению эффективности обучения студентов и уровня их творческого развития. Внедрение этого пособия в практику учебного процесса должно решать такие задачи, как развитие мышления учащихся; более прочное усвоение теоретических положений, а так же приобретение практических умений и навыков решений не только типовых, но и развивающих, творческих задач; овладение алгоритмами решения основополагающих задач школьного курса; контроль за ходом обучения школьников конкретной учебной дисциплине и формирование у них умений и навыков самоконтроля [4]. Рабочая тетрадь должна отвечать определенным требованиям: отражать все темы курса учебной дисциплины; быть понятной, доступной и интересной каждому учащемуся, а значит, содержать дифференцированные задания, рассчитанные на тех, кто с большим трудом воспринимает и усваивает материал; стать "настольной книгой" студента по данной дисциплине, сочетающей в себе краткий справочник по теории, сборник задач и упражнений, тетрадь для классной или домашней работы, регулярно проверяемой преподавателем. Таким образом, современная рабочая тетрадь – это дидактический комплекс, предназначенный для самостоятельной работы учащихся в аудитории и дома непосредственно на ее страницах. Это позволит сэкономить время, что обеспечит возможность решения большего числа различных задач за меньшее количество времени и, как следствие, положительно скажется на качестве подготовки. Чтобы студент мог осознанно и самостоятельно выполнять задания, он должен знать основные

теоретические положения прорабатываемой темы. Поэтому в рабочие тетради имеет смысл включить кратко сформулированные основные теоретические сведения по данной теме или разделу, на основе которых учащийся мог бы наблюдать, искать, доказывать, проверять, экспериментировать, открывать и обобщать. Удобно, если эти сведения будут у учащегося "под рукой", т. е. на первой странице. Это позволит ему чаще обращаться к теоретическим вопросам темы, что облегчит решение задачи на первом этапе. В рабочую тетрадь введены условные обозначения, которые позволяют акцентировать внимание студентов на отдельных видах учебно-познавательной деятельности [6]. Изучение каждой темы начинается с вводной лекции. Конспект представляет собой последовательное раскрытие вопросов темы, логику содержания, взаимосвязи и зависимости отдельных понятий, материал расположен в удобном для использования виде, конспект содержит иллюстрации, которые служат для лучшего восприятия информации, текст конспекта удобно читаем с помощью разных выделений, например, шрифтом, интервалами между строками, нумерацией [2]. Первичное изложение материала преподаватель может осуществлять без рабочей тетради, но по ходу объяснения студентам необходимо делать пометки в месте для записей [8]. По окончании лекции преподаватель должен кратко повторить основные положения темы, внесенные в конспект. Затем студенты приступают к работе с вопросами, заданиями для контроля и самоконтроля, которые расположены после конспекта в каждой теме. Все задания разнообразны по своим видам и формам, где студентам необходимо дать свой ответ. Также в рабочей тетради предусмотрены домашние задания [3]. По каждой теме студенты могут написать рефераты, темы приложены в рабочей тетради [3]. В конце рабочей тетради предусмотрен контроль по темам. По каждой теме составлены вопросы с вариантами ответов. Контроль может проводиться в конце изучения всего раздела или на следующем уроке после пройденной темы.

Возможны разные варианты использования рабочей тетради в учебном процессе. Приведем лишь некоторые из них:

1) Применение рабочей тетради для закрепления теоретического материала. Сначала дается подробное изложение учебного материала лекции без рабочей тетради, затем краткое повторное изложение по рабочей тетради, и, наконец, выполнение заданий по теме. Происходит гарантированное усвоение содержания всеми студентами. Цель повторного изложения – сконцентрировать внимание студентов на самом главном в новом материале, подчеркнуть важнейшие связи между его компонентами.

2) Использование рабочей тетради в совокупности с методическими указаниями для выполнения лабораторно-практических занятий. Студенты изучают определенную тему по методическим указаниям совместно с преподавателем, а основные моменты заносятся в рабочую тетрадь [4].

3) Студенты предварительно изучают рабочую тетрадь до лекции по литературным источникам, выданным заранее. Затем на занятии, кратко

повторяют изученную тему с преподавателем, разбирают непонятные вопросы, выполняют задания, предложенные в рабочей тетради.

4) Использование рабочей тетради для заочного обучения. Студенты самостоятельно изучают курс по конспекту в рабочей тетради, выполняют задания, контроль по темам. В данном случае рабочую тетрадь необходимо дополнить теоретическим материалом, чтобы у учащихся не возникало проблем с поиском литературы.

5) Групповое выполнение заданий в рабочей тетради. Чтобы не возникло переписывания заданий из рабочей тетради, студентам предлагается выполнять их коллективно. Данный подход позволяет организовать работу учащихся в группе [11]. Рабочая тетрадь обеспечивает [10], возможности для реализации целей и задач по изучению предмета, она нацелена на закрепление, обобщение и проверку знаний учащихся, на формирование их познавательных и творческих способностей, углубление интереса к механизации животноводства. Рабочая тетрадь может служить пособием как для организации учебной деятельности студентов на уроках, так и для выполнения ими домашнего задания и последующей проверки их знаний преподавателем.

#### Список литературы

1. Алтухова, Т.А. Формы и методы обучения, используемые при формировании профессиональных компетенций студентов /Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника, Иркутск, 20 января 2023 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023.С.4-5. EDN: NBPJWP

2. Алтухова, Т.А. Разработка и применение электронного учебного пособия на основе гипертекстовой технологии для оптимизации учебного процесса по дисциплине «Предметно-ориентированные информационные системы» / Т.А. Алтухова, А.Э. Бузина, Т.С. Бузина// Вестник ИрГСХА.2017. №81-1. С.67-74

3. Алтухова, Т.А. Показатели качества образования /Т.А. Алтухова, Д.С. Алтухов// Современные наукоемкие технологии.2010. №7. С.232-234.

4. Алтухов, С.В. Самостоятельная работа студентов при изучении общепрофессиональных дисциплин с использованием ЭВМ / С.В. Алтухов // Актуальные вопросы аграрной науки. 2021.№38. С.26-33.

5. Алтухов, С. В. Проблемы общепрофессиональной подготовки студентов Иркутского ГАУ / С. В. Алтухов, Т. А. Алтухова, Ю. Д. Очирова // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 242-245. – EDN ABQBCX.

6. Бодякина, Т. В. Кейс-технологии в образовании / Т. В. Бодякина, Н. Р. Бекирова // Цифровизация в системе образования: теоретические и прикладные аспекты : сборник тезисов региональной научно-практической конференции, Иркутск, 27 сентября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 11-14. – EDN PVKGFY.

7. Елтошкина, Е. В. Научно-познавательная деятельность студентов как одна из основ подготовки компетентностного специалиста / Е. В. Елтошкина // Актуальные вопросы научных исследований : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, Саратов, 10 апреля 2023 года / Научно-образовательная платформа "Цифровая наука". – Саратов: Научно-образовательная платформа "Цифровая наука", 2023. – С. 430-439. – EDN GCQRLJ.

8. Сухаева, А.Р. Рациональное использование нетрадиционных форм обучения в учебном процессе / А.Р. Сухаева, Т.А. Алтухова // в сборнике: Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК. Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича. Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. Молодежный, 2022.С.367-372.

9. Чубарева, М.В. Методика проведения контроля знаний в игровой форме на примере сценки по дисциплине «Психология» / М.В. Чубарева, А.К. Корниенко// в сборнике: Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов. Сборник материалов XIII международной научно-практической конференции. Москва, 2022.С.125-130.

10. Чубарева, М. В. Анализ игровых форм получения новых знаний студентов / М. В. Чубарева, А. К. Корниенко // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника, Иркутск, 20 января 2023 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 55-58. – EDN AQEOMS.

11. Смелик, В.А. Создание системы профессионально-общественной аккредитации образовательных программ аграрного профиля в России // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2016. – Т. 1. – С. 135-137.

**УДК 378.147**

**ОРГАНИЗАЦИЯ СРС ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИКА»  
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 35.03.06 «АГРОИНЖЕНЕРИЯ»  
В ИРКУТСКОМ ГАУ**

**<sup>1</sup>Е.В. Елтошкина, <sup>1</sup>Бодякина Т.В., <sup>2</sup>Павлова Е.Б.**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского.  
*п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

*г. Улан-Удэ, республика Бурятия, Россия*

В настоящее время Российское государство остро нуждается в сельхозпроизводителях с высоким уровнем и качеством высшего образования. Один из основных вопросов, связанный с обеспечением кадрами агропромышленные комплексы и сельхозпроизводителей, является важнейшим приоритетом государственной социально-экономической политики.

В статье представлены методы организации и контроля самостоятельной работы студентов, что позволяет повысить интерес к дисциплине математика. Необходимо больше времени уделять на изучение приложений высшей математики к задачам из

практической жизни, на анализ и расшифровку полученных результатов, а также методам принятия решений. При изучении математики предложенным образом, у студентов происходит переоценка ценностно-смысловых аспектов математики.

*Ключевые слова:* математика, самостоятельная работа, сельхозпроизводители, метод, контроль.

## **ORGANIZATION OF INDEPENDENT WORK IN THE DISCIPLINE “MATHEMATICS” FOR SPECIALTY 35.03.06 “AGROENGINEERING” IN IRKUTSK GAU**

**<sup>1</sup>E.V. Eltoshkina, <sup>1</sup>T.V. Bodyakina, <sup>2</sup>E.B. Pavlova**

<sup>1</sup>FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University,

*Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education East Siberian State University of Technology and Management, *Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia*

Currently, the Russian state is in dire need of agricultural producers with a high level and quality of higher education. One of the main issues related to the provision of personnel to agro-industrial complexes and agricultural producers is the most important priority of state socio-economic policy.

The article presents methods for organizing and monitoring students' independent work, which allows them to increase interest in the discipline of mathematics. It is necessary to devote more time to studying the applications of higher mathematics to problems in practical life, to analyzing and deciphering the results obtained, as well as decision-making methods. When studying mathematics in the proposed way, students reassess the value and semantic aspects of mathematics.

*Key words:* mathematics, independent work, agricultural producers, method, control

В настоящее время Российское государство остро нуждается в сельхозпроизводителях с высоким уровнем и качеством высшего образования для повышения внутренней экономики страны. Один из основных вопросов, связан с обеспечением кадрами агропромышленные комплексы и сельхозпроизводителей, является важнейшим приоритетом государственной социально-экономической политики [1, 2].

Между тем, на сегодняшний день, остаются нерешенными вопросы, связанные с формированием и развитием кадрового потенциала отрасли, среди которых ученые и практики отмечают недостаточно эффективно организованную систему подготовки кадров для аграрного сектора, слабую закрепляемость кадров к конкретному сельхозпроизводителю, профильную ориентируемость учебного процесса [3, 5].

В связи с уменьшением аудиторных часов в треть на изучение дисциплины «Математика» в учебном плане инженерной специальности 35.03.06 «Агроинженерия» перед нами встает одна из основных задач планирования и организации самостоятельной работы для эффективного изучения математики и прикладных вопросов математики. Таким образом,

перед каждым преподавателем встает дилемма тщательного планирования календарного плана дисциплины и разделов самостоятельной работы [4, 7].

Для организации самостоятельной работы студентов по математике сотрудниками кафедры «Математика» Иркутского ГАУ Быковой М.А., Елтошкиной Е.В., Овчинниковой Н.И. изданы учебные пособия «Математика» 1 часть и 2 часть в издательстве «Колосс», которые позволяют дать не только теоретическую часть изучаемого материала, но и позволяет провести промежуточный контроль в виде индивидуальных заданий, при этом прилагается разбор типового варианта по каждой теме, а также представлены теоретические и практические тесты. В будущем планируется выпустить еще две части [6, 8].

Подтолкнуло к созданию серии таких учебных пособий низкая школьная математическая подготовка студентов, не готовых к самостоятельному изучению высшей математики, а также огромное количество электронных учебников, содержащих разные разделы и разные методы компоновки учебного материала, что еще больше их запутывает.

Но для того, чтобы закрепить знания по каждому разделу следует провести цифровизацию составленных тестов по теории и практике, то есть компьютеризировать, при этом применять не только линейные модели, но и модели с разветвлением и кейс-заданиями. При этом результаты тестирования по каждому разделу представить основными дидактическими единицами изучаемой дисциплины в индивидуальном рейтинге студента. Результаты тестирования каждый преподаватель может использовать для эффективного отбора студентов для научно-исследовательской работы по изучению прикладных вопросов математики в различных изучаемых инженерных дисциплинах. На ряду с индивидуальными контрольными работами, тестированием необходимо проводить устные опросы, коллоквиумы по теории для закрепления полученных знаний, что не очень любят студенты, но зато дает возможность преподавателю проследить индивидуальные знания, без помощи друга или репетитора [9, 10].

Контроль уровня знаний студентов – это основной объект практической деятельности лектора, с помощью которого выявляются недостатки и достоинства классических, инновационных и цифровых методов обучения. А также, контроль позволяет установить взаимосвязь между достигнутыми и планируемыми уровнем знаний студентов, получаем наглядную информацию для принятия решения по управлению процессом образования будущих инженеров.

В учебно-профессиональной деятельности на каждом этапе используется один из видов контроля: входной, текущий, тематический и итоговый.

Входной контроль направлен на выявление знаний, умений и навыков студентов, полученных в школе или колледже по математике. В основном индивидуальная степень подготовленности студентов по математике низкая, а в особенности у иностранных студентов. Направленно на устранение

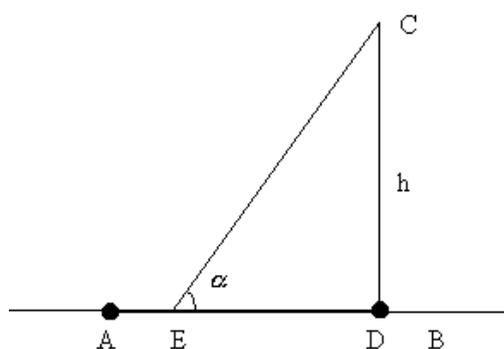
пробелов в знаниях и умениях по отдельным разделам применяемыми в дальнейшем во время консультаций. А для иностранных студентов кафедрой математики предлагается ввести дополнительные курсы изучения школьной математики.

Текущий контроль нацелен на проверку усвоения предыдущего материала, и помогает проверить усвоение предыдущего материала и полноту восприятия, запоминания и понимания теоретического материала.

Тематический контроль осуществляется периодически как в устной, так и в письменной форме. Предназначен для систематизации, выявления причинно-следственных связей между познаваемыми объектами. В данном случае студентам предлагается решать задачи следующего содержания:

Пример. Каким должен быть угол примыкания  $\alpha$  (рисунок 1) дороги  $CE$  к автомагистрали  $AB$ , чтобы затраты времени на перевозки по маршруту  $AEC$  были наименьшими, если скорость движения автомобилей по магистрали планируется равной  $V_m$ , а по подъездной дороге –  $V_a$  ( $V_m > V_a$ ).

*Решение:*



Проведем из точки  $C$  перпендикуляр к прямой  $AB$  и обозначим длину отрезка  $CD$  через  $h$ , а длину отрезка  $AD$  через  $l$ . Тогда получим:  $CE = \frac{h}{\sin \alpha}$ ,  $DE = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha$ .

Отсюда находим время движения автомобиля по маршруту  $AEC$ :  $t = \frac{l}{V_m} - \frac{h \operatorname{ctg} \alpha}{V_m} + \frac{h}{V_a \sin \alpha}$ .

Рисунок 1 – Геометрическое представление условия задачи

Так как точка  $A$  в наших рассуждениях зафиксирована условно, определяя лишь направление движения по магистрали, то  $\alpha$  может изменяться в промежутке  $\left(0; \frac{\pi}{2}\right)$ .

Задача свелась к отысканию наименьшего значения функции  $t(\alpha)$  на указанном промежутке.

Найдем производную:  $t'(\alpha) = \frac{h}{V_a \sin^2 \alpha} \left( \frac{V_a}{V_m} - \cos \alpha \right)$ .

Так как  $0 < \frac{V_a}{V_m} < 1$ , то производная на рассматриваемом промежутке обращается в нуль лишь в одной точке  $\alpha_0 = \arccos\left(\frac{V_a}{V_m}\right)$ .

Причем  $t'(\alpha) < 0$  при  $\alpha \in (0; \alpha_0)$  и  $t'(\alpha) > 0$  при  $\alpha \in \left(\alpha_0; \frac{\pi}{2}\right)$ .

Это означает, что на промежутке  $(0; \alpha_0]$  функция  $t$  убывает, а на промежутке  $[\alpha_0; \frac{\pi}{2})$  – возрастает. Следовательно, рассматриваемая функция  $t$  при  $\alpha = \alpha_0$  достигает наименьшего значения.

*Ответ:* Угол примыкания определяется по формуле  $\alpha_0 = \arccos\left(\frac{V_a}{V_m}\right)$ .

Итоговый контроль проводится в конце учебного семестра в виде теста, а также экзамена или зачета.

При проведении независимой оценки качества подготовки обучающихся в Иркутском ГАУ результаты тестирования показали, что у всех обучающихся сформировалась общепрофессиональная компетенция ОПК- 1 «Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий» (рисунок 1).

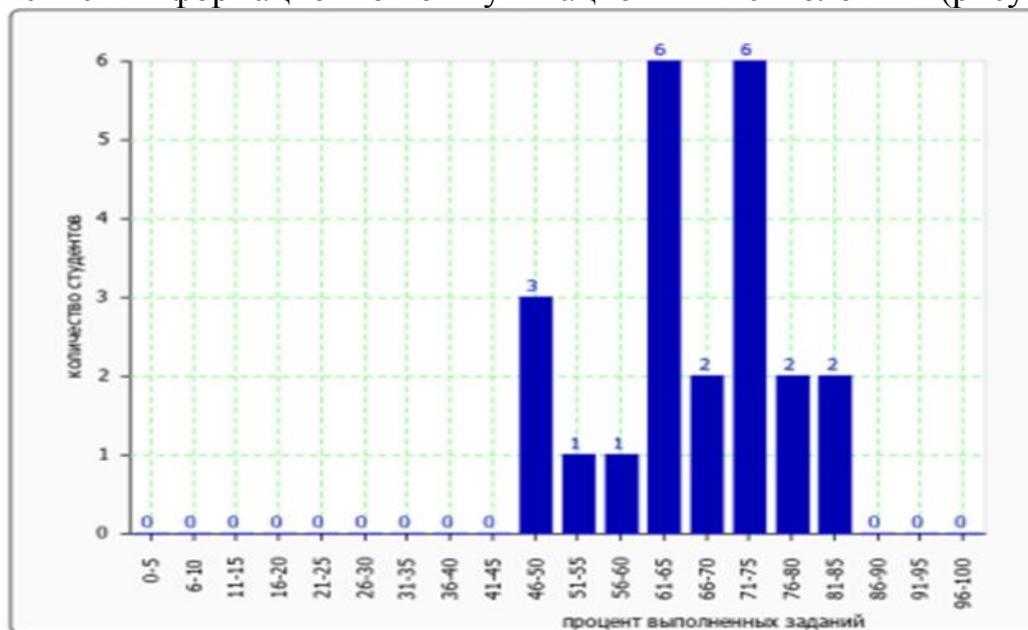


Рисунок 1 – Гистограмма распределения результатов независимой оценки качества подготовки студентов подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» в части сформированности общепрофессиональной компетенции ОПК- 1 (ФГОС 3 ++)

Таким образом, для повышения интереса к дисциплине математика, нужно больше времени уделять на изучение приложений высшей математики к задачам из практической жизни, на анализ и расшифровку полученных результатов. При изучении математики подобным образом, у студентов происходит переоценка ценностно-смысловых аспектов математики, и формируется видение путей дальнейшего использования умений, навыков и знаний в дисциплинах профильного направления. Только в этом случае студенты переходят от пассивной роли в учебном процессе к активной, и происходит один из основных методов обучения - диалог, и достигается основная цель при обучении математики - овладение профессиональной

компетенции 1 для идентификации, формирования и решения технических и технологических задач агроинженерии.

### Список литературы

1. Бодякина, Т. В. Профессиональная компетентность педагога в современном обществе / Т. В. Бодякина, Е. В. Елтошкина, Л. И. Санеева // Роль преподавателя в современном вузе : Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 21–24 марта 2017 года. Том 3. Выпуск 24 – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2017. – С. 205-212. – EDN YZDMOL.

2. Бутырин, П. А. Трансформации высшего электротехнического образования в России. Цифровизация образования / П. А. Бутырин // Электричество. – 2022. – № 5. – С. 4-9. – DOI 10.24160/0013-5380-2022-5-4-9. – EDN HTDCFU.

3. Гольшева, С. П. Креативность мышления в математической подготовке студентов - шаг к успешной профессиональной деятельности / С. П. Гольшева // Актуальные вопросы образования. – 2023. – С. 35-40.

4. Гольшева, С.П. Роль и задачи профессионально ориентированного обучения математике студентов аграрного вуза / С. П. Гольшева // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке. – 2023. – Т. 1. – С. 307-308.

5. Елтошкина, Е. В. Применение цифровых технологий при дистанционном обучении иностранных студентов / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве: Материалы национального форума с международным участием, Иркутск, 26–29 сентября 2023 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 43-48. – EDN WCKPHY.

6. Ли Яцзюань. Профессиональное развитие педагога в условиях цифровизации образования / Ли Яцзюань // Профессиональное образование и общество. – 2021. – № 3(39). – С. 208-212. – EDN IPTCRR.

7. Павлова, Е. Б. Эффективные приемы и методы подготовки учащихся к успешной сдаче ЕГЭ по математике / Е. Б. Павлова, Е. Н. Булгатова, Е. В. Елтошкина // Математика, ее приложения и математическое образование (мпмо23) : Материалы VIII Международной конференции, Улан-Удэ, 26 июня – 01 2023 года. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2023. – С. 171-173. – DOI 10.53980/9785907599970\_171. – EDN FYDVVW.

8. Полякова, Е. С. Цифровизация образования как главный тренд российского образования / Е. С. Полякова // Современные тенденции развития молодёжной среды: проблемы, вызовы, перспективы: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 16 марта 2022 года. – Нижний Новгород: Нижегородская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2022. – С. 208-211. – EDN QUVRXP.

9. Рык, М. М. Анализ программ для создания учебных тестов / М. М. Рык, М. В. Чубарева // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции: в IV томах, Иркутск, 17–18 февраля 2022 года. Том IV. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 166-174. – EDN XRGVFS.

10. Санеев, Э. Л. Цифровизация образования: достоинства и недостатки / Э. Л. Санеев, Л. И. Санеева, С. Р. Самбуева // Проблемы цифровизации образования в высшей школе : Материалы международной научно-методической конференции, посвященной 60-летию ВСГУТУ, Улан-Удэ, 15–18 марта 2022 года. Том Выпуск 29. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2022. – С. 411-415. – EDN YTDPCQ.

УДК 54(07)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ХИМИЯ»

**Ильина Л.П.**

ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени  
В.Р. Филиппова»

*г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия*

В данной статье описано использование оборудования в процессе обучения дисциплины «Химия» во время проведения лекционных, практических и лабораторных занятий. Новое оборудование было закуплено в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030. Дальний Восток». Были приобретены интерактивные доски для лекционных и практических занятий, а так же оборудования для проведения лабораторных работ: аналитические весы, технические весы, муфельная печь, сушильный шкаф, центрифуга, рН-метр, рефрактометр, вакуумный насос, водяная баня. Применение нового лабораторного оборудования позволяет более комфортно проводить лабораторные занятия. В отличие от старого оборудования новые приборы имеют дополнительные панели управления, дисплеи с подсветкой. Были приобретены также интерактивные доски. Работа с интерактивными досками предоставляет больше возможностей. Позволяет преподавателю рисовать, писать формулы, делать записи поверх любых приложений и веб-ресурсов, а также позволяет сохранять и распечатывать изображения на доске, включая любые записи, сделанные во время лекции. Использование интерактивной доски удобно для проведения лекции и практических занятий, а также для проведения лабораторных работ. Лекции выполняют функцию основного источника информации. Мультимедийные лекции имеют большие преимущества, так как носят объяснительно-иллюстративный характер. Количество демонстративных таблиц, графиков, рисунков, картин, фотографий увеличивается в несколько раз. Работать с интерактивной доской удобно также на практических занятиях, так как появляется возможность работать с доской у обучающихся. По темам «Строение атома» и «Химическая связь» оправдано использование компьютера, так как дает наглядное представление объектов и явлений микромира. Для обучающихся предусмотрены макеты, когда каждый может своими руками смоделировать заданную молекулу. Знания по химии, для применения на практических занятиях, обучающиеся получают по материалам лекции, а также при чтении учебного материала из электронного ресурса библиотеки на официальном сайте академии. На практических занятиях также решаем задачи и пишем уравнения реакций, используя задачки по химии. Лабораторная работа носит познавательный и исследовательский характер, поскольку, выполняя ее, обучающиеся становятся активными участниками, работая в коллективе, получают знания или закрепляют уже полученные. На занятиях используется химическая посуда, реактивы и химическое оборудование для экспериментальных работ. Для выполнения лабораторных работ можно также активно использовать интерактивную доску для просмотра химической посуды, химического опыта, для демонстрации которого нет условий или реактивов в данной лаборатории. Во время демонстрационного эксперимента нового материала у слушателей формируется точные понятия о веществах, химических процессах и природных явлениях за короткий промежуток времени. Данный этап химического эксперимента учит выполнять лабораторные опыты, отдельные приемы и операции. Основным этапом занятия является выполнение работы обучающимися. Здесь наблюдается постепенное повышение самостоятельности от проведения опыта под руководством преподавателя до самостоятельной работы на своих рабочих местах. Использование новых средств

обучения, такие как интерактивная доска, в процессе преподавания дисциплины «Химия» усиливает подачу материала и предоставляет больше возможностей для взаимодействия преподавателя с обучающимися. Удобно ее использовать для проведения лекционных, практических занятий, а также лабораторных работ. Применение нового лабораторного оборудования, приобретенного в рамках реализации программы «Приоритет – 2030. Дальний Восток» позволяет более комфортно проводить лабораторные занятия.

*Ключевые слова:* химия, лекции, практические и лабораторные занятия, интерактивная доска, лабораторное оборудование.

## **ORGANIZATION OF THE LEARNING PROCESS OF THE DISCIPLINE "CHEMISTRY" USING TECHNICAL MEANS**

**L.P. Ilyina,**

*Buryat State Academy of Agriculture named after V. R. Philippov, Ulan-Ude, Russia*

This article describes the use of equipment in the process of teaching the discipline "Chemistry" during lectures, practical and laboratory classes. The new equipment was purchased as part of the implementation of the strategic academic leadership program "Priority 2030. The Far East." Interactive whiteboards for lectures and practical classes were purchased, as well as equipment for laboratory work: analytical scales, technical scales, muffle furnace, drying cabinet, centrifuge, pH meter, refractometer, vacuum pump, water bath. The use of new laboratory equipment allows you to conduct laboratory classes more comfortably. Unlike the old equipment, the new devices have additional control panels, backlit displays. Interactive whiteboards were also purchased. Working with interactive whiteboards provides more opportunities. It allows the teacher to draw, write formulas, make notes on top of any applications and web resources, and also allows you to save and print images on the blackboard, including any notes made during the lecture. The use of an interactive whiteboard is convenient for lectures and practical classes, as well as for laboratory work. Lectures serve as the main source of information. Multimedia lectures have great advantages, as they are explanatory and illustrative in nature. The number of demonstrative tables, graphs, drawings, paintings, photographs increase several times. It is also convenient to work with an interactive whiteboard in practical classes, as students have the opportunity to work with the whiteboard. On the topics "The structure of the atom" and "Chemical bonding", the use of a computer is justified, since it provides a visual representation of objects and phenomena of the microcosm. Mockups are provided for students, when everyone can model a given molecule with their own hands. Students receive knowledge in chemistry for use in practical classes based on lecture materials, as well as when reading educational material from the electronic library resource on the official website of the academy. In practical classes, we also solve problems and write reaction equations using chemistry problem books. Laboratory work is cognitive and research in nature, because by doing it, students become active participants, working in a team, gain knowledge or consolidate what they have already learned. The classes use chemical utensils, reagents and chemical equipment for experimental work. To perform laboratory work, you can also actively use an interactive whiteboard to view chemical dishes, chemical experience, for which there are no conditions or reagents in this laboratory. During the demonstration experiment of the new material, students form accurate concepts about substances, chemical processes and natural phenomena in a short period of time. This stage of the chemical experiment teaches you to perform laboratory experiments, individual techniques and operations. The main stage of the lesson is the performance of work by students. There is a gradual increase in independence from conducting an experience under the guidance of a teacher to working independently at their workplaces. The use of new learning tools, such as an interactive whiteboard, in the process of

teaching the discipline "Chemistry" enhances the presentation of the material and provides more opportunities for the teacher to interact with students. It is convenient to use it for lectures, practical classes, as well as laboratory work. The use of new laboratory equipment purchased as part of the implementation of the Priority 2030 program. The Far East" allows you to conduct laboratory classes more comfortably.

*Keywords:* chemistry, lectures, practical and laboratory classes, interactive whiteboard, laboratory equipment.

Для обучающихся Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова на технологическом факультете предусмотрена дисциплина «Химия». Направления подготовки: «Зоотехния», «Биология», «Водные биоресурсы и аквакультура», «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Дисциплина «Химия» является обязательной на 1 курсе очной и заочной формы обучения. Преподавание химии в вузе имеет свою специфику. Необходимо сочетать теоретический и практический материал с лабораторными работами, так как в состав дисциплины включены следующие виды занятий: лекционные, практические, лабораторные. Необходимо также привести содержание учебного материала с новыми технологиями, связать большой объем информации с формированием у обучающихся умений применять знания в различных условиях (на практических и лабораторных занятиях), осуществлять проверку качественных и количественных зависимостей в рамках лабораторных занятий. Это позволяет обучающимся развивать общепрофессиональную компетентность:

а) дает возможность решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов химии с применением информационно-коммуникационных технологий согласно ОПК-1;

б) обосновывать и реализовывать в профессиональной деятельности современные технологии с использованием приборно-инструментальной базы и использовать основные естественные и профессиональные понятия, а также методы при решении общепрофессиональных задач согласно ОПК-4;

в) дает способность к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности согласно ОПК-5;

г) использовать в профессиональной деятельности основные законы химии, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии согласно ОПК-6.

В результате изучения дисциплины «Химия» обучающийся должен знать: закономерности протекания химических процессов; особенности химической связи в различных химических соединениях; свойства важнейших классов неорганических соединений во взаимосвязи с их строением и функциями. Должен уметь: подготовить и провести химический эксперимент по изучению свойств и идентификации различных классов химических веществ; определять физико-химические константы веществ;

использовать необходимые приборы и лабораторное оборудование для проведения исследований; осуществлять подбор химических методов и проводить исследования в соответствии с профессиональными компетенциями, проводить обработку результатов эксперимента и оценивать их в сравнении с литературными данными; использовать теоретические знания и практические навыки, полученные при изучении дисциплины для решения соответствующих профессиональных задач. Должен научиться владеть: современной химической терминологией, основными навыками обращения с лабораторным оборудованием, химическими методами анализа, приемами мониторинга обменных процессов в животном организме.

Лекции в вузовской образовательной системе выполняют функцию основного источника информации. Это связано с тем, что информации по химии, а именно источников информации достаточное количество включая полный библиотечный каталог, в том числе электронную информационную систему. Кроме того, обучающийся может самостоятельно найти тот или иной учебник в интернете. На практических и лабораторных занятиях обучающиеся в первую очередь обращаются к лекциям. Поэтому современная лекция должна быть информационно насыщенной, обладать достаточным обучающим потенциалом, вызывающим интерес к предмету, активизирующим умственную деятельность и помогающим составить представление о проблеме. Лекционный материал должен содержать именно ту информацию, которая необходима на данном этапе обучения, по данной конкретной теме. При использовании лекции-визуализации все перечисленные функции сохраняются и, кроме того, для лучшего закрепления материала она наиболее наглядна по сравнению с традиционной формой чтения лекций. Мультимедийные лекции имеют большие преимущества, так как несут объяснительно-иллюстративный характер. Количество демонстративных таблиц, графиков, рисунков, картин, фотографий увеличивается в несколько раз. Чтение такой лекции сводится к развернутому комментированию просматриваемых визуальных материалов, позволяет сконцентрировать внимание на наиболее важных аспектах и особенностях содержания темы, способствовать его пониманию и усвоению [3, 5, 6, 7]. В нашей академии использование таких мультимедийных средств обучения как ноутбук, мультимедийный проектор, экран канули в прошлое. В настоящее время в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030. Дальний Восток» были приобретены интерактивные доски в кабинеты кафедры «Естественнонаучные дисциплины» и в лекционные аудитории академии.

Работа с интерактивными досками предоставляет больше возможностей. Помимо демонстрации слайдов презентации по программе PowerPoint, куда могут быть включены таблицы, рисунки, фото, картинки и короткие видео, можно усилить подачу материала за счет эффективной работы преподавателя с веб-сайтами и другими ресурсами. Можно использовать интернет и войти на сайт академии, в электронно-

библиотечные системы и найти учебник по химии в «ИНФРА-М» ZNANIUM.com («ЭБС znanium.com»), где содержится более 45489 полнотекстовых учебников, учебных пособий, монографий и журналов в основной коллекции и свыше 4 000 000 документов в открытом доступе по всем отраслям знаний. Для обучающихся 1 курса это важная информация. Это предоставляет больше возможностей для взаимодействия и обсуждения проблемных ситуаций с обучающимися. Интерактивная доска позволяет преподавателю рисовать, писать формулы, делать записи поверх любых приложений и веб-ресурсов, а также позволяет сохранять и распечатывать изображения на доске, включая любые записи, сделанные во время лекции, не затрачивая при этом много времени и сил и упрощая проверку усвоенного материала.

Работать с интерактивной доской удобно не только во время лекции, а также на практических занятиях, так как появляется возможность работать с доской у обучающихся. Они начинают работать более творчески и становятся уверенными в себе, и мне нужна клавиатура, чтобы работать с этим оборудованием, таким образом, повышается вовлеченность. Виртуальный экран способен дать более яркое, более обширное представление об изучаемом объекте. Он способен наглядно и мобильно представить то, что трудно или скучно объяснять словами. Имеется возможность писать поверх изображения, перемещать демонстрируемые проектором объекты по доске, что выводит визуальную составляющую учебных процессов на более высокий уровень. Интерактивная доска, независимо от того, где и для каких целей она применяется, является мощным инструментом визуального представления данных. На ней можно размещать большое количество разноплановой информации, плотность которой намного выше, чем на обычной доске. Знания по химии, для применения на практических занятиях, обучающиеся получают по материалам лекции, а также при чтении учебного материала [2, 4, 11, 13, 14] из электронного ресурса библиотеки на официальном сайте академии. На практических занятиях также решаем задачи и пишем уравнения реакций, используя задачки по химии [1, 9].

По темам «Строение атома» и «Химическая связь» оправдано использование компьютера, так как дает наглядное представление объектов и явлений микромира. Изображение занимает весь экран, хорошо просматривается с любого места в аудитории. Изображение строения атома - яркое и цветное, оно вызывает интерес и легко запоминается. Для обучающихся предусмотрены макеты, когда каждый может своими руками смоделировать заданную молекулу. Широкое использование анимации, химического моделирования с использованием компьютера делает обучение более наглядным, понятным и запоминающимся. При этом традиционные средства (меловая доска, тетради) используются в полном объеме. На меловой доске можно написать формулу вещества, расписать расположение электронов на внешней оболочке, показать какие орбитали приобретают

гибридную форму и как они ориентируются в пространстве на оси x, какие орбитали сохраняют свою форму. Одновременно находим изображение гибридной и не гибридной формы орбиталей на интерактивной доске с использованием интернета либо по заранее подготовленной картинке с изображением орбиталей, а также полное красочное изображение молекулы. В тетради выполняем задания, указанные в Рабочей тетради по химии, заполняем таблицу и последующие задания [10].

Таблица – Строение атома элементов

	S – сера	Cu - медь
Число электронов		
Число протонов		
Относительная атомная масса		

Состояние электрона характеризуется квантовыми числами:

1. Главное квантовое число \_\_\_\_\_
2. Орбитальное квантовое число \_\_\_\_\_
3. Магнитное квантовое число \_\_\_\_\_
4. Спиновое квантовое число \_\_\_\_\_

Для составления электронных конфигураций атомов элементов необходимо помнить о четырех принципах и правилах:

1. Принцип Паули: \_\_\_\_\_
2. Правило Гунда: \_\_\_\_\_
3. Правило наименьшей энергии: \_\_\_\_\_
4. Правило Клечковского: \_\_\_\_\_

Далее пишем электронные и электронно-графические формулы для атомов заданных элементов. По теме «Химическая связь» нужно зарисовать схему образования химической связи в молекулах заданных веществ [8, 9, 10, 12, 13].

Лабораторная работа носит познавательный и исследовательский характер, поскольку, выполняя ее, обучающиеся становятся активными участниками, работая в коллективе, получают знания или закрепляют уже полученные. Цель лабораторных работ – экспериментальное подтверждение теоретических знаний. Лабораторная работа относится к наглядным методам обучения, методам самостоятельной работы, в ходе которой обучающиеся вырабатывает определенные умения и навыки. На занятиях используется химическая посуда, реактивы и химическое оборудование для экспериментальных работ. Для выполнения лабораторных работ можно также активно использовать интерактивную доску для просмотра химической посуды, химического опыта, для демонстрации которого нет условий или реактивов в данной лаборатории. Во время демонстрационного эксперимента нового материала у слушателей формируются точные понятия о веществах, химических процессах и природных явлениях за короткий промежуток времени. Данный этап химического эксперимента учит

выполнять лабораторные опыты, отдельные приемы и операции. Основным этапом занятия является выполнение работы обучающимися. Здесь наблюдается постепенное повышение самостоятельности от проведения опыта под руководством преподавателя до самостоятельной работы на своих рабочих местах. Далее оформление работы в письменном виде в рабочей тетради согласно выданным методическим пособиям [8, 9, 10, 12, 13]. Далее подведение итогов и формулирование выводов, после чего работа сдается преподавателю на проверку. В начале семестра химические эксперименты связаны с качественным и количественным химическим анализом. Поэтому лабораторные занятия проходят с использованием химической посуды: пробирки, стаканы, колбы, фарфоровые чашки, бюретки, пипетки и т.д. Химические эксперименты связаны с работой на таких химических оборудованных, как технические и аналитические весы для взвешивания исследуемого вещества и последующего его высушивания в сушильном шкафу и определения влажности. Технические и аналитические весы оснащены цифровой панелью и дисплеем с подсветкой, что очень удобно, так как позволяет работать даже при слабом освещении. Определение влажности необходимо для установления формулы кристаллогидрата.

В рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030. Дальний Восток» были приобретены так же другие приборы для лабораторных работ: муфельная печь, сушильный шкаф, центрифуга, рН-метр, рефрактометр, вакуумный насос, водяная баня. Муфельная печь – оборудование, рабочая область которого представляет собой термостойкую полуцилиндрическую камеру из огнеупорного материала, называемую муфелем. В нее помещают для нагревания при высокой температуре тигель с осадком и фильтром, а название этой емкости происходит от немецкого слова Muffel. Используется для разложения веществ на минеральные компоненты методом их озоления для последующего взвешивания. Сушильный шкаф воздушного типа, действующей средой, которого является нагретый сухой воздух. Это оборудование необходимо в лаборатории для прогрева, прокаливания и кондиционирования различных химических материалов. Центрифуга предназначена для разделения растворов на фракции путем воздействия центробежной силы. Требуемый эффект достигается за счет осаждения веществ с различной скоростью, зависящей от массы и плотности входящих в их состав частиц. В результате самые тяжелые компоненты раствора скапливаются на дне емкости, легкие – на поверхности. рН-метр определяет уровень водородного показателя в растворах, то есть определяет раствор имеет кислую, щелочную или нейтральную среду. Рефрактометр – устройство для измерения показателя преломления. Показатель преломления растворов затем позволяет определить концентрацию. Сравнивают с дистиллированной водой. Вакуумный насос предназначен для частичного удаления воздуха из закрытых сосудов, используется для фильтрования. Водяная баня равномерно нагревает и контролирует температуру с большой

точностью, имеется панель управления с режимами установки температуры, настройки времени таймера и автоматической калибровки.

Таким образом, использование новых средств обучения, такие как интерактивная доска, в процессе преподавания дисциплины «Химия» усиливает подачу материала и предоставляет больше возможностей для взаимодействия преподавателя с обучающимися. Удобно ее использовать для проведения лекционных, практических занятий, а также лабораторных работ. Применение нового лабораторного оборудования, приобретенного в рамках реализации программы «Приоритет – 2030. Дальний Восток» позволяет более комфортно проводить лабораторные занятия.

### Список литературы

1. Апарнев, А.И. Химия. Сборник задач и упражнений: учебно-методическое пособие / А.И.Апарнев, А.А. Казакова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 80 с.
2. Аскарова, Л.Х. Химия: учебное пособие / Л.Х.Аскарова [и др]. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2020. – 160 с.
3. Бодякина, Т. В. Проблемы обучения математики в вузе / Т. В. Бодякина, Т. Б. Власова, С. Е. Васильева // Образовательные технологии и качество обучения: Материалы научно-методической конференции с международным участием, посвященной 80-летию образования ИрГСХА, Иркутск, 28–29 мая 2014 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2014. – С. 176-180. – EDN BKSLVR.
4. Вострикова, Н.М. Химия: учебное пособие / Н.М. Вострикова, Г.А. Королева. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – 136 с.
5. Голышева, С. П. Применение математического моделирования в профессионально ориентированном обучении математике студентов в аграрном вузе / С. П. Голышева // Педагогический журнал. – 2020. – Т. 10, № 4-1. – С. 289-300. – DOI 10.34670/AR.2020.74.72.091. – EDN UGPNQA.
6. Елтошкина, Е. В. Компетентностный подход при реализации дисциплины "Теория игр" / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Е. Б. Павлова // Формирование компетенций выпускников вуза: соответствие образовательным и профессиональным стандартам: Сборник статей международной научно-методической конференции. Посвящается памяти Валентины Николаевны Тришиной, Улан-Удэ, 14–16 мая 2019 года / Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. Том Выпуск 26 – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2019. – С. 439-444. – EDN HHGWMM.
7. Елтошкина, Е. В. Методы педагогики в математической подготовке будущих специалистов сельского хозяйства / Е. В. Елтошкина, А. В. Кузьмин, Т. В. Бодякина // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 336-341. – EDN OUYSMТ.
8. Методические указания к выполнению лабораторных работ по неорганической химии / В.И. Ермолаева [и др]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 103[5] с.
9. Мифтахова, Н.Ш. Химические реакции в неорганической химии. Теория и практика. / Н.Ш. Мифтахова, Т.П. Петрова. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2019. – 168 с.

10. Жамсуева, Т.Ц. Неорганическая химия [Электронный ресурс]: рабочая тетрадь / Т.Ц. Жамсуева, Л.П. Ильина, Ц.-Д.Д. Батомункуева. – Улан-Удэ: ФГБОУ ВО БГСХА, 2021. – 50 с. URL: <http://irbis.bgsha.ru/sotru/00498>.

11. Тарасенко, Е.В. Химия: учебно-методическое пособие / Е.В. Тарасенко, О.Н. Денисова. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2023. – 70 с.

12. Химия: практикум / сост. В.В. Корчагин, Р.В. Кузьменко. – Воронеж: ФКОУ ВО Воронежский ин-т ФСИН России. – 64 с.

13. Химия: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы обучающихся по специальностям и направлениям подготовки высшего образования / сост.: Т.Ц. Жамсуева, Л.П. Ильина, Ц.-Д.Д. Батомункуева. – Улан-Удэ: ФГБОУ ВО БГСХА, 2021. – 222 с. - URL: <http://bgsha.ru/art.php?i=4716>.

14. Шитова, Н.С. Химия. Вводный курс. / Н.С. Шитова. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2019. – 88 с.

## УДК 51

### ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ В ШКОЛЕ

**М.А. Кобленева, Г.И. Бодякина**

МКОУ «Худоеланская средняя общеобразовательная школа»,  
с. Худоеланское, Нижнеудинского района, Иркутской области, Россия

Большое общеобразовательное и практическое значение имеет решение задач по математике. Поиск решения экстремальной задачи развивает сообразительность, интерес и настойчивость. Экстремальными задачами называют задачи на нахождение наибольших и наименьших значений. Это такие задачи, в которых требуется провести кратчайшую дорогу, удовлетворяющую заданным условиям, или выбрать кратчайший маршрут, использующий уже имеющиеся дороги, или, наконец, выбрать место для строительства какого-либо объекта так, чтобы впоследствии транспортные расходы оказались минимальными. Подобные задачи возникают на каждом шагу, и от правильности их решения зависит очень многое. Также, имеется целый класс геометрических экстремальных задач, которые решаются своими методами без применения производной.

*Ключевые слова:* экстремальные задачи, координата, угол, расстояние.

### EXTREME CHALLENGES AT SCHOOL

**M.A. Kobleneva, G.I. Bodyakina**

MKOU "Khudoelanskaya Secondary School",  
With. Khudoelanskoye, Nizhneudinsky district, Irkutsk region, Russia

Solving problems in mathematics is of great general educational and practical importance. Finding a solution to an extreme problem develops intelligence, interest and perseverance. Extremal problems are problems of finding the largest and smallest values. These are problems in which it is necessary to construct the shortest road that satisfies given conditions, or to choose the shortest route using existing roads, or, finally, to choose a place for the construction of an object so that subsequent transportation costs are minimal. Similar problems arise at every step, and a lot depends on the correctness of their solution. Also, there is

a whole class of geometric extremal problems that can be solved using their own methods without using the derivative.

*Key words:* extremal problems, coordinate, angle, distance.

Решение задач по математике имеет большое общеобразовательное и практическое значение. Поиск решения экстремальной задачи развивает сообразительность, интерес и настойчивость [3, 5, 7]. Экстремальными задачами называют задачи на нахождение наибольших и наименьших значений. Это такие задачи, в которых требуется провести кратчайшую дорогу, удовлетворяющую заданным условиям, или выбрать кратчайший маршрут, использующий уже имеющиеся дороги, или, наконец, выбрать место для строительства какого-либо объекта так, чтобы впоследствии транспортные расходы оказались минимальными [2, 6, 9].

Рассмотрим ряд таких задач, для нашей территории, на расположение жизненно важных объектов на территории Худоеланской сельской администрации так, чтобы они были либо равноудалены от всех населенных пунктов (д. Талый Ключ, д. Кадуй и с. Худоеланское), либо данные объекты расположены на минимальном расстоянии от них. Рассмотрим их решение, используя и математический метод, при этом будем считать все населенные пункты точками, а дороги прямыми линиями [8, 10].

#### Задача 1

Для снабжения населенных пунктов села Худоеланское, деревни Кадуй и деревни Талый Ключ требуется определить местонахождение железнодорожной станции так, чтобы расстояние от нее к населенным пунктам было минимальным. Координаты населенных пунктов, для удобства занесем в таблицу (таблица 1). Координаты населенных пунктов определены по карте.

Таблица 1 - Координаты населенных пунктов

Название населенного пункта	Координаты населенных пунктов	
	X	y
Худоеланское	-0,5	0,5
Кадуй	-2	3
Талый Ключ	2	-2

Данные координаты определены с учетом системы координат и карты местности Худоеланской сельской администрации. Перефразировать задачу можно следующим образом:

Найти точку в плоскости треугольника, сумма расстояний от которой до вершин треугольника имеет наименьшее значение [1, 4].

С геометрической точки зрения это задача о точке Ферма-Торричелли. Тогда используем свойство этой точки: Когда в треугольнике имеется угол  $> 120^{\circ}$ , точка Ферма-Торричелли расположена в вершине тупого угла. Следовательно, железнодорожный вокзал должен находиться в селе Худоеланское.

Построим рисунок (рисунок 1) в данной задаче.

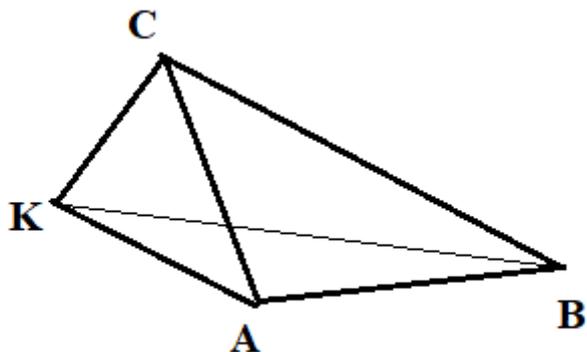


Рисунок 1 – Геометрическая интерпретация задачи 1

Дано:  $\triangle ABC$  (при построении треугольника по координатам получили  $\sphericalangle A$ -тупой).

Найти: Расположение точки  $K$ , так что  $KA + KB + KC$  - наименьшее

Решение: рассмотрим 2 случая:

Точка  $K$  лежит вне  $\sphericalangle A$  и точка  $K$  лежит внутри  $\sphericalangle A$ .

1 случай: если т.  $K$  лежит вне  $\sphericalangle A$ , то  $\sphericalangle KAB$  тупой угол или  $\sphericalangle KAC$ . В данном случае  $\sphericalangle KAB$  – тупой угол.  $KB > AB$  (т.к. в  $\triangle KAB$ , напротив большего угла лежит большая сторона). В  $\triangle ACK$  по неравенству треугольника следует  $KA + KC > AC$ . Сложим неравенства одного знака, получим:  $KA + KB + KC > AB + AC$ . Следовательно, наименьшее  $KA + KB + KC$  достигается, когда  $AB + AC$ , значит точка Ферма-Торричелли расположена в вершине  $A$ , то есть точка  $K$  совпадает с точкой  $A$ .

Рассмотрим случай, когда точка лежит внутри угла, построим чертеж по данному условию, рисунок (рисунок 2)

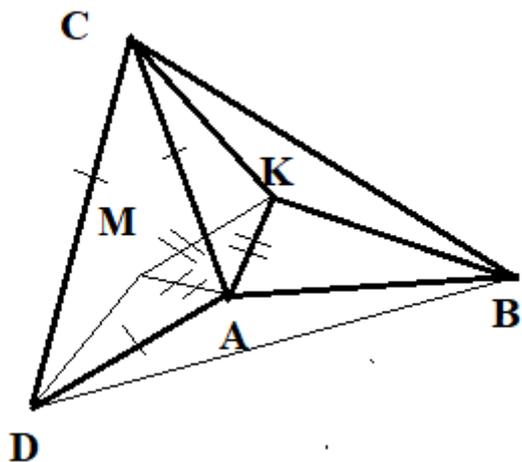


Рисунок 2 - Геометрическая интерпретация задачи 1

2случай: если т.  $K$  лежит внутри  $\sphericalangle A$ .

Преобразуем плоскость, повернем на  $60^\circ$  вокруг точки  $A$ . Точка  $K$  перейдет в точку  $M$ , точка  $C \rightarrow$  точку  $D$ .  $\triangle ACK$  перейдет в  $\triangle ADM$ .  $\Rightarrow CK =$

$MD$ ,  $AC=AD$ ,  $AK=AM$ . При повороте сохраняются расстояния между точками, а так как поворот на  $60^\circ$ ,  $\Delta KAM$  равносторонний,  $AK=AM=KM$ .

Рассмотрим четырехугольник  $BKMD$  и треугольник  $BAD$ . (сравним их периметры):  $P_{BAD} < P_{BKMD}$ .

Учитывая, что  $AB+AC=AB+AD$ ,  $AB+AD < BK+KM+MD$

$KM=AM$  (по построению),  $MD=CK$  (по построению)

$AB+AD < BK+AK+CK \Rightarrow AB+AC < BK+AK+CK \Rightarrow$  точка минимума суммы расстояний до ее вершин является точка  $A$ , следовательно точка  $K$  совпадет с точкой  $A$ . Сосчитаем по формуле  $d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ ,  $AC \approx 2,92$ ,  $AB \approx 3,54 \Rightarrow AB+AC \approx 6,46$ . Используя масштаб карты всегда можно перевести данное расстояние в километры.

Задача 2

Село Худоеланское и деревня Кадуй находятся по разные стороны от Московского тракта. Где на шоссе установить остановку автобуса, чтобы сумма расстояний от населенных пунктов до остановки была наименьшей?

Координаты населенных пунктов, для удобства занесем в таблицу (таблица 2).

Перефразировать задачу можно следующим образом:

Две точки  $A$  и  $B$  находятся по разные стороны от прямой  $a$ . Где на прямой, а надо взять точку  $C$ , чтобы сумма расстояний  $AC + CB$  была кратчайшей?

Таблица 2 - Координаты населенных пунктов

Название населенного пункта	Координаты населенных пунктов	
	X	y
Худоеланское	-0,5	0,5
Кадуй	-2	3

Построим рисунок 3 в данной задаче.

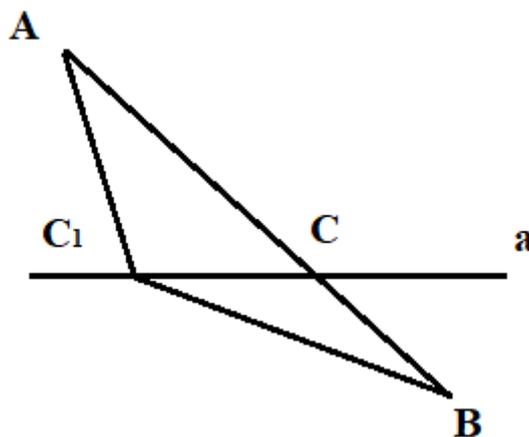


Рисунок 3 – Геометрическое представление задачи 2

Дано: Точки  $A$  и  $B$  не принадлежат прямой  $a$  и лежат по разные стороны.

Найти: Точку  $C$ , такую, что  $AC+CB$  – наименьшее.

Решение: Кратчайшее расстояние между двумя точками является отрезок, соединяющий их. Соединим данные точки отрезком  $AB$ . Точка пересечения  $AB$  с прямой  $a$  и есть т.  $C$ , такая что  $AC+CB$ - наименьшее. Докажем, что это так.

Возьмем любую другую точку на прямой  $a$ , например  $C_1$ . Докажем, что  $AC_1+C_1B > AC+CB$ . Рассмотрим  $\triangle AC_1B$ , по неравенству треугольника  $AC_1+C_1B > AC+CB$ . Следовательно  $AC+CB$ - наименьшее.

Сосчитаем по формуле  $d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$

$AC+CB = \sqrt{(-2 + 0,5)^2 + (3 - 0,5)^2} \approx 2,92$ . Используя масштаб карты, можно вычислить это расстояние.

Подобные задачи возникают на каждом шагу, и от правильности их решения зависит очень многое. Обычно экстремальные задачи, или задачи на нахождение наибольших и наименьших значений, решаются в курсе алгебры и начал анализа старших классов с помощью производной. Также, имеется целый класс геометрических экстремальных задач, которые решаются своими методами без помощи производной.

### Список литературы

1. Акбердин, Р. А. Признаки равенства треугольников и экстремальные задачи / Р. А. Акбердин, Н. С. Горшков // Математическое образование. – 2022. – № 2(102). – С. 2-8. – EDN JHTKNK.
2. Батраков, А. М. Физический этап анализа экстремальных задач по физике в старшей школе / А. М. Батраков, Э. В. Завитаев // Современные проблемы математики, физики и физико-математического образования : Материалы XII Международной научно-практической конференции, Орехово-Зуево, 30 ноября 2022 года. – Орехово-Зуево: Государственный гуманитарно-технологический университет, 2022. – С. 204-206. – EDN UOCNTQ.
3. Бодякина, Т. В. Проблемы обучения математики в вузе / Т. В. Бодякина, Т. Б. Власова, С. Е. Васильева // Образовательные технологии и качество обучения : Материалы научно-методической конференции с международным участием, посвященной 80-летию образования ИрГСХА, Иркутск, 28–29 мая 2014 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2014. – С. 176-180. – EDN BKSLVR.
4. Власов, Д. А. Методические особенности обучения экстремальным задачам в высшей экономической школе / Д. А. Власов, А. В. Синчуков // Журнал педагогических исследований. – 2018. – Т. 3, № 2. – С. 100-113. – EDN XPIKKT.
5. Елтошкина, Е. В. Привитие профессиональных компетенций при изучении математики бакалаврами экономических направлений / Е. В. Елтошкина, Л. И. Санеева, Л. И. Назарова // Математика, ее приложения и математическое образование (МПМО17) : Материалы VI Международной конференции, Улан-Удэ - Байкал, 26 июня – 01 2017 года. – Улан-Удэ - Байкал: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2017. – С. 170-174. – EDN YZDJOT.
6. Елтошкина, Е. В. Методы педагогики в математической подготовке будущих специалистов сельского хозяйства / Е. В. Елтошкина, А. В. Кузьмин, Т. В. Бодякина // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным

участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 336-341. – EDN OUYSMТ.

7. Голышева, С. П. Применение математического моделирования в профессионально ориентированном обучении математике студентов в аграрном вузе / С. П. Голышева // Педагогический журнал. – 2020. – Т. 10, № 4-1. – С. 289-300. – DOI 10.34670/AR.2020.74.72.091. – EDN UGPNQA.

8. Павлова, Е. Б. Исследовательская деятельность в процессе самореализации студентов / Е. Б. Павлова, Е. Н. Булгатова, Е. В. Елтошкина // Математика, ее приложения и математическое образование (МПМО'20) : Материалы VII Международной конференции, Улан-Удэ, 07–12 сентября 2020 года. – г.Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2020. – С. 174-175. – EDN КМВВУТ.

9. Посконных, Е. Д. Методические аспекты обучения учащихся решению экстремальных геометрических задач в школьном курсе математики / Е. Д. Посконных, Н. С. Гласман // Постулат. – 2022. – № 10(84). – EDN ARJDOQ.

10. Шумай, Т. А. Применение теории экстремума к решению прикладных задач / Т. А. Шумай, С. Е. Васильева // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXV Международной научно-практической конференции : в 2 ч., Пенза, 10 мая 2022 года. Том Часть 1. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 9-13. – EDN NRLSCS

## **УДК 378.0**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЗАНЯТИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ», КАК СРЕДСТВО МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ**

**Косарева А.В., Аносова А.И.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Уровень подготовки специалистов является одной из важных задач современного образования. Мотивация студентов к обучению одна из возможностей получить мыслящего специалиста с глубокими теоретическими знаниями, способного применять их на практике. С этой целью, нами на занятиях по дисциплине «Соппротивление материалов» на ряду с теоретическими задачами предлагается решать задачи прикладного характера, учитывающие особенности направления подготовки. Для этого разработан ряд заданий, которые студенты 2 курса инженерного факультета решают в ходе практических занятий. В статье приведен пример и показан ход решения задач такого типа. Полученные результаты позволяют с помощью наглядного изображения проанализировать работу транспортно-технологической машины и сделать выводы о ее надёжности и работоспособности в заданных условиях эксплуатации.

*Ключевые слова:* мотивация, расчет реальных конструкций, интерактивные методы обучения, нагрузки, напряжения, деформация.

# APPLICATION OF INTERACTIVE CLASSES IN STUDYING THE DISCIPLINE “STRENGTH OF MATERIALS”, AS A MEANS OF MOTIVATING STUDENTS

**Kosareva A.V., Anosova A.I.**

*Irkutsk State Agricultural University of A. A. Ezhesky, Russia, Irkutsk*

The level of specialist training is one of the important tasks of modern education. Motivating students to learn is one of the opportunities to get a thinking specialist with deep theoretical knowledge who is able to apply it in practice. To this end, in classes on the discipline “Strength of Materials,” along with theoretical problems, we propose solving problems of an applied nature, taking into account the specifics of the field of training. For this purpose, a number of tasks have been developed that 2nd year students of the Faculty of Engineering solve during practical classes. The article provides an example and shows the progress of solving problems of this type. The results obtained make it possible, using a visual image, to analyze the operation of a transport and technological machine and draw conclusions about its reliability and performance under given operating conditions.

*Key words:* motivation, calculation of real structures, interactive teaching methods, loads, stresses, deformation.

Уровень подготовки специалистов является одной из важных задач современного образования. Для реализации этой цели преподаватели высших учебных заведений применяют различные средства и методы. Одним из ключевых моментов при формировании устойчивого интереса к обучению и самостоятельной работе, является мотивация учебной деятельности [1, 2, 3]. Мотивация к приобретению новых знаний, умений и навыков позволит сформировать у студентов устойчивое стремление к систематической работе в период обучения и убеждение в способности применять полученные теоретические знания на практике [5,6,7,8,9].

Дисциплина «Соппротивление материалов» - общеинженерная. Основной задачей которой является научить будущих инженеров анализировать вопросы развития науки и техники, выбирать расчетные схемы, проводить расчеты, отыскивать оптимальные решения, связывать воедино инженерную постановку задачи, расчет и проектирование. Для решения данной задачи необходимо связать теоретические знания с решение задач прикладного характера с применением интерактивных методов обучения. Примером использования данного метода служит инженерный расчет реальных конструкций сельскохозяйственных машин и анализ их работы в реальных условиях. На рисунке 1 представлена схема сдвоенного культиватора КПЭ-3.8. Студентам 2 курса инженерного факультета предлагается рассчитать раму данного культиватора в рабочем положении.



где  $G_{K1}$  и  $G_{K2}$  - опорные реакции колес культиватора первого и второго ряда соответственно.

Силы сопротивления почвы, действующие на лапы культиватора, зависят от геометрических размеров лапы, глубины обработки и от состояния почвы, рисунок 2. Так как силы сопротивления перекачиванию составляют незначительную величину, то при расчете ими можно пренебречь.

При расчете будем считать, что величина горизонтальной составляющей пропорциональна ширине захвата лапы и удельному сопротивлению почвы [10].

$$F = q \cdot b \quad (3)$$

где  $q$  - удельное сопротивление почвы, Н/мм;

$b$  - ширина захвата лапы, мм

$a$  - глубина обработки, мм.

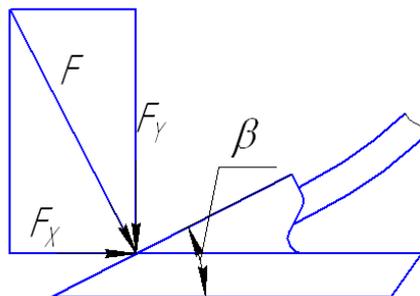


Рисунок 2 – Силы, приложенные к лапе культиватора

Кроме этого, необходимо учитывать, что величина сопротивления первого ряда стрелчатых лап примерно в два раза больше, чем для лап второго ряда [8].

Рассмотрим случай первой культивации полей с тяжелыми типами почв, на глубину 10-12 см. Тогда, с учетом расстановки лап по рядам принимаем [7]:

для первого ряда  $q=1,5$  Н/мм

для второго и третьего ряда  $q=0,75$  Н/мм

Проекцию сил сопротивления на горизонтальную ось (X) определим:

$$F_x = q \cdot b \cdot \sin \beta \quad (4)$$

где  $\beta$  - угол крошения почвы [10].

Горизонтальные составляющие сил сопротивления почвы, действующие на одну лапу культиватора, по рядам, соответственно будут равны:

$$F_{X1} = 1.5 \cdot 440 \cdot \sin 18^\circ = 203H$$

$$F_{X2} = F_{X3} = 0,75 \cdot 440 \cdot \sin 18^\circ = 103H$$

Вертикальная составляющая сил сопротивления определится по формуле:

$$F_Y = F \cdot \cos \beta \quad (5)$$

и составит на одну культиваторную лапу:

$$F_{Y1} = 1,5 \cdot 440 \cdot \cos 18^\circ = 627 \text{ Н}$$

$$F_{Y1} = 0,75 \cdot 440 \cdot \cos 18^\circ = 314 \text{ Н}$$

При расчете рамы учтем следующее. Все силы, приложенные к культиваторной лапе, согласно теореме о параллельном переносе силы приложим к раме, в местах крепления стоек стрельчатых лап. Тогда, согласно вышеупомянутой теореме необходимо добавить момент от каждой из сил, относительно точки переноса.

Учитывая это, расчетная схема будет выглядеть следующим образом, рисунок 3.

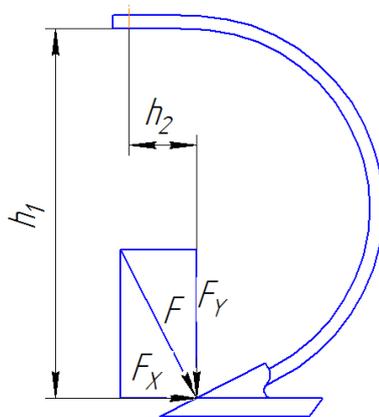


Рисунок 3 - Расчетная схема культиватора

Согласно расчетной схеме, моменты определим следующим образом:

$$M_X = F_X \cdot h_1 \quad (6)$$

$$M_Y = F_Y \cdot h_2 \quad (7)$$

Суммарные моменты соответственно будут равны геометрической сумме проекций моментов:

$$\sum M_1 = \sqrt{M_{X1}^2 + M_{Y1}^2} = 122,3 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad (8)$$

$$\sum M_2 = \sum M_3 = \sqrt{M_{X2}^2 + M_{Y2}^2} = 61,4 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad (9)$$

Приложим полученные значения сил и моментов с учетом коэффициента перегрузки к конструкции, рисунок 4 и проведем расчет на прочность в программе АПМ Win.Machine модуль Structure 3D.

Программа позволяет рассчитывать любые конструкции, состоящие из пластин, стержней и оболочек разными типами загрузений и типами закреплений. В основе расчета положен метод конечных элементов. Использование программы дает студентам наглядное представление о приложенных нагрузках и деформациях. Изображение конструкции,

нагрузок и деформаций представлено в доступной форме и позволяет варьировать нагрузками и поперечным сечением. В результате возможно решать задачи проектного, поверочного и расчета на допускаемые нагрузки.

Метод конечных элементов (МКЭ) связан с приближенной минимизацией функционала той же задачи в вариационной постановке.

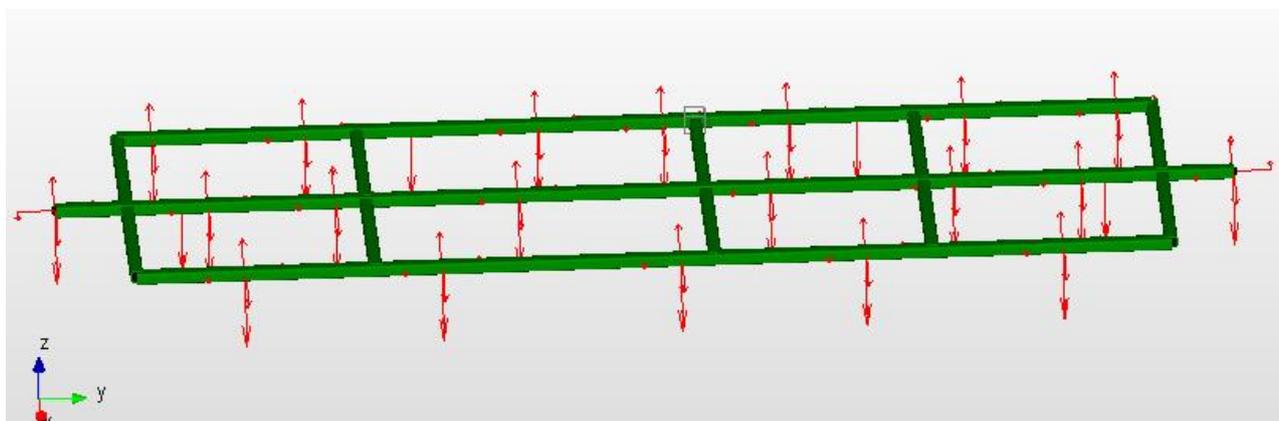


Рисунок 4 - Расчетная схема переоборудованного культиватора КПЭ-3.8

В ходе решения задачи расчета максимальной несущей способности выявлено, что максимальную нагрузку несет передняя продольная часть рамы, максимальные равны 1995Н (200кг), рисунок 5.

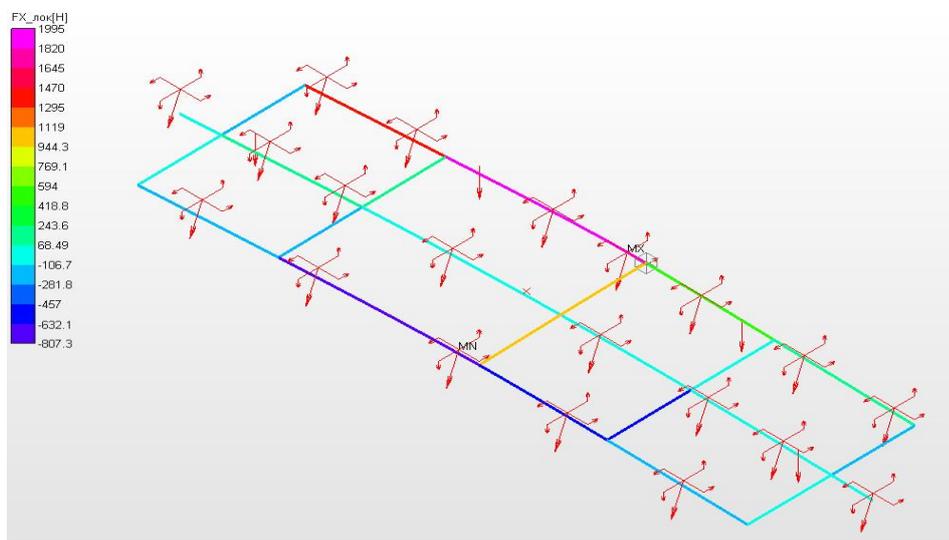


Рисунок 5- Величина и распределение нагрузки по конструкции рамы культиватора

Учитывая, что рама изготавливается из углеродистых сталей и имеет стандартное сечение, полученные в результате расчётов напряжения, рисунок 6, как в раме, так и поперечном сечении составляют соответственно: в элементах рамы не более 189 МПа и близки к пределу текучести материала ( $\sigma_T \approx 250$  МПа). В таких условиях нагружения материал будет работать в упругопластичной зоне. Напряжения в сечении составляют не более 83 МПа и не превышают допускаемой величины. При этом недонапряжение составило почти 20 % [4]. Это свидетельствует о запасе прочности несущей конструкции.

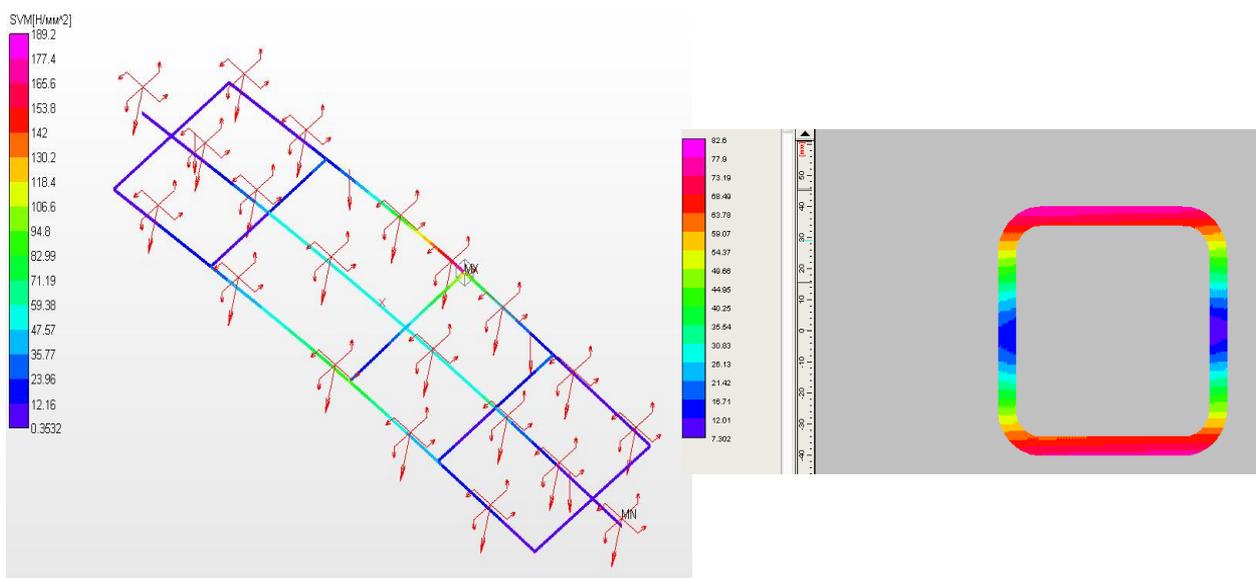


Рисунок 6 - Напряжения в элементах конструкции и поперечном сечении рамы переоборудованного культиватора

Еще одним результатом решения задачи является анализ напряжений. Согласно, полученных расчетов, исходя из условия прочности рама культиватора КПЭ-3,8 имеет запас прочности (не менее 20%) и может эксплуатироваться на любых типах почв.

Таким образом, решение таких комплексных задач позволяет прежде всего научить студентов применять полученные теоретические знания на практике, развивать интерес к выбранной профессии, стимулировать к получению специальных знаний, и главное мотивировать их к развитию интереса для дальнейшего обучения по выбранному направлению подготовки.

### Список литературы

1. Голышева, С. П. Применение математического моделирования в профессионально ориентированном обучении математике студентов в аграрном вузе / С. П. Голышева // Педагогический журнал. – 2020. – Т. 10, № 4-1. – С. 289-300. – DOI 10.34670/AR.2020.74.72.091. – EDN UGPNQA.

2. Елтошкина, Е. В. Профессиональная подготовка кадров для сельхозпроизводителей / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Н. В. Елтошкина // Актуальные вопросы образования : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию специальности «Профессиональное обучение», п. Молодежный, 05–06 октября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 56-60. – EDN IUХNBR.

3. Елтошкина, Е. В. Применение цифровых технологий при дистанционном обучении иностранных студентов / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве : МАТЕРИАЛЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ФОРУМА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ, Иркутск, 26–29 сентября 2023 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 43-48. – EDN WCKPHY.

4. Жилкин В.А. Расчеты на прочность и жесткость элементов сельскохозяйственных машин. Часть I. Теоретические основы проектирования элементов сельхозмашин: Учебное пособие. Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск, 2005.- 427 с.

5. Подготовка студентов по дисциплине начертательная геометрия и инженерная графика в условиях компьютеризации обучения.Аносова А.И., Косарева А.В. В сборнике: научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. Молодежный, 2022. С. 341-345.

6. Дисциплина начертательная геометрия и инженерная графика в подготовке агроинженеров.Селиванова М.А., Аносова А.И., Косарева А.В.В сборнике: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Молодежный, 2021. С. 105-109.

7. Результаты психологической диагностики личностно-деловых качеств студентов-выпускников иркутского аграрного университета им. А.А. Ежевского. Алтухова Т.А., Шуханов С.Н.В сборнике: Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. Сборник статей 70-й международной научно-практической конференции: в 3-х томах. Под редакцией Ю.И. Сидоренко, Н.А. Середы. 2019. С. 10-13.

8.Рациональное использование нетрадиционных форм обучения в учебном процессе. Сухаева А.Р., Алтухова Т.А.В сборнике: Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК. Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича. Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. Молодёжный, 2022. С. 367-372.

9. Методика проведения контроля знаний в игровой форме на примере сценки по дисциплине «Психология» Чубарева М.В., Корниенко А.К.В сборнике: Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов. сборник материалов xii международной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 125-130.

10. Проектирование сельскохозяйственных машин и оборудования в растениеводстве. Ставропольский государственный аграрный университет: Учебное пособие, Ставрополь: Агрус, 2017. - 66с.

**УДК 378.637:51(077)**

## **К ВОПРОСУ О ПРЕПОДАВАНИИ НЕКОТОРЫХ РАЗДЕЛОВ ГЕОМЕТРИИ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

**<sup>1</sup>Кузуб Н.М., <sup>2</sup>Зыкова Е.Э.**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ПИ ИГУ, г. Иркутск, Россия  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО ИМИТ ИГУ, г. Иркутск, Россия

Актуальность статьи обусловлена необходимостью осмысления проблемы преподавания некоторых разделов геометрии будущим учителям математики в педагогическом вузе. Это связано с модернизацией процессов в сфере российского образования в условиях изменения современной социальной сферы. В статье раскрыта проблема взаимосвязи вопросов, на которых строится обучение геометрии в средней школе, и вопросов из фундаментальной геометрии. Статья предназначена не только для преподавателей вузов, но и учителей математики, ориентированных на повышение эффективности своей педагогической деятельности.

*Ключевые слова:* обучение геометрии в вузе, геометрические преобразования, задачи на построение, группы преобразований, построение орнаментов.

## ON THE ISSUE OF TEACHING SOME SECTIONS OF GEOMETRY AT A PEDAGOGICAL UNIVERSITY

<sup>1</sup>Kuzub N.M., <sup>2</sup>Zykova E.E.

<sup>1</sup>Pedagogical Institute ISU, Russia, Irkutsk

<sup>2</sup>Institute of Mathematics and Information Technologies ISU, Russia, Irkutsk

The relevance of the article is due to the need to understand the problem of teaching some sections of geometry to future mathematics teachers at a pedagogical university. This is due to the modernization of processes in the field of Russian education in the context of changes in the modern social sphere. The article reveals the problem of the relationship between the issues on which geometry education in secondary school is based and questions from fundamental geometry. The article is intended not only for university teachers, but also for mathematics teachers who are focused on improving the effectiveness of their teaching activities.

*Keywords:* teaching geometry at a university, geometric transformations, construction tasks, transformation groups, construction of ornaments.

Немецкому математику Феликсу Клейну (1849 – 1925) принадлежит идея классификации различных отраслей геометрии согласно классам преобразований. В конце 19 века существовали различные евклидовы и неевклидовы геометрии: метрическая, проективная, аффинная геометрия и другие. В 1872 году Ф. Клейн предложил классифицировать разделы геометрии в зависимости от того, какие группы преобразований им соответствуют. Если выбранная группа является группой изометрии, то она задает евклидову геометрию; если рассматривается группа аффинных преобразований, то получим аффинную геометрию; группа проективных преобразований описывает проективную геометрию. Выдвинутая им идея переосмысления всей геометрии на основе теории преобразований получила название «Эрлангенская программа» [5, 10].

В школьном курсе геометрии используется термин «наложение или движение фигуры», когда меняется только положение этой фигуры на плоскости (или в пространстве), но расстояния между её точками

сохраняются. В этом случае получаем равные фигуры. На основе этого понятия, можно сделать вывод, что равные фигуры имеют одинаковые соответствующие отрезки или углы. Тем не менее, на уроках в школе преобразования плоскости рассматриваются на уровне определений и построения образов заданных точек [4].

Изучение различных движений плоскости важно для полного понимания такой науки как современная геометрии. Поэтому обучение студентов математического факультета Педагогического института более глубокому изучению преобразований плоскости должно способствовать их качественной профессиональной подготовки как будущих учителей математики.

Преобразования плоскости и их свойства можно изучать со студентами, не со строгого математического изложения, а с более наглядных вопросов, что повысит их интерес к процессу обучения и положительно отразится на будущей профессиональной компетенции [2].

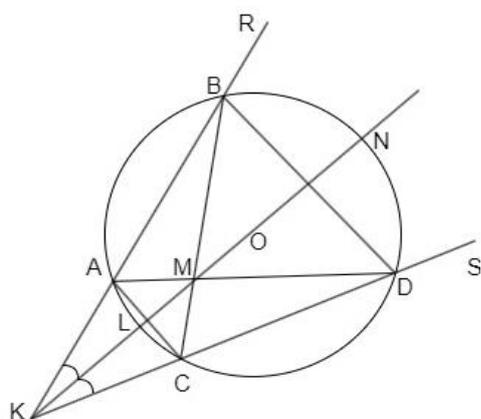


Рисунок 1

Педагогическом институте ИГУ будущие учителя – математики учатся решать задачи на построение при помощи циркуля и линейки, используя различные преобразования плоскости: центральная и осевая симметрии, параллельный перенос, поворот, гомотетия. Это тип задач позволяет студентам освоить применение различных преобразований плоскости для нахождения решения. В дальнейшем, на основе этих задач, рассматриваются методы решения задач на доказательство и на вычисление,

например, как в следующей задаче.

**Задача 1.** Окружность, центром которой является точка биссектрисы данного угла, пересекает стороны этого угла в точках  $A, B$  и  $C, D$ . Докажите, что а)  $AD = BC$ , б)  $AC \parallel BD$  [7].

*Доказательство.* а) Рассмотрим угол  $\angle RKS$ ,  $KN$  – его биссектриса. Пусть биссектриса  $KN$ , которая проходит через точку  $O$ , которая является центром заданной окружности (рисунок 1). Так как прямая  $KN$  – ось симметрии угла  $\angle RKS$  и окружности, то точки  $A, B$  и  $C, D$ , являющиеся точками пересечения окружности и сторон угла, будут симметричны, то есть  $S_{KN}(A) = C$  и  $S_{KN}(B) = D$ , где символ  $S_{KN}$  означает осевую симметрию относительно прямой  $KN$ . Тогда из условия  $\left. \begin{matrix} S_{KN}(A) = C \\ S_{KN}(D) = B \end{matrix} \right\}$  следует, что  $S_{KN}(AD) = CB$ , поэтому  $AD = BC$  (по свойству осевой симметрии).

б) Так как  $S_{KN}(A) = C$  и  $S_{KN}(B) = D$ , то, по определению осевой симметрии,  $KN$  – серединный перпендикуляр к отрезкам  $AC$  и  $BD$ . Следовательно,  $AC \parallel BD$ .

Решение геометрических задач при применении преобразований плоскости становится более рациональным и наглядным.

В ряде вопросов геометрии приходится применять не одно, а несколько преобразований плоскости, следующих друг за другом, то есть рассматривать композицию таких преобразований. Это приводит к понятию группы преобразований. Понятие группы в математике – это высокая степень абстракции, поэтому процесс его изучения можно начать с освоения группы преобразований, точнее с решения задач на нахождение композиции нескольких преобразований. Сначала рассматриваются несложные задачи, решение которых опирается на знание определения и свойств различных преобразований.

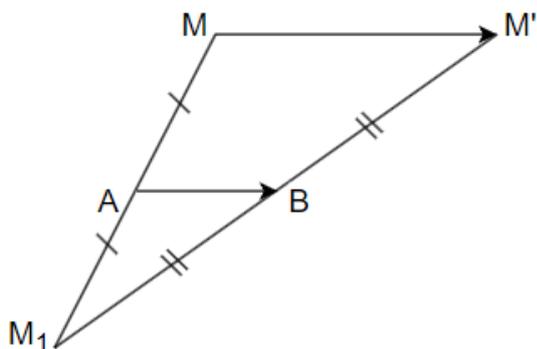


Рисунок 2

**Задача 2.** Найдите композицию двух центральных симметрий с центрами в точках  $A$  и  $B$  [9].

*Решение.* Пусть  $M$  – произвольная точка плоскости. Точка  $M$  при центральной симметрии относительно точки  $A$  отображается в точку  $M_1 = S_A(M)$ , а точка  $M_1$  отображается в точку  $M' = S_B(M_1)$  относительно точки  $B$  (рисунок 2). В треугольнике  $\triangle MM_1M'$ , вектор

вектор  $\overline{AB}$  постоянный, так как точки  $A$  и  $B$  фиксированы. Поэтому композиция двух центральных симметрий  $S_A \circ S_B$  есть параллельный перенос на вектор  $2\overline{AB}$ , то есть

$$S_A \circ S_B = T_{2\overline{AB}}.$$

От решения более простых задач можно переходить к решению более сложных, в которых используются свойства композиции заданных преобразований.

**Задача 3.** Найдите композицию центральной симметрии и параллельного переноса [9].

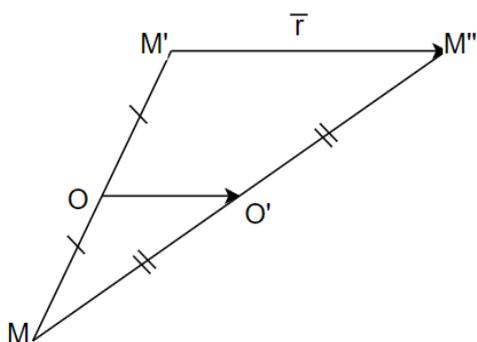


Рисунок 3

*Решение.* Рассмотрим центральную симметрию  $S_O$  относительно точки  $O$  и параллельный перенос  $T_{\vec{r}}$  на вектор  $\vec{r}$ . Пусть  $M$  – произвольная точка плоскости. Тогда  $S_O(M) = M'$ ,  $T_{\vec{r}}(M') = M''$  (рисунок 3). Согласно задаче 2, параллельный перенос  $T_{\vec{r}}(M') = M''$  можно представить, как две центральные симметрии относительно точек  $O$  и  $O'$ :

$$\begin{aligned} T_{\vec{r}}(M') &= (S_O \circ S_{O'})(M') = \\ S_{O'}(S_O(M')) &= M'', \text{ где } \overline{OO'} = \frac{1}{2}\vec{r}. \end{aligned}$$

Теперь найдем композиция центральной симметрии и параллельного переноса:

$$(S_O \circ T_{\vec{r}})(M) = T_{\vec{r}}(S_O(M)) = (S_O \circ S_{O'}) (S_O(M)) = S_{O'}(S_O(S_O(M))).$$

С учетом того, что композиция двух симметрий относительно одной и той же точки есть тождественное преобразование  $id$ , следовательно, получаем, что

$$(S_O \circ T_{\vec{r}})(M) = S_{O'}(id(M)) = S_{O'}(M) = M''.$$

Таким образом, получили, что результатом данной композиции преобразований является центральная симметрия относительно точки  $O'$ , где вектор  $\overline{OO'} = \frac{1}{2}\vec{r}$  и  $\overline{OO'} \parallel \vec{r}$ :

$$S_O \circ T_{\vec{r}} = S_{O'}.$$

Освоив данный материал, можно со студентами формулировать и доказывать теоремы о свойствах композиции преобразований. На основе этого материала можно рассматривать группу симметрий правильных геометрических фигур различного порядка, от которого можно прийти к изучению математического понятия группы. Теория групп достаточно сложна. Понятие группы, которое было задумано еще Лагранжем и позднее получило развитие усилиями Галуа, было создано для решения алгебраических уравнений и не имело геометрического смысла. Оно вовсе не предназначалось для изучения преобразований плоскости [8].



Рисунок 4 - Фотография снежинки



Рисунок 1 - Рептилии

Например, множество симметрий правильных многоугольников замкнуто и образует группу. Группа симметрий некоторого многоугольника – это группа преобразований, для которых данный многоугольник является инвариантом относительно композиции преобразований. В природе существует множество явлений, связанных с правильными многоугольниками и симметрическими группами. Один из наиболее известных примеров – снежинка, которая имеет шесть осей симметрии, поэтому описывается группой симметрии  $D_6$  (рисунок 4). Этот факт

относится ко всем движениям плоскости. Узор, составленный из повторяющихся частей, с изображением одного и того же рисунка, и который может заполнить всю плоскость, будет описываться некоторой группой.

Группа орнаментов или группа плоской симметрии – это математическая классификация повторяющихся узоров, основанная на преобразованиях плоскости [3].

Примеры бесконечной симметрии на плоскости – это паркеты, орнаменты, фризы. Орнаменты и паркеты покрывают плоскость целиком, а фризы образуют узоры в виде полосы или ленты, ограниченные краями. Орнамент можно построить, применяя к заданному многоугольнику всевозможные композиции движений. Композицией параллельного переноса и осевой симметрии является скользящая симметрия. Используя это преобразование, можно построить различные фризы [6].

Самым древним орнаментам тысячи лет. Люди давно научились покрывать поверхность с помощью одинаковых фигур. Голландский художник и график Мауриц Корнелис Эшер возвел это искусство на невообразимую до того времени высоту – это искусство и геометрия одновременно. Эшер вдохнул жизнь в мозаичные плитки, сделав их живыми, движущимися (рисунок 5) [1].

Но заполнение плоскости одинаковыми фигурами давно уже не является просто красивой картинкой. Работы Мориса Эшера могут быть иллюстрациями при изучении преобразований плоскости и их композиций, так как они строятся на основе этих преобразований.

На основе изложенного выше можно рассматривать со студентами построение орнаментов, выделение их основных элементов и используемых преобразований, в том числе опираясь на работы как современных художников, так и на работы древних архитекторов, которые украшали мозаиками и орнаментами дворцы и храмы.

Таким образом, мы показали связь между задачами школьной геометрии и абстрактными алгебраическими понятиями, на которых строится вся современная фундаментальная математика. Изучение высшей геометрии в педагогическом вузе – это не только обычное, а иногда и скучное, решение задач, а интересный процесс, который позволит расширить представление студентов об окружающем мире и мире искусства, а также будет способствовать повышению их интереса к изучению не только геометрии, но и алгебры.

#### Список литературы

1. Альберти, М., Бесконечная мозаика. Замощения и узоры на плоскости /М. Альберти. –М.: Де Агостини, 2014. – 176 с.
2. Бодякина, Т.В. Проблемы обучения математики в Вузе /Т.В. Бодякина, Т.Б. Власова, С.Е. Васильева: Материалы научно-методической конференции с международным участием, посвященной 80-летию образования ИрГСХА. – Иркутск. : ИрГСХА, 2014, с.176-180

3. Гольшева, С. П. Активизация познавательной деятельности студентов аграрного вуза посредством решения профессионально ориентированных задач в обучении математике / С. П. Гольшева // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК. – 2022. – С. 322-329.

4. Гроссман, И., Магнус В. Группы и их графы. Пер. с англ. Г.М. Цукерман. Под ред. В.Е. Тараканова. – М.: Мир, 1971. – 231 с.

5. Зыкова, Е.Э. Некоторые подходы к преподаванию геометрии в инновационных школах / Е.Э. Зыкова // Проблемы учебного процесса в инновационных школах. Сборник научных трудов. Под редакцией О.В. Кузмина. – Иркутск.: Иркутский государственный университет, 2019. с. 82-85.

6. Клейн, Ф. Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований («Эрлангенская программа»), в кн.: Об основаниях геометрии. Сборник классических работ по геометрии Лобачевского и развитию его идей. – М.: ГИТТЛ, 1956, с. 399–434.

7. Кузуб, Н.М. Об орнаментах на плоскости / Н.М. Кузуб., В.А. Циомик // Математика и проблемы обучения математике в общем и профессиональном образовании: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Педагогический институт Иркутского государственного университета, 2018. с. 145-150

8. Саранцев, Г.И. Сборник задач на геометрические преобразования/ Г.И. Саранцев. – М.: Просвещение, 1981. – 112 с.

9. Хоакин Наварро. Зазеркалье. Симметрия в математике / пер. с исп. – М.: Де Агостини, 2014. -160 с.

10. Яглом, И.М. Геометрические преобразования: В 2 т. Т.1: Движения и преобразования / И.М. Яглом – М. : ГИТТЛ, 1955 . –282 с.

**УДК 004.352:631.3-1/-9**

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Бендик Н.В., Купоржанов Д.Э.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл. Россия*

Применение технологий 3D-сканирования в сельском хозяйстве позволяет значительно упростить и ускорить процесс восстановления деталей сельскохозяйственной техники, обеспечивая точное воспроизведение деталей и минимизацию ошибок. Целью работы является создание системы 3D-сканирования для восстановления деталей машин сельскохозяйственного назначения, которая может значительно улучшить процессы обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. В статье приведены этапы разработки системы, инструментальные средства реализации и сфера применения.

*Ключевые слова:* 3d-сканирование, деталь, сельское хозяйство, разработка, система.

## **DEVELOPMENT OF A 3D SCANNING SYSTEM FOR AGRICULTURAL MACHINERY PARTS**

**Bendik N.V., Kuporzhanov D.E.**

Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhevsky, *Russia, Irkutsk*

The use of 3D scanning technologies in agriculture can significantly simplify and speed up the process of restoring agricultural machinery parts, ensuring accurate reproduction of parts

and minimizing errors. The goal of the work is to create a 3D scanning system for restoring parts of agricultural machines, which can significantly improve the maintenance and repair processes of agricultural machinery. The article describes the stages of system development, implementation tools and scope of application.

*Keywords:* 3D-scanning, part, agriculture, development, system.

## **Введение**

В сельском хозяйстве ремонт тракторов, автомобилей и различной техники сельскохозяйственного назначения является неотъемлемой частью, так как в процессе эксплуатации этой самой техники поломки или выход из строя мелких деталей «обычное дело», своевременная замена или восстановление этих деталей является актуальной задачей [1, 7, 10, 12]. Применение современных технологий в сельском хозяйстве, таких как 3D-сканирование, могло бы не только упростить процесс восстановления деталей сельскохозяйственной техники, но и ускорить его. Использование 3D-сканирования позволяет быстро и точно создавать цифровые модели деталей машин, а также восстанавливать детали, которые вышли из строя. Это помогает сократить время на поиск необходимых запчастей и изготовление деталей на заказ, что в свою очередь способствует увеличению производительности и эффективности работы сельскохозяйственной техники [8].

К сожалению, не каждое предприятие может позволить себе приобрести соответствующий 3D-сканер для восстановления деталей машин. Таким образом, разработка системы 3D-сканирования с применением свободного программного обеспечения, простых и недорогих комплектующих, поможет ускорить процесс восстановления деталей, улучшить эффективность работы предприятия и сэкономит значительную часть денежных средств.

## **Материалы и методы**

В работе использованы материалы различных авторов по разработкам систем 3D-сканирования. При проектировании системы 3D-сканирования деталей машин сельскохозяйственного назначения применены методы системного анализа и методологии проектирования автоматизированных систем.

Для реализации системы использованы следующие инструментальные средства: камера DIGMA DiCam 700; Arduino UNO; драйвер ULN2003; шаговый двигатель 28-BYJ48 и модуль лазера модели QS-1235A.

## **Основные результаты**

3D-сканеры широко применяются в различных областях промышленности: контроль качества, реверс-инжиниринг, проектирование и др. Многие предприятия настолько часто внедряют подобные системы в производство, что не видят ей альтернативы. 3D-сканер позволяет производить весь цикл анализа деталей: диаметры, расстояния между отверстиями, скругления, углы; контроль припусков у заготовок, литых изделий; определение сдвига половинок формы и многое другое [4].

Контроль износа цехового и производственного оборудования проводится непосредственно возле самого объекта, требующего оцифровки в 3D-модель для проведения детального анализа поверхности.

Используется 3D-сканер и для ресурсных испытаний, где крайне важно не предугадывать области износа и аварийные участки изделий, а смотреть на всю доступную поверхность в целом, имея в распоряжении точную и детализированную 3D-модель [2].

Кроме того, промышленные и ручные 3D-сканеры используются для проведения бесконтактного контроля изделий; для измерений и последующего сравнения сканов с CAD-моделями и создания отчетов об отклонениях, контроля качества произведённой продукции, входного контроля и выходного контроля на предприятиях [2, 4, 9].

Целью работы является создание системы 3D-сканирования деталей машин сельскохозяйственного назначения, которая позволит ускорить и улучшить процесс восстановления сельскохозяйственной техники.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

1) изучение существующих технологий и методов 3D-сканирования для определения наиболее эффективного подхода к сканированию деталей машин;

2) определение оптимальных параметров сканирования, таких как разрешение и точность, для обеспечения высокого качества получаемых 3D-моделей деталей;

3) реализация системы для проведения точного и быстрого сканирования деталей сельскохозяйственной техники.

4) тестирование разработанной системы для оценки ее эффективности, надежности и применимости в реальных условиях.

Существует метод 3D-сканирования с применением Arduino, проекты которого есть в интернете в свободном доступе [3]. Один из таких методов предполагается использовать в разработке системы 3D-сканирования деталей машин сельскохозяйственного назначения.

В качестве инструментальных средств для реализации проектируемой системы будут применены:

- камера DIGMADiCam 700;
- Arduino UNO;
- драйвер ULN2003;
- шаговый двигатель 28-BYJ48;
- модуль лазера модели QS-1235A.

Выбор инструментальных средств обусловлен применением мне дорогих компонентов, которые могут помочь в создании системы 3D-сканирования для восстановления деталей машин с достаточно высокой точностью измерения [5, 11, 13].

Рассмотрим этапы создания системы 3D-сканирования.

Первый этап – это создание корпуса. Корпус будет смоделирован в программе «Fusion 360» и распечатан на 3D-принтере для установки платы

Arduino. Модуль лазера, шаговый двигатель и веб-камера должны находиться четко на нужных местах, в соответствии с проектом.

Вторым этапом является подключение электрооборудования. Имеется два способа подключения оборудования, это с шилдом и без него. В проекте будем использовать вариант «без шилда», так как необходимо оптимизировать затраты на разработку.

Управление мотором осуществляется через драйвер, так как усиливает сигнал с пинов микроконтроллера. Драйвер подключается к питанию 5V, а 4 управляющих входа – к любым цифровым пинам платы. Фаза мотора потребляет около 100 мА, поэтому возможно питание драйвера напрямую от платы Arduino (рисунок 1).

Третий этап – это установка скетча. Для этого необходимо скачать и установить официальный скетч для FabScan. Чтобы прошить Arduino, нужно скачать плагин Codebender и затем нажать кнопку «Run on Arduino» (рис.2).

Шаг двигателя можно будет регулировать изменив параметр `stepper.step` ( ), а плавность вращения – параметром `stepper.setSpeed` (200).

Для двигателя 28-ВУJ48 скорость вращения ограничена диапазоном значений от 0 до 200.

Скетч будет доработан, в зависимости от наших предпочтений, для лучшего сканирования объекта.

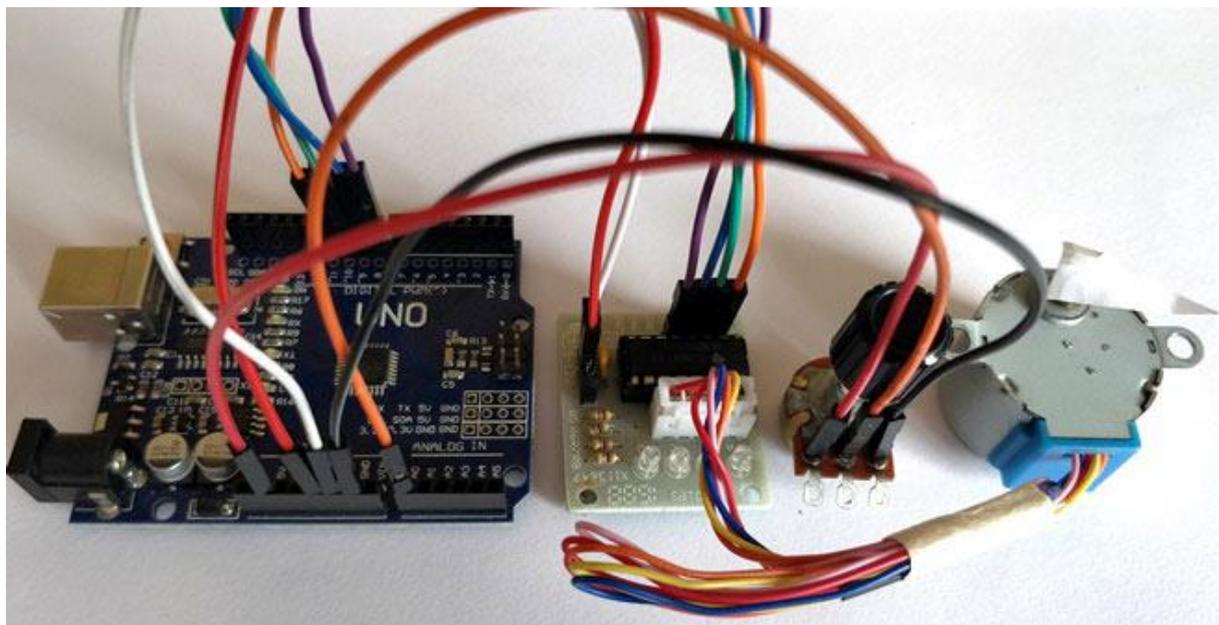


Рисунок 1 – Общий вид подключения шагового двигателя

```

1 #include <Stepper.h> // библиотека для работы с шаговым двигателем
2 // измените это число в зависимости от числа шагов в вашем двигателе
3 #define STEPS 32
4 // create an instance of the stepper class using the steps and pins
5 Stepper stepper(STEPS, 8, 10, 9, 11);
6 int Pval = 0;
7 int potVal = 0;
8 void setup() {
9     Serial.begin(9600);
10    stepper.setSpeed(200);
11 }
12 void loop() {
13    potVal = map(analogRead(A0),0,1024,0,500);
14    if (potVal>Pval)
15        stepper.step(5);
16    if (potVal<Pval)
17        stepper.step(-5);
18    Pval = potVal;
19    Serial.println(Pval); //for debugging
20 }

```

Рисунок 2 –Установка скетча

На четвертом этапе устанавливаем программное обеспечение для сканера. В качестве программы для 3D-сканирования может пойти любое бесплатное программное обеспечение, например, Meshroom (рисунок 3).

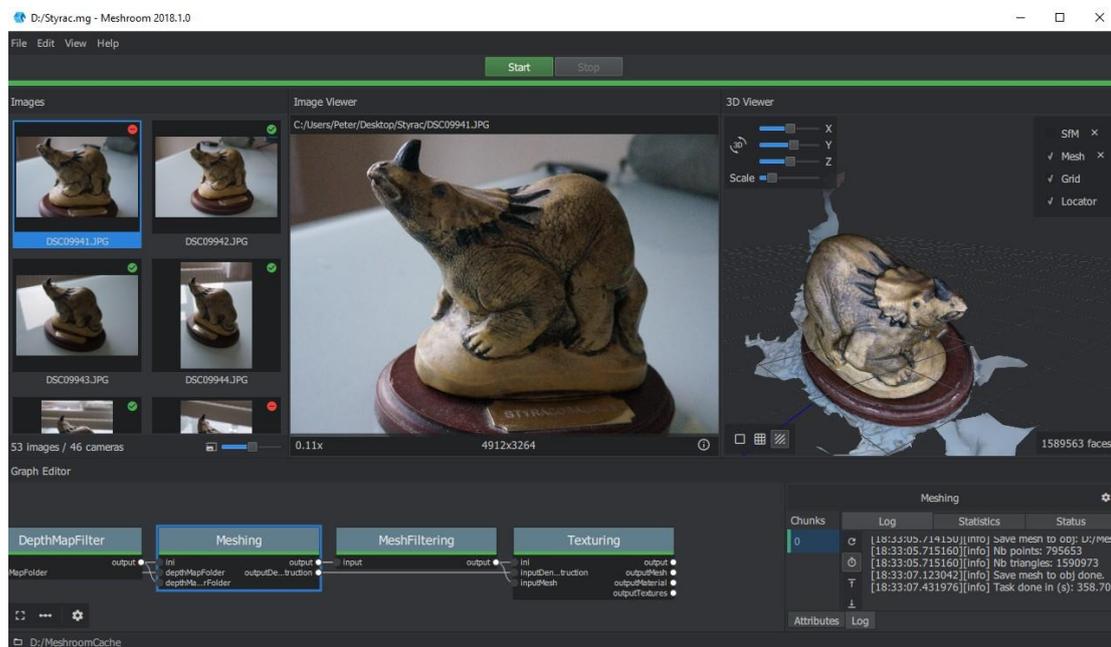


Рисунок 3 – Рабочая область Meshroom

Пятый этап – это сохранение изображения. После того как сканирование объекта будет завершено, изображение можно будет сохранить в формате.pcd или же. ply. Кроме того, можно сохранить в формате .stl, но это уже зависит от используемой платформы. В заключении

объект обрабатывается в MeshLab. После этого его можно будет распечатать на 3D-принтере.

### **Заключение**

В результате успешной реализации проекта можно ожидать значительного улучшения процесса восстановления деталей машин сельскохозяйственного назначения, сокращения времени и затрат на процесс ремонта, а также повышения качества и точности восстановленных деталей.

В дальнейшем при доработке системы 3D-сканирования существует возможность за счет применения CAD/CAM-программ манипулировать 3D-моделью отсканированной детали: изменить ее размер, восстановить отсутствующий участок или поврежденную поверхность.

### **Список литературы**

1. Бодякина, Т. В. Разработка технологии сохранения ресурсов на предприятиях агропромышленного комплекса Иркутской области / Т. В. Бодякина // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. – № 33. – С. 5-12. – EDN LDWOPH.

2. Еремченко В.И. Принципы работы 3d-сканера и его использование для фиксации места происшествия /В.И. Еремченко// Общество и право. 2021. №1 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-raboty-3d-skanera-i-ego-ispolzovanie-dlya-fiksatsii-mesta-proisshestiya> (дата обращения: 27.04.2024).

3. Инжеваткина А.В. Один из способов построения бесконтактного 3d-сканера / Инжеваткина А.В., А.С. Гераськин // Символ науки. 2015. №9-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/odin-iz-sposobov-postroeniya-beskontaktnogo-3d-skanera> (дата обращения: 27.04.2024).

4. Как используют 3D-сканеры в промышленности. [Электронный ресурс]. URL: <https://globatek.ru/3d-wiki/otrasli-primeneniya-3d-skanerov/promyshlennost>. (дата обращения: 03.05.2024)

5. Как на основе Arduino сделать 3D сканер [Электронный ресурс]. URL: [https://usamodelkina.ru/6815-kak-na-osnove-arduino-sdelat-3d-skaner.html?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://usamodelkina.ru/6815-kak-na-osnove-arduino-sdelat-3d-skaner.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F)

6. Маннова А.А., Рожкова В. Р. 3d-сканер: инновации в области криминалистики / А.А. Маннова, В. Р. Рожкова // Вопросы российской юстиции. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/3d-skaner-innovatsii-v-oblasti-kriminalistiki>

7. Мижидон, А. Д. Типовые задачи автоматизации проектирования виброзащитных систем и их алгоритмическое обеспечение / А. Д. Мижидон, Е. В. Елтошкина, М. Б. Имыхелова // Вестник ВСГУТУ. – 2012. – № 4(39). – С. 6-12. – EDN PJPHBR.

8. Применение 3D-сканера - варианты использования. [Электронный ресурс] URL: <https://scanform.ru/application/areas-of-use/> (дата обращения: 04.05.2024).

9. Прямицын И.Б. Лазерные сканеры: распознавание и воспроизведение в 3D-модели мелких подробностей рельефа / И.Б. Прямицын, И.Б. Челпанов, А.В. Кочетков, О.М. Балабан // Вестник евразийской науки. 2012. №4 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernye-skanery-raspoznvanie-i-voisproizvedenie-v-3d-modeli-melkih-podrobnostey-reliefa> (дата обращения: 27.04.2024).

10. Ремонт тракторов при существующей организации их технического сервиса / А. И. Аносова, М. К. Бураев, А. В. Шистеев, Е. В. Елтошкина // Климат, экология,

сельское хозяйство Евразии : Материалы VII международной научно-практической конференции, Иркутск, 24–26 мая 2018 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2018. – С. 236-242. – EDN YMDVRJ.

11. Селищев Д. Н. Выбор конструкции аппаратной части 3D сканера / Д.Н. Селищев А.И. Сергеев // Colloquium-journal. 2019. №2-1 (26). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-konstruktsii-apparatnoy-chasti-3d-skanera> (дата обращения: 27.04.2024).

12. Технический сервис автомобилей / А. В. Кузьмин, С. Н. Шуханов, А. И. Мартыненко, В. Д. Коваливнич ; Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2016. – 192 с. – ISBN 978-5-91777-176-2. – EDN YAFFJD.

13. Шарапов А.А. Разработка 3D-сканера / А.А. Шарапов, Р.В. Гришин // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-3d-skanera>

**УДК 378.147.88:51**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ**

**Овчинникова Н.И.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского,  
*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Сложившиеся современные условия в динамично меняющемся информационном пространстве требуют от будущих специалистов аграрного сектора страны не только высокого уровня профессиональных качеств, но и способности критического осмысления сложных производственных ситуаций, быстрого и безошибочного самостоятельного принятия решений, генерирования новых идей и разработки конструктивных методов их осуществления. Неотъемлемая роль в формировании таких качеств отводится исследовательской работе со студентами аграрного вуза при обучении математике. В статье приведены формы учебной и внеучебной студенческой исследовательской деятельности, отмечено влияние такой деятельности на формирование компетенций, личностное становление и реализацию интеллектуальных способностей.

*Ключевые слова:* образовательный процесс, обучение математике, профессиональные компетенции, исследовательская деятельность.

## **ORGANIZATION OF RESEARCH ACTIVITIES OF AGRICULTURAL UNIVERSITY STUDENTS DURING MATHEMATICS TEACHING**

**Ovchinnikova N.I.**

Irkutsk State Agricultural University of A. A. Ezhesky,  
*Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The current modern conditions in a dynamically changing information space require from future specialists in the country's agricultural sector not only a high level of professional qualities, but also the ability to critically comprehend complex production situations, quickly

and accurately make independent decisions, generate new ideas and develop constructive methods for their implementation. An integral role in the formation of such qualities is given to research work with students of an agricultural university when teaching mathematics. The article presents the forms of educational and extracurricular student research activities, and notes the influence of such activities on the formation of competencies, personal development and the implementation of intellectual abilities.

*Key words:* educational process, teaching mathematics, professional competencies, research activities.

При профессиональной подготовке специалистов агропромышленного комплекса (АПК), отвечающего за продовольственную безопасность страны, немаловажную роль играет математическая подготовка студентов в сочетании с исследовательской деятельностью. Действительно, изучение математики, как науки о количественных отношениях и пространственных формах действительного мира, формирует у обучающихся не только знания основ математического инструментария и навыки его применения в инженерно-технических, естественно-научных, экономических и гуманитарных науках, но и математическую интуицию и логическое мышление, что так необходимо будущему специалисту и молодому исследователю [10].

Под исследовательской деятельностью студента будем понимать такую форму организации его работы, которая направлена на самостоятельное приобретение новых знаний для решения поставленной задачи, схожей с научной и, предполагающей выбор темы исследования, постановки проблемы, изучение литературы, посвященной этой теме, освоение методик исследования, сбор материала и его обработка с использованием современных информационных технологий, анализ полученных результатов в сравнении с имеющимися в науке, подготовка собственных выводов [2,4].

Исследовательская деятельность осуществляется в обязательном порядке всеми студентами в учебное время при выполнении индивидуальных контрольных заданий и курсовых работ, написании бакалаврских выпускных квалификационных работ (ВКР), магистерских диссертаций, предусмотренных учебным планом. В связи с этим, на ранних этапах организации исследовательской деятельности при обучении математике перед преподавателями ставится цель - дать студенту не только базовые математические понятия и алгоритмы решения типовых задач, но и предлагать исследовательские задания с неизвестным заранее решением, имеющие прикладную направленность к будущей специальности.

На основе многолетнего опыта преподавания линейной и векторной алгебры, аналитической геометрии, дифференциального и интегрального исчисления функций, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики автором и коллегами были разработаны исследовательские задания: определение площади под вольеры; траектория движения зерноуборочного агрегата; рост популяции живых организмов; оптимальный объем производства сыра; изменение температуры молока на молочной ферме; воздействие разных видов лекарств на организм животных;

вероятность банкротства сельскохозяйственных предприятий; динамика изменения численности населения Иркутской области; нормирование полевых механизированных работ; прогнозирование влажности почвы; резервирование элементов уборочно-транспортной системы и др. [6,7]. Практика применения таких заданий на лекции, семинаре или практике показала, что занятия с их использованием включают студентов в активную учебно-познавательную работу по поиску различных вариантов решения, помогают привитию навыков формулирования проблемных вопросов, постановки гипотез и их проверки, обоснования выводов.

Из-за уменьшения аудиторных часов на изучение математики, организация исследовательской деятельности студентов в большем объеме осуществляется в учебное время. Одним из значимых ее инструментов является работа студенческого научного кружка (СНК) «M-Insight» кафедры Математики Иркутского аграрного университета (ИрГАУ), куда входит заинтересованное студенческое сообщество первых, вторых курсов, обучающееся по разным специальностям вуза. Подготовка публикаций и выступлений с докладом на заседаниях, семинарах и круглых столах СНК, научных конференциях различного уровня, участие в математических олимпиадах позволяет раскрыть студентам свой творческий потенциал, формирует ощущение приобщения к науке и важности собственных исследовательских достижений. Кроме того, при работе в научном кружке у студентов приобретаются навыки и умения вести дискуссию, отстаивания своей позиции по тому или иному вопросу, что развивает их коммуникативные способности [1,8].

Важной формой повышения мотивации изучения математики и вовлечения студентов в исследовательскую деятельность являются специально организованные кафедрой, ежегодно проводимые мероприятия в виде математических боев, брэйн-рингов и других интеллектуальных игр. Содержательная их часть снабжена соревновательными раундами на проверку знаний теоретического и практического материала на скорость по различным разделам курса математики, тематическими кроссвордами, ребусами и анаграммами. Все это способствует здоровой состязательности, привитию навыков работы в команде.

Особая роль в создании условий для творчества, выявлении талантливой молодежи, способной к научно-исследовательской деятельности, отводится преподавателю-наставнику, который оказывает консультационную и научно-методическую поддержку инициативным начинаниям студентов. От его профессионализма, личной ответственности и партнерского взаимодействия в большей степени зависит формирование у обучающегося исследовательских компетенций, потребности в самообразовании и мировоззрения в целом [5].

Для поддержки и развития исследовательской деятельности студентов необходимо введение моральных и материальных поощрений в виде сертификатов, свидетельств, грамот, дипломов, благодарственных писем

научным руководителям, дополнительных баллов по математическим дисциплинам, определенных привилегий при сдаче сессии, повышенной стипендии, выделения целевых и бюджетных мест на последующие ступени обучения, получении грантов на исследования и др. [3]. Действенным механизмом для оценки эффективности исследовательской деятельности студентов является разработанная в ИрГАУ балльно-рейтинговая система по назначению повышенной стипендии, которая представлена таблицей 1. С целью увеличения степени вовлеченности обучающихся в образовательно-исследовательский процесс спектр показателей может быть расширен такими как участие в работе научного кружка, студенческого научного общества, участие в форумах, подготовке внутриуниверситетских, региональных и другого уровня конференций.

Таблица 1 – Значения критериев показателей по научно-исследовательской деятельности

№	Критерий	За один результат, баллов	
1	Награда (приз) за результаты научно- исследовательской работы, проводимой студентом	20	
2	Документ, удостоверяющего исключительное право студента на достигнутый им научный (научно- методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности (патента, свидетельства)	25	
3	Грант на выполнение научно-исследовательской работы	30	
	Критерий	За 1 статью, баллов	За 1 тезис, баллов
4	Сборник научных трудов (материалы конференций, сборник тезисов, и т.д.) в том числе электронный без внесения в РИНЦ (elibrary.ru)	3	1,5
5	Сборник научных трудов (материалы конференций, сборник тезисов, и т.д.) в том числе электронный с внесением в РИНЦ (elibrary.ru)	10	5
6	Сборник научных трудов Иркутского ГАУ (материалы конференций, сборник тезисов, и т.д.) в том числе электронный с внесением в РИНЦ (elibrary.ru)	15	7,5
7	Журналы ВАК, монографии	25	
8	Журналы, входящие в базы данных WebofScience, Scopus	40	
Достижения подтверждаются наградой (призом), сертификатом, свидетельством. В случае коллективного достижения количество баллов делится в равной степени между участниками команды или авторами.		Комментарий	

Приведенный далеко не полный перечень приемов, форм, методов и средств организации исследовательской деятельности студентов аграрного

вуза не только повышает эффективность обучения математике, которая активизирует мыслительную функцию мозга, но и формирует навыки реализации самостоятельного исследования, а также работы в творческом коллективе, развивает самодисциплину, способствует критическому осмыслению действительности и адаптации к новым социально-экономическим условиям при непрерывно возрастающем потоке информации, содействует становлению профессионального и личностного кругозора, создает условия для успешного трудоустройства [9,11].

### Список литературы

1. Астафьев, А.Ю. Проблемы организации и развития внеучебной научно-исследовательской деятельности студентов//Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2022. №1. С. 24-27.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48365248>
2. Асхаков, С. И. Основы научных исследований: учебное пособие / С. И. Асхаков. — Карачаевск: КЧГУ, 2020. — 348 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161998>.
3. Батухин, С.Г. Стимулирование научной деятельности студентов / С.Г. Батухин, В.И. Рудой, В.Б. Диде. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2022. - №51 (446). – С. 171-173. - URL: <https://moluch.ru/archive/446/98256/>
4. Брылев, А. А., Турчаева И. Н. Основы научно-исследовательской работы. — М.: Юрайт. 2023. - 205 с.
5. Волежанина, И.С., Зайцева Т.С. Организация научно-исследовательской работы студентов отраслевого вуза в контексте проектной деятельности//Актуальные вопросы образования. 2021. № 3. С. 3-7.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46646939>.
6. Голышева, С.П. Математика. Приложения дифференциальных уравнений: учебное пособие/С.П. Голышева: Иркут. гос. аграр. ун-т им. А.А. Ежевского. – М.: ООО «Издательско-книготорговый центр Колос-с», 2022. – 116 с.
7. Овчинникова, Н.И., Быкова М.А. Формирование и развитие вероятностно-статистического мышления студентов аграрного вуза//Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК// Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских», посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича/06-08 октября 2022.- С. 341-348. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id>.
8. Одинцова, Л.А., Борисенко О.В. Организация исследовательской деятельности студентов как фактор освоения профессиональных компетенций//Современные проблемы науки и образования. 2019. № 2. С. 44. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37395067>.
9. Полицинская, Е.В. Организация научно-исследовательской деятельности студентов технического вуза с учетом особенностей мыслительной деятельности / Е.В. Полицинская, В.Г. Лизунков, Е.Ю. Малушко // Инженерное образование. 2023. № 33. С. 26-38.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54706624>
10. Пучкова, Т.А. Организация НИРС со студентами и школьниками и формирование основ исследовательской деятельности// В сборнике: Развитие традиций наставничества как одного из факторов формирования профессиональных компетенций обучающихся в современном образовательном пространстве. Материалы региональной научно-практической интернет-конференции. Орёл, 2024. С. 99-103. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=63497220>.

11. Ревтова, Е.Г. Организация научно-исследовательской деятельности студентов в современных условиях// В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). Оренбург, 2021. С. 2620-2623.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45642814>.

**УДК 378.1:004.4**  
**ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «1С:УНИВЕРСИТЕТ ПРОФ» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ИРКУТСКОГО ГАУ**

**Мартыненко А.И., Федурин Н.И.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Неопровержим тот факт, что функционирование современного вуза невозможно без внедрения информационных систем и цифровых сервисов в процесс управления. Статья посвящена опыту внедрения системы 1С: Университет ПРОФ в Иркутском ГАУ проблемам и возможностям использования модуля «Управление студенческим составом». Рассмотрен жизненный цикл обучающегося с точки зрения автоматизации его средствами данного модуля. Авторами описаны основные аспекты внедрения системы и ее интеграции с цифровым сервисом. Приведены примеры программных обработок и решений, а также сформулированы особенности процесса внедрения «1С: Университет ПРОФ» для Иркутского ГАУ.

*Ключевые слова:* интеграция, внедрение, жизненный цикл обучающегося, 1С: Университет, цифровой сервис, ЭИОС.

**FEATURES OF IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM “1С: UNIVERSITY PROF” INTO THE EDUCATIONAL PROCESS OF IRKUTSK SAU**

**Martynenko A.I., Fedurina N.I.**

FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University

*Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

It is an irrefutable fact that the functioning of a modern university is impossible without the introduction of information systems and digital services into the management process. The article is devoted to the experience of implementing the 1С:University PROF system at Irkutsk State Agrarian University, the problems and opportunities of using the “Student Personnel Management” module. The life cycle of a student is considered from the point of view of its automation using the means of this module. The authors describe the main aspects of implementing the system and its integration with the digital service. Examples of software processing and solutions are given, and the features of the implementation process of “1С: PROF University” for Irkutsk State Agrarian University are formulated.

*Key words:* integration, implementation, student life cycle, 1С:University, digital service, EIOS.

В условиях современной, интенсивно развивающейся и меняющейся системы образования необходим инструмент для автоматизации

образовательной деятельности вуза. Хорошо зарекомендовал себя в этом плане продукт российской компании «1С:Университет ПРОФ», который является решением для автоматизации управленческой деятельности вузов и разработан на платформе «1С:Предприятие 8.2». Он позволяет автоматизировать учет, хранение, обработку и анализ информации об основных процессах высшего учебного заведения: поступление в вуз, обучение, оплата за обучение, выпуск и трудоустройство выпускников, расчет и распределение нагрузки профессорско-преподавательского состава, учет по контингенту обучающихся и многое другое [3,5].

В Иркутском ГАУ с 2022 года идет процесс внедрения данного программного продукта, как основной платформы для цифровой трансформации университета [2].

Первым для внедрения выбран модуль «Планирование учебного процесса», который дал возможность автоматизировать трудоемкий процесс разработки и формирования образовательных программ университета [4]. Для внедрения модуля необходимы учебные планы по каждому направлению подготовки и специальности. Учебные планы в университете традиционно разрабатываются в автоматизированной системе «Учебные планы», поэтому процедура загрузки утвержденных учебных планов в «1С:Университет ПРОФ» осуществлялась при помощи обработки «Загрузка учебного плана» в формате ".plx", что значительно сократило сроки внедрения модуля и освободило сотрудников учебного отдела от необходимости вносить планы в систему вручную заново.

Учебный процесс тесно связан с контингентом студентов. В системе «1С:Университет ПРОФ» реализован модуль «Управление студенческим составом, который фиксирует состояние жизненного цикла обучающегося – от абитуриента до выпускника (рисунок 1). В разрезе каждого состояния можно собирать, хранить и анализировать информацию по обучающимся.



Рисунок 1 – Жизненный цикл обучающегося

Контроль состояния обучающихся осуществляется посредством приказов. Учебным отделом разработаны типовые шаблоны всех видов учебных приказов, используемых в университете, которые занесены в справочники «Типы приказов» и «Виды приказов» системы 1С: Университет ПРОФ». Помимо этого, для каждого вида приказа разработана печатная форма, соответствующая внутренней номенклатуре дел университета. Благодаря настройке отчета «Контингент и движение» у пользователя есть возможность получать актуальные и достоверные списки студентов, работать с контингентом студентов, а также получать любые аналитические и статистические сведения (рисунок 2).

Форма обучения, Подразделение/Курс	Первы й	Второй	Третий	Четвер тый	Пятый	Шесто й	
Заочная	Агрономический факультет	97	95	87	81	25	
	Агроресурсы и управление	99	71	47	58	58	
	Биоинженерные технологии, производственная и экономическая безопасность	189	131	79	106		
	Инженерный факультет	129	126	148	109	55	
	Институт управления природными ресурсами - факультет охотоведения имени В.Н. Скалона	36	58	36	55	31	
	Институт экономики, управления и прикладной информатики	13	36	28	74	46	14
	Технологический факультет	90					
	Факультет биотехнологии и ветеринарной медицины	78	86	57	86	61	39
	Экономический факультет	29					
	Энергетический факультет	106	120	109	126	135	

Рисунок 2 – Окно отчета контингент и движение

Используя фильтры, сортировку и группировки можно получить отчет по структурным подразделениям, формам обучения, направлениям подготовки и специальностям, как в числовом формате, так и по фамильно.

Помимо контингента студентов в образовательном процессе необходимо учитывать результаты освоения образовательной программы, т.е. необходима фиксация результатов текущей и промежуточной аттестации, а также результатов государственной итоговой аттестации. Весь этот процесс уже реализован в электронно-информационной образовательной среде (ЭИОС), поэтому при внедрении системы «1С: Университет ПРОФ» принято решение интегрировать работу ЭИОС и 1С. Это решение потребовала значительных трудозатрат от специалистов отдела

центра информационных технологий и доработки самой ЭИОС. Однако для студентов и преподавателей сохранен привычный формат личного кабинета и им не пришлось осваивать новый сервис.

В подсистеме «Учебный процесс» адаптированы и разработаны формы аттестационной ведомости и текущей аттестации. Реализован механизм перезачета с помощью документа «Настройка перезачета оценок» (рисунок 3).

☆ Перезачет магистратура (Настройки перезачета оценок)

Код:  Наименование:

Тип ведомости:

Выполнять перезачет по промежуточным видам контроля  
 Учитывать трудоемкость

Условия

Представление				
- Отбор				
<input checked="" type="checkbox"/>	= Приемник.Дисциплина	Равно	=	Источник.Дисциплина
<input checked="" type="checkbox"/>	= Приемник.Вид контроля	Равно	=	Источник.Вид контроля
<input checked="" type="checkbox"/>	= Приемник.Период контроля	Равно	=	Источник.Период контроля
<input checked="" type="checkbox"/>	= Приемник.Отметка	Равно		

Рисунок 3 – Программное окно документа «Перезачет магистратура»

Портфолио студента интегрировано с системой «1С: Университет ПРОФ». Типовое решение документа «Портфолио обучающегося» доработано в соответствии с требованиями положений Иркутского ГАУ (рисунок 4).

← → ☆ План 000000630 от 05.06.2023 6:47:53

Провести и закрыть | Записать | Провести | Заполнение... | Операции | Печать ФОС | Отчеты

Номер: 000000630 | Дата: 05.06.2023 6:47:53 | Представление плана: Макаров Алексей Валерьевич, 589166, Очная, Институт экономики, упр

Тип плана: Портфолио обучающегося

Владелец плана: Макаров Алексей Валерьевич

Период с: 02.09.2019 0:00:00 по: 03.09.2023 0:00:00

> Характеристики владельца

Этапы

Добавить | ↑ ↓ | Перезаполнить этапы | Обновить процент завершения

Этап	Дата начала	Дата окончания	Длительнос...	Крайний срок	% завершения
⊖ Все этапы	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		3
⊕ Учебная деятельность	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		25
⊕ Научно-исследовательская деятельность	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		
⊕ Физкультурно-спортивная деятельность	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		
⊕ Саморегулируемая деятельность	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		
⊕ Карьерное планирование	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		
⊕ Общественная деятельность	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		
Социальная активность	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		
⊕ Профессиональные возможности	02.09.2019 0:00:00	03.09.2023 0:00:00	1 462		

Рисунок 4 – Портфолио обучающегося

Подробно процесс интеграции с ЭИОС и разработки портфолио обучающегося описан в работах [6].

По итогам внедрения модуля «Управление студенческим составом» установлены рабочие места в деканатах и директоратах университета, проведено обучение ключевых пользователей системы. Внедрение данного модуля автоматизирует учет успеваемости студентов. Формируются и проводятся приказы о движения обучающихся, что существенно повышает эффективность управления контингентом студентов сокращает, времена и количество ошибок при подготовке приказов за счет актуальной информации об обучающихся.

С помощью специальной обработки «Выгрузка ведомостей» в автоматическом режиме осуществляется выгрузка оценок из ЭИОС университета в аттестационные ведомости модуля «Управления студенческим составом», а затем в цифровой сервис ГИС СЦОС. Для осуществления выгрузки данных в ГИС СЦОС проведена интеграция цифрового сервиса и системы «1С: Университет ПРОФ» [1]. Контроль корректности данных осуществляется через разработанный сервис «Контингент (корректность данных)» (рисунок 5).

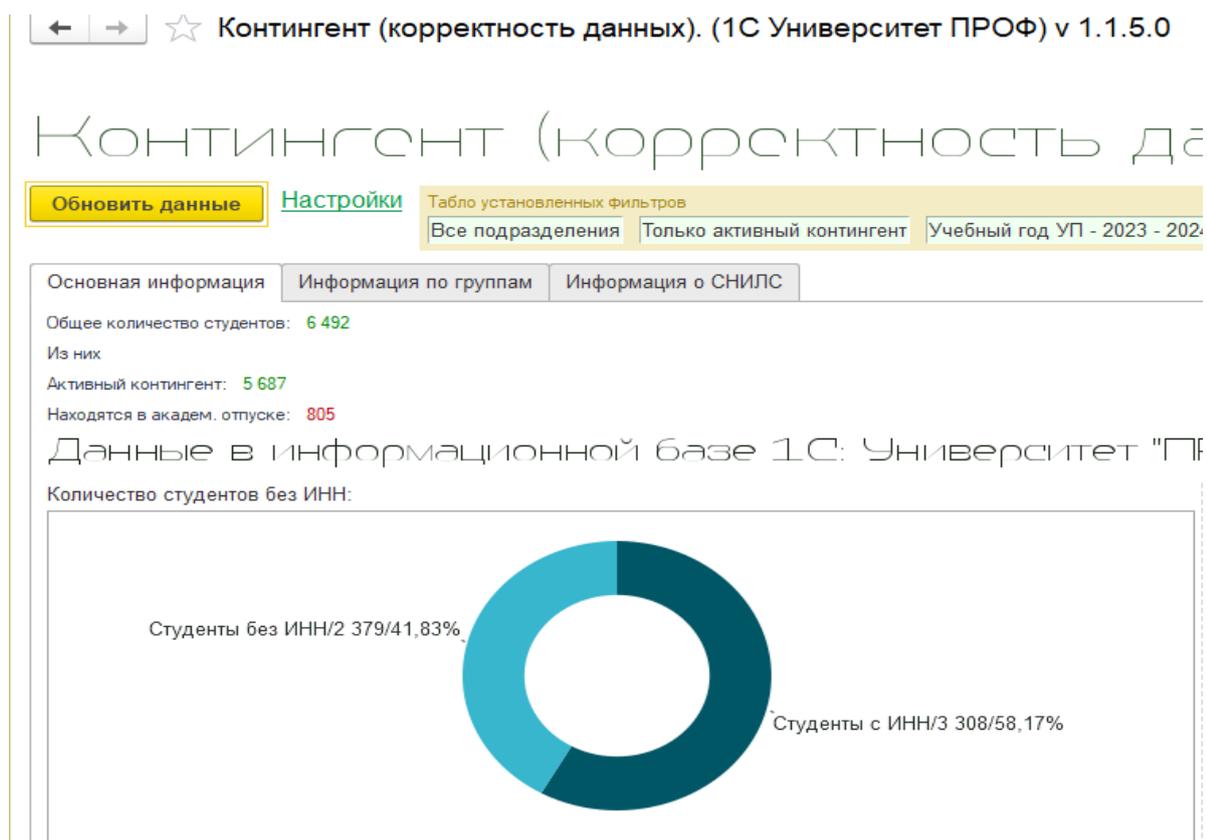


Рисунок 5- Главное окно сервиса «Контингент (корректность данных)»

Резюмируя выше изложенное, следует сказать об особенностях внедрения «1С: Университет ПРОФ» в образовательный процесс университета:

во-первых, для автоматической загрузки учебных планов использована обработка «Загрузка учебного плана»;

во-вторых, при адаптации модуля «Управление студенческим составом» проведена интеграция имеющейся в университете ЭИОС с данным модулем, включая электронное портфолио обучающегося;

в-третьих, формируя отчеты по движению контингента, разработан специальный механизм обмена данными между ЭИОС и «1С: Университет ПРОФ»;

в-четвертых, интеграция информационной системы университета с цифровым сервисом обеспечила надежность, корректность и актуальность отправляемых данных в ГИС СЦОС;

и, на конец, все алгоритмы работы с программной, печатные формы документов и отчетов разработаны в соответствии с номенклатурой дел, локальными нормативными актами и положениями Иркутского ГАУ.

Таким образом, внедрение двух модулей информационной системы «1С:Университет ПРОФ» позволило ускорить и согласовать работу учебных подразделений университета, организовать обработку и хранение данных в единой информационной базе, что обеспечивает оперативный доступ к информации о студентах, их успеваемости и автоматизирует процесс сбора

статистических данных о контингенте. Все это приводит к улучшению качества предоставляемых данных и ускоряет процесс их актуализации.

В дальнейшем планируется автоматизировать ведение зачетных книжек, карточек студентов, выдачу справок, а также формирование дипломов и приложений к ним. Помимо этого необходимо внедрение в эксплуатацию и других модулей информационной системы «1С: Университет ПРОФ».

### Список литературы

1. Асалханов, П. Г. Формирование цифрового образовательного контента Иркутского ГАУ / П. Г. Асалханов, Н. В. Бендик, Н. И. Федурин // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тезисы XXVIII Байкальской Всероссийской конференции с международным участием, Иркутск, 29 июня – 08 июля 2023 года / Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. – Иркутск, 2023. – С. 14. – EDN YQQIZY.

2. Ананьев, Л.С. Обмен данными для интеграции с цифровыми сервисами в информационной системе «1С: Университет ПРОФ» /Л.С. Ананьев, Н.И. Федурин // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Научные исследования и разработки к внедрению в АПК», п. Молодежный, 2023. С. 480-485.

3. Аштуева, А. С. Расчет часов и Распределение учебной нагрузки с использованием «1С: Университет ПРОФ» / А. С. Аштуева, Н. В. Бендик // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. В III томах, Иркутск, 16–17 февраля 2023 года. Том II. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 240-246. – EDN BWRRLY.

4. Бендик, Н. В. Приложение "1С: Университет ПРОФ" для улучшения документооборота образовательной деятельности / Н. В. Бендик, Н. И. Федурин // Цифровые технологии в науке, образовании и производстве : Материалы Всероссийского научно-практического семинара, Молодежный, 30 ноября 2022 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 17-18. – EDN PLPEJT.

5. Бендик, Н.В. Проблемы и перспективы внедрения модуля «Планирование учебного процесса» системы «1С:Университет ПРОФ» в Иркутском ГАУ/ Н.В. Бендик, А.А. Ромме, Н.И. Федурин // Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения Почетного работника высшего профессионального образования РФ, доктора экономических наук Винокурова Геннадия Михайловича. п. Молодежный, 2021. С. 39-44.

6. Быкова, М.А. Применение цифровых технологий в эконометрических исследованиях / М.А. Быкова, Н.И. Овчинникова // Материалы национального форума с международным участием «Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве», Молодежный, 2023. С. 21-27.

7. Конфигурация «Университет ПРОФ» Редакция 2.1 Версия 2.1.4.3 Руководство пользователя: Том 2 / Фирма «1С», Москва, 2019. – 126 с.

8. Макаров А.В. Интеграция личного кабинета студента ЭИОС с портфолио студента «1С: Университет ПРОФ» / А.В. Макаров // Сборник научных тезисов студентов конференции «Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. п. Молодежный, 2022. С.260-26

9. Краковская, К.В. Применение методов непараметрической статистики при выборе программных продуктов в условиях цифровизации / Н. В. Бендик, К. В. Краковская // Материалы международной НПК молодых ученых «Научные исследования

и разработки к внедрению в АПК». – п. Молодежный, ИрГАУ им. А.А. Ежевского: –2023. – С. 528–533.

10. Подлияев, О. Л. Педагогические условия повышения эффективности управления воспитательной деятельностью аграрного вуза / О. Л. Подлияев, Н. В. Бендик // Scitechnology. – 2019. – № 21-1. – С. 5-9. – EDN MNHVXT.

**УДК 378.147**

## **О ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ**

**Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ,

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Под цифровым образованием понимается образование, которое происходит посредством применения информационных составляющих, таких как электронные учебники, дистанционное обучение, блоги, интерактивные доски, веб-ресурсы и др. В современном образовании применение новых технологий решает ряд задач: развитие способностей каждого студента, умение ориентироваться в информационном потоке. Применение информационно-коммуникационных технологий способствует активизации познавательной деятельности студентов, их мотивации к обучению, будущей профессиональной деятельности. Внедрение современных методик преподавания дисциплин в высшем учебном заведении показывает необходимость цифровой трансформации образовательного процесса.

*Ключевые слова:* цифровая трансформация, цифровое образование, ФГОС, компетенции, методы.

## **ABOUT DIGITALIZATION OF EDUCATION AT THE UNIVERSITY**

**Bodyakina T.V., Eltoshkina E.V.**

*Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhevsky, Russia, Irkutsk*

Digital education refers to education that takes place through the use of information components, such as electronic textbooks, distance learning, blogs, interactive whiteboards, web resources, etc. In modern education, the use of new technologies solves a number of tasks: the development of the abilities of each student, the ability to navigate the information flow. The use of information and communication technologies contributes to the activation of students' cognitive activity, their motivation to study, and their future professional activities. The introduction of modern teaching methods in higher education shows the need for digital transformation of the educational process.

*Keywords:* digital transformation, digital education, FGOS, competencies, methods.

Образование это одно из важных благ человека и важным является его качество. В противном случае оно бесполезно.

Цифровое образование – образование, которое происходит посредством применения информационных составляющих, таких как электронные учебники, дистанционное обучение, блоги, интерактивные доски, веб-ресурсы и др.

Под современной системой образования понимается сложный механизм, направленный на формирование личности человека. Процесс должен соответствовать запросам государства и современного общества. Акцент в ФГОС нового поколения уделяется самостоятельной работе обучающихся, что непременно заставляет более тщательно и детально подходить преподавателю к планированию учебных программ и разработке учебно-методической литературы в электронном виде. При этом преподавателю удостоена роль организатора и наставника. Для реализации цели образовательного стандарта по направлениям преподавателю необходимо использовать инновационные методы и технологии обучения, которые будут способствовать формированию у студентов стремления к самостоятельному добыванию знаний по каждому разделу. В процессе обучения необходимо опираться на вновь появляющиеся научные разработки, что обеспечит всестороннее развитие личности студентов [1, 3, 5].

Цифровая трансформация образования становится в этом случае неотъемлемой частью педагогического процесса. Все уровни образования охвачены цифровой трансформации. Создаваемые условия позволяют внедрять электронные продукты для функционирования образовательных сред, например ЭИОС Иркутского ГАУ [2, 4].

В настоящее время современные дети используют электронные устройства разных видов с раннего детства, и при этом информация оценивается не совсем полноценно. И каждый учитель и преподаватель должен преследовать следующие задачи: выработка профессиональных навыков; применение знаний при работе на производстве; открытие и закрепление новых знаний; применение технологий использования ЭВМ (рисунок 1).

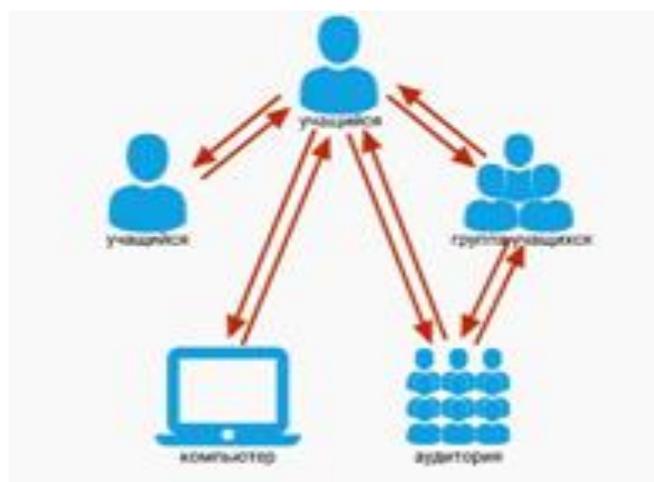


Рисунок 1 – Схема взаимодействия участников образовательного процесса при цифровом образовании

Современные возможности электронных устройств широко способствуют развитию умений и навыков будущего специалиста, и мотивируют студентов к обучению. Например, при использовании

интерактивной доски, преподносимый преподавателем материал становится более привлекательным и доступным для освоения студентами, а применение новых знаний для исследовательской работы. К разнообразию применяемых форм относятся пособия с мультимедийным сопровождением, которые эффективно влияют на процесс преподавания дисциплин. Глубокому осмыслению материала содействует комплексное использование различных способов представления информации. Симбиоз вербальных методов и педагогических приемов с цифровыми технологиями оказывать влияние на активизацию познавательной деятельности обучающихся, а также на развитие творческих способностей. Учебный процесс, в связи с этим начинает приобретать личностно-ориентированный характер, что способствует привитию профессиональных компетенций будущего специалиста [7, 9].

Таким образом, преподавателю необходимо построить так учебный процесс, чтобы были использованы информационно-коммуникационных технологии эффективного описания всех технологических и технических процессов производства [8, 10]. Применение информационных ресурсов в учебном процессе позволяет разнообразить подачу материала и скорректировать время преподавания дисциплин, так как в новых учебных планах время аудиторных занятий существенно сокращено [6]. В связи с повышенным внедрением цифровых технологий каждый специалист обязан владеть навыками анализа и синтеза теоретических и практических исследований в любой сфере.

Для преподавания различных дисциплин предлагается перечень доступных интернет-ресурсов (таблица 1). Это позволит процесс подачи материала учебного сделать современным.

Таблица 1 – Интернет-ресурсы для студентов и преподавателей

Интернет-ресурс	Назначение
<a href="https://wordwall.net/ru">https://wordwall.net/ru</a>	многофункциональный онлайн-инструмент для создания печатных и интерактивных материалов.
<a href="https://vznaniya.ru/">https://vznaniya.ru/</a>	Программа содержит 12 механик для запоминания материала.
<a href="https://uchi.ru/">https://uchi.ru/</a>	Образовательная платформа для преподавателей, обучающихся и родителей.
<a href="https://www.studystack.com/">https://www.studystack.com/</a>	для самостоятельного раскрытия пробелов в знаниях, способствует отработке навыков СРС
<a href="https://makebeliefscomix.com/">https://makebeliefscomix.com/</a>	Сервис для создания комиксов. Применяется для изучения новых тем, понятий.

При цифровизации образования основу составляет внедрение современных технологий в процесс обучения. Так, например, на занятиях

практического и теоретического характера необходимо применять новые электронные сервисы, различные возможности интернет-пространства и электронные устройства считывания поступающей информации. Это способствует наглядному представлению изучаемого материала, доступного для качественного освоения студентами. При этом студенты получают мотивацию и интерес к новым знаниям. В дальнейшем это дает возможность к раскрытию творческих способностей студентов, что демонстрируется при научно-исследовательской работе студентов. Преподаватель курирует студентов при обучении и помогает четко ориентироваться в потоке информации, направлять и фильтровать для получения новых знаний по разным дисциплинам.

Анализ результатов опроса, о применении цифровых технологий при обучении, случайно отобранных 100 студентов Иркутского ГАУ показал широту их применения в различных формах проведения занятий (рисунок 2).

В Российской Федерации проект по образованию направлен на развитие цифровой образовательной среды в сфере образования, позволяющий создавать, организовывать и внедрять цифровые технологии. В связи с этим, мы получаем разнообразные современные методы и технологии представления учебной информации по различным дисциплинам, что позволяет нам приобщить каждого студента к научно-исследовательской компоненте в различных областях.

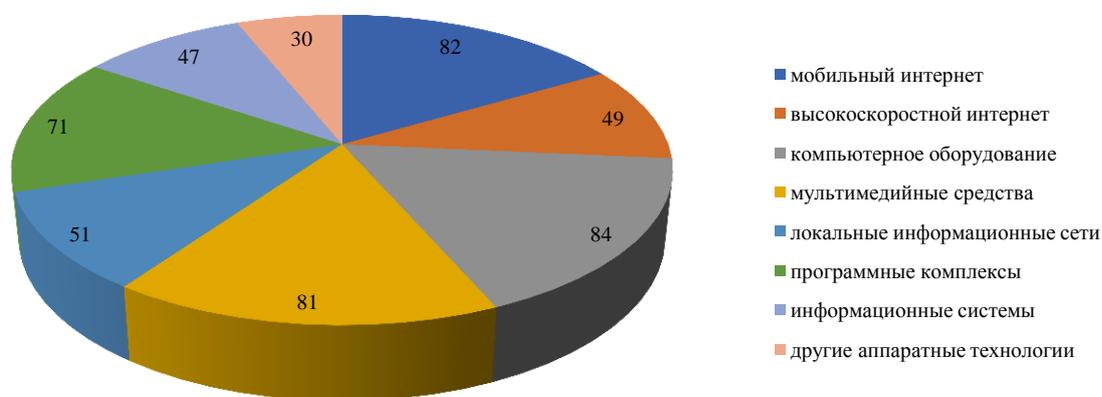


Рисунок 2 – Степень использования цифровых технологий в процессе обучения

Цифровое образование направленно на:

- расширение дидактических инструментов, таких, как например электронное тестирование, электронные учебники и д.р.;
- видеоуроки, видеоролики, видео мастер-классы и т.д.;
- смешанный формат обучения для активизации познавательной деятельности.

Таким образом, построенный учебный процесс позволяет в полном объеме сформировать профессиональные компетенции, предусмотренные в

ФГОС каждого направления, что позволит расширить внедрение проектной деятельности в процесс обучения.

Цифровая трансформация образования невозможна без внедрения и применения методик с использованием цифровых технологий. В связи с этим требуется периодическое обновление материально-технической базы ВУЗа. Научно-технический прогресс требует оснащения новейшими электронно-техническими устройствами, которые будут полностью обеспечивать научные исследования.

### Список литературы

1. Антонова, Н. Л. Цифровизация образования: смешанное обучение в оценках субъектов высшего образования / Н. Л. Антонова, А. С. Бутузова // Наука и высшее образование в XXI веке: пространство возможностей и векторы развития : Сборник научных трудов Международная научно-практическая конференция, Иркутск, 15–16 декабря 2023 года. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2023. – С. 169-172. – EDN TPAOZR.

2. Асалханов, П. Г. Формирование цифрового образовательного контента Иркутского ГАУ / П. Г. Асалханов, Н. В. Бендик, Н. И. Федурин // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тезисы XXVIII Байкальской Всероссийской конференции с международным участием, Иркутск, 29 июня – 08 июля 2023 года / Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. – Иркутск, 2023. – С. 14. – EDN YQQIZY.

3. Бодякина, Т. В. Кейс-технологии в образовании / Т. В. Бодякина, Н. Р. Бекирова // Цифровизация в системе образования: теоретические и прикладные аспекты : сборник тезисов региональной научно-практической конференции, Иркутск, 27 сентября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 11-14. – EDN PVKGFY.

4. Бутырин, П. А. Трансформации высшего электротехнического образования в России. Цифровизация образования / П. А. Бутырин // Электричество. – 2022. – № 5. – С. 4-9. – DOI 10.24160/0013-5380-2022-5-4-9. – EDN HTDCFU.

5. Быкова, М. А. Компетентностный подход при обучении математике в аграрном вузе / М. А. Быкова, Е. В. Елтошкина, Н. И. Овчинникова // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 289-290. – EDN KSLCVP.

6. Елтошкина, Е. В. Применение цифровых технологий при дистанционном обучении иностранных студентов / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве: МАТЕРИАЛЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ФОРУМА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ, Иркутск, 26–29 сентября 2023 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 43-48. – EDN WCKPHY.

7. Лобсанова, О. А. Разработка обучающей мобильной игры на Android по математике / О. А. Лобсанова, Е. Б. Павлова // Проблемы и перспективы развития экономики и образования в Монголии и России: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Улан-Батор, 14 апреля 2023 года / Улан-Баторский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова». –

Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2023. – С. 148-157. – EDN ISILBH.

8. Розин, В. М. Цифровизация в образовании (по следам исследования "Трудности и перспективы цифровой трансформации образования") / В. М. Розин // Культура культуры. – 2023. – № 1. – EDN YACSTX.

9. Тоискин, В. С. Цифровизация педагогического образования в контексте цифровой трансформации образования: сущность, структура и меры по обеспечению практической реализации / В. С. Тоискин, В. В. Красильников, К. И. Корчак // Международный научный журнал. – 2022. – № 2(83). – С. 119-131. – DOI 10.34286/1995-4638-2022-83-2-119-131. – EDN DWSDHY.

10. Юмова, Ц. Ж. Перспективы реализации облачных технологий в смешанном обучении в современном вузе / Ц. Ж. Юмова, И. Б. Юмов, Е. Б. Павлова // Инновационные технологии обучения в вузе в условиях цифровизации и реформирования высшего образования: Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, Улан-Удэ, 14–16 февраля 2024 года. – Улан-Удэ: ФГБОУ ВПО Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2024. – С. 291-294. – EDN PVJOMF.

**УДК 571.53**

## **СТАТИСТИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Овчинникова Н.И., Быкова М. А., Новикова Е. А.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ,  
*п. Молодежный, Иркутский район, Россия*

Одной из наиболее острых и важных проблем в современном обществе является социально-экономическое неравенство, которое оказывает значительное влияние на различные сферы деятельности людей. Большую популярность для оценки дифференциации доходов населения регионов и России в целом приобрел коэффициент Джини, называемым коэффициентом неравномерности доходов. Данная статья посвящена исследованию распределения доходов жителей Иркутской области на основе применения геометрического смысла этого коэффициента с использованием регрессионной модели кривой Лоренца. Полученные результаты значения коэффициента Джини сопоставимы с официальными данными и имеют большое значение для выявления социальных тенденций развития общества региона.

*Ключевые слова:* социально-экономическая неравенство, распределение доходов, кривая Лоренца, коэффициент Джини.

## **STATISTICAL-GEOMETRIC APPROACH TO ASSESSING THE DISTRIBUTION OF INCOME OF THE POPULATION OF THE IRKUTSK REGION**

**Ovchinnikova N.I., Bykova M.A., Novikova E.A.**

Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhevsky,  
*Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

One of the most pressing and important problems in modern society is socio-economic inequality, which has a significant impact on various areas of people's activities. The Gini coefficient, called the income unevenness coefficient, has become very popular for assessing the differentiation of incomes of the population of regions and Russia as a whole. This article is devoted to the study of the income distribution of residents of the Irkutsk region based on the application of the geometric meaning of this coefficient using the regression model of the Lorenz curve. The obtained results of the Gini coefficient are comparable with official data and are of great importance for identifying social trends in the development of society in the region.

*Key words:* socio-economic inequality, income distribution, Lorenz curve, Gini coefficient.

**Введение.** За последние два десятилетия рост разницы в доходах населения страны привел к ряду негативных последствий: увеличению бедности работающего населения, снижению потребительского спроса, концентрации богатства у ограниченного числа финансово-промышленного клана, образованию наследственной элиты, коммерциализации образования и медицины, возникновению социальных конфликтов, росту преступности и др. [9-11]. Все перечисленное оказывает разрушительное воздействие на экономику страны. В связи с этим, преодоление социального неравенства становится актуальной задачей современного цивилизованного государственного управления.

**Материалы и методы.** Для анализа дифференциации доходов между разными группами населения используется большое разнообразие специальных методов и количественных оценок, среди которых особое место занимают кривая Лоренца (предложена американским математиком и экономистом Максом Отто Лоренцем) и коэффициент Джини (разработан итальянским статистиком и демографом - Коррадо Джини). С помощью кривой Лоренца изображается графически зависимость между долей дохода, которая приходится на различные процентные группы населения [5]. Коэффициент Джини количественно измеряет степень неравенства доходов. Геометрический смысл коэффициента Джини состоит в том, что он равен отношению площади фигуры  $D$ , ограниченной линией идеального равенства  $y=x$  и кривой Лоренца  $y=L(x)$ , к площади прямоугольного треугольника  $OAC$  с единичными катетами [6], рисунок 1:

Так как площадь прямоугольного треугольника  $OAC$  равна

$$S_{OAC} = \frac{1}{2} OB \cdot AB = \frac{1}{2},$$

то коэффициент Джини численно определится как удвоенная площадь фигуры  $D$ :

$$KG = 2S_D. \quad (1')$$

$$KG = \frac{S_D}{S_{OAC}}. \quad (1)$$

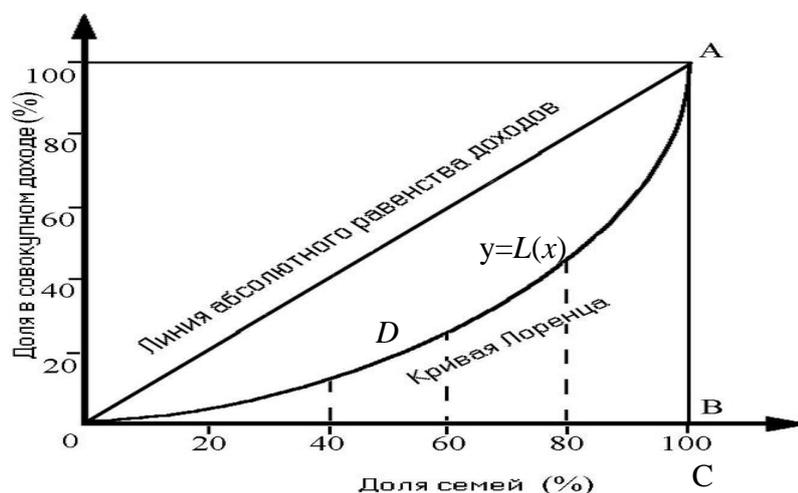


Рисунок 2 - Кривая Лоренца

Из формулы (1') следует, что  $0 \leq KG \leq 1$ , так  $0 \leq S_D \leq \frac{1}{2}$ . При равномерном распределении доходов кривая Лоренца приближается к прямой  $OA$ ,  $S_D \rightarrow 0$ , и коэффициент Джини стремится к нулю. Когда доходы населения распределены неравномерно, площадь фигуры  $D$  стремится к  $\frac{1}{2}$ , кривая Лоренца становится более вогнутой и  $KG \rightarrow 1$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** С целью анализа концентрации доходов населения Иркутской области применен математический инструмент кривой Лоренца и коэффициента Джини. На основании статистических данных из регионального отделения Федеральной службы государственной статистики [3,4] авторами составлено распределение населения Иркутской области по размеру среднедушевого денежного дохода за 2023 год (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение населения Иркутской области за 2023 г. по размеру среднедушевого денежного дохода, тыс.руб.

Доход, тыс. руб.	2023	
	тыс. чел.	в % к итогу
до 7 000,0	25,94	1,1
от 7 000,1 до 10 000,0	64,7	2,7
от 10 000,1 до 14 000,0	146,8	6,3
от 14 000,1 до 19 000,0	240,67	10,3
от 19 000,1 до 27 000,0	405,46	17,3
от 27 000,1 до 45 000,0	681,71	29,1
от 45 000,1 до 60 000,0	318,49	13,6
свыше 60 000,0	460,64	19,6

Для построения кривой Лоренца преобразованы данные таблицы 1 в доли (таблица 2):

Таблица 2 – Преобразованные данные для построения кривой Лоренца

Доля населения	Доля доходов
0,0111	0,0151
0,0387	0,0517
0,1013	0,1034
0,2039	0,1746
0,3769	0,2737
0,6677	0,4289
0,8035	0,6552
1	1

С помощью регрессионного анализа проведено аналитическое выравнивание кривой Лоренца за счет аппроксимации ее различными функциональными зависимостями, имеющими наибольший коэффициент детерминации. В результате соответствующих операций в табличном редакторе MS Excel с исходными данными [1] получено уравнение

$$y = f(x) = 1,5827x^3 - 1,6717x^2 + 1,0877x - 0,0083. \quad (2)$$

и его графическое представление (рисунок 2).

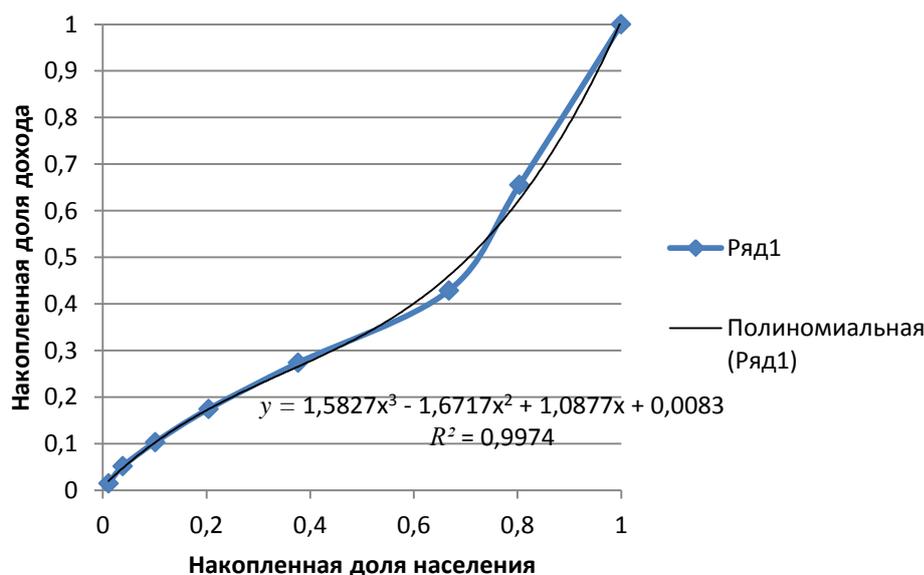


Рисунок 3 - Кривая Лоренца по исходным данным таблицы 2

Осуществлен анализ построенной кубической модели на соответствие требованиям качества, точности и статистической значимости [12,13]. Значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,9974$  указывает на то, что 99,74% вариации доли доходов объясняется вариацией процентной группы населения, а 0,26 % приходится на долю прочих факторов. Так как коэффициент детерминации близок к единице, то построенная модель считается качественной. Точность регрессионного уравнения оценена с помощью средней относительной ошибки аппроксимации:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \tilde{y}}{y} \right| \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $n$  – количество наблюдений;

$y$  – фактические значения результирующего показателя (доля доходов);

$\tilde{y}$  – значения результирующего показателя, рассчитанные по модели регрессии.

Средняя относительная ошибка аппроксимации составила 3,28%, что свидетельствует о точности построенной модели. Значимость модели определена с помощью  $F$ -критерия Фишера:

$$F_{расч} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-p-1}{p}, \quad (4)$$

где  $R^2$  – коэффициент детерминации,  $n$  – количество наблюдений,  $p$  – количество факторов в модели. Расчетное значение критерия Фишера получилось равным:

$$F_{расч} = \frac{0,9974}{1-0,9974} \cdot \frac{8-3-1}{3} = 514,575.$$

Сравнивая расчетное значение критерия Фишера с табличным значением для числа степеней свободы  $k_1 = 3$ ,  $k_2 = 8 - 3 - 1 = 4$  и уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  ( $F_{табл.} = 6,59$ ), получили неравенство  $F_{расч.} > F_{табл.}$ , которое подтверждает значимость построенной модели.

Для нахождения площади  $D$  применены геометрические приложения определенного интеграла с использованием формулы Ньютона-Лейбница [2]:

$$S_D = \int_0^1 (x - L(x)) dx \quad (5)$$

Подставляя вместо  $L(x)$  полученную функцию кривой Лоренца и, вычисляя определенный интеграл на отрезке  $[0, 1]$ , пришли к результату:

$$\begin{aligned} S_D &= \int_0^1 (x - f(x)) dx = \int_0^1 (x - (1,5827x^3 - 1,6717x^2 + 1,0877x - 0,0083)) dx = \\ &= \int_0^1 (x - 1,5827x^3 + 1,6717x^2 - 1,0877x + 0,0083) dx = \\ &= \left. \frac{x^2}{2} - 1,5827 \cdot \frac{x^4}{4} + 1,6717 \cdot \frac{x^3}{3} - 1,0877 \cdot \frac{x^2}{2} + 0,0083x \right|_0^1 = \\ &= \frac{1}{2} - 1,5827 \cdot \frac{1}{4} + 1,6717 \cdot \frac{1}{3} - 1,0877 \cdot \frac{1}{2} + 0,0083 = 0,126. \end{aligned}$$

Согласно формуле (1'), коэффициент Джини определился

$$KG = 2S_D = 2 \cdot 0,126 = 0,252.$$

Так как нормой считается значение коэффициента  $KG < 0,3$ , то полученное значение коэффициента Джини свидетельствует о достаточно равномерном распределении доходов общества Иркутской области в 2023 году [3,8]. Тем не менее, даже при таком уровне неравенства, государственным органам следует продолжать экономическую политику по совершенствованию социальных программ в данном регионе.

**Выводы.** При рыночной экономике наличие дифференциации доходов населения является неизбежностью. Она является стимулом к эффективному труду лишь в том случае, когда соотношение в доходах соответствует пропорциям в труде. Коэффициент Джини лишь выявляет саму проблему неравенства в распределении денежных доходов населения, которая ведет к неудовлетворению материальных и духовных потребностей беднейших слоев общества и, как следствие, - к социальной напряженности [7]. Для исследования полной картины степени расслоения общества по доходам необходимо применять комплексный подход с использованием различных экономико-математических методик.

### Список литературы

1. Быкова, М.А. Применение цифровых технологий в эконометрических исследованиях/ М.А. Быкова, Н.И. Овчинникова // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве // Материалы национального форума с Международным участием. – Иркутск, Молодежный, 2023. С.21-27. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=54921422>.
2. Горлач, Б. А. Математический анализ / Б. А. Горлач. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 604 с. — ISBN 978-5-507-49010-3. - Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/367505>.
3. Динамика экономического развития Иркутской области [Электронный ресурс] // Министерство экономического развития Иркутской области. – 2022. – URL: <https://irkobl.ru/sites/economy/index.php>.
4. Иркутскстат: Численность населения Иркутской области на 1 января 2023 года составила 2 379 217 человек [Электронный ресурс] // Официальный портал Иркутской области. URL: <https://irkobl.ru/news/723872>.
5. Катонин, С.А. Применение коэффициента Джини в исследованиях пространственного неравенства в агломерациях региона//Russian Journal of Management. 2022. Т. 10. № 4. С. 217-221.
6. Коэффициент Джини — индекс концентрации доходов, справедливости и неравенства – Москва, 2021 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tyulyagin.ru/ekonomika/koefficient-dzhini-indeks.html>
7. Коэффициент Джини: формула неравенства – Москва, 2023 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://persfinance.ru/gini-index-neravenstvo>.
8. Мониторинг социально-экономического положения и уровня жизни населения Иркутской области [Электронный ресурс]// Официальный портал Иркутской области. – 2023. – URL: <https://irkobl.ru/site/social/byt/soc-econ-monitor>.

9. Петров, Ф. В. Коэффициент Джини в оценке социального неравенства как угрозы экономической безопасности // Журнал «У». Экономика. Управление. Финансы. 2020. №1. - <https://portal.u.ru/index.php/journal/article/view/28>.

10. Свицина, В.К. Распределение доходов населения в рыночной экономике//Тенденции развития науки и образования. 2019. № 51-4. С. 87-89. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=40625263>.

11. Строев, В.В. Комплексный анализ региональных диспропорций в распределении доходов и благосостояния населения в регионах России//Вестник университета. 2024. № 1. С. 5-12. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=63435721>.

12. Хайруллина, О.И. Эконометрика: базовый курс/ О.И. Хайруллина, О.В. Баянова // Учебник. 2019. С 12-25.

13. Яркина, Н.Н. Статистика: учебник / Н.Н. Яркина – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2020. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/140646>.

## УДК 62-13

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УВЕЛИЧЕННЫМ РАДИАЛЬНЫМ ЗАЗОРОМ В ПОДШИПНИКЕ**

**Прудников А.Ю., Логинов А.Ю., Боннет Я.В.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Для разработки новых способов диагностики неисправностей асинхронных двигателей необходимо выявить теоретические предпосылки формирования диагностических параметров. В статье приведена методика расчета составляющей магнитной индукции в воздушном зазоре асинхронного электродвигателя с увеличенным радиальным зазором подшипника. Приведенные в статье зависимости дают возможность оценить влияние этой неисправности на ток статора. Полученные значения составляющих фазного напряжения, обусловленных увеличенным радиальным зазором в подшипнике, можно использовать для дополнения существующих моделей и дальнейшего анализа изменений выходных характеристик двигателя.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, диагностика, надёжность, эксцентриситет ротора.

### **SIMULATION OF THE OPERATION OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR WITH AN INCREASED RADIAL CLEARANCE IN THE BEARING**

**Prudnikov A.Yu., Loginov A.Yu., Bonnet Ya.V.**

Irkutsk State Agricultural University of A. A. Ezhesky, Russia, Irkutsk

To develop new ways to diagnose asynchronous motor malfunctions, it is necessary to identify the theoretical prerequisites for the formation of diagnostic parameters. The article presents a method for calculating the magnetic induction component in the air gap of an asynchronous electric motor with an increased radial bearing clearance. The dependencies given in the article make it possible to assess the effect of this fault on the stator current. The obtained values of the phase voltage components due to the increased radial clearance in the bearing can be used to complement existing models and further analyze changes in the output characteristics of the engine.

*Key words:* asynchronous motor, diagnostics, reliability, rotor eccentricity.

Известно, что асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором наиболее часто применяются в сельском хозяйстве для электрического привода машин и механизмов. При этом рациональному их использованию препятствуют агрессивная среда, неправильный выбор мощности, несовершенство системы планово-предупредительных ремонтов и диагностики. На практике исправность машин и механизмов проверяют на основе испытаний и с помощью методов субъективной оценки [1, 2]. Для описания сложных физических процессов, протекающих в электрических машинах, применяют упрощенные математические модели. В современной научной литературе приведена масса подобных моделей, в том числе и для моделирования работы асинхронного двигателя в различных режимах работы, таких как: номинальный режим, режим холостого хода, наброс нагрузки, обрыв фазы, перегрузка, работа в сети с несимметрией напряжений, различные аварийные и предаварийные режимы работы.

В пакетах математических программ, таких как, например, Matlab Simulink для описания работы асинхронного двигателя есть определенный набор функциональных блоков [5, 6, 12]. Работа этих блоков запрограммирована на основе многочисленных исследований, освященных в ведущих изданиях и подтвержденных учеными на основе множества экспериментов [11]. При этом только для описания тока статора асинхронного двигателя в программу заложено помимо основной токовой гармоники порядка 80 гармонических составляющих, подавляющее большинство которых возникает в номинальном режиме, а некоторые из них возникают только при появлении определенных неисправностей или изменении параметров питающей сети [10].

При исследовании и моделировании процессов, возникающих вследствие непредусмотренного программного обеспечения неисправностей, необходимо математически описать гармоническую составляющую тока, возникающую при этой неисправности. Далее необходимо в существующую модель двигателя внедрить новый функциональный блок, который будет генерировать эту дополнительную составляющую тока. Одной из таких неисправностей асинхронного двигателя является увеличенный радиальный зазор подшипника, в литературе эту неисправность часто представляют как эксцентриситет ротора [4, 7, 9] (Рисунок 1).

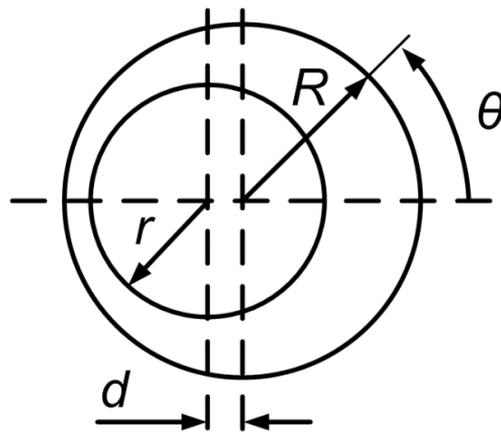


Рисунок 1 – Расположение ротора с радиусом  $r$  в расточке статора с радиусом  $R$  при увеличенном радиальном зазоре в подшипнике

При эксцентриситете воздушный зазор между ротором и статором становится неравномерным, что влечет за собой изменение магнитного поля в воздушном зазоре и, как следствие, возникновение дополнительных токовых составляющих. Для моделирования работы асинхронного двигателя с увеличенным радиальным зазором подшипника необходимо определить значение составляющей магнитной индукции в воздушном зазоре двигателя [8], алгоритм этого расчета приведен на блок-схеме (Рисунок 2).

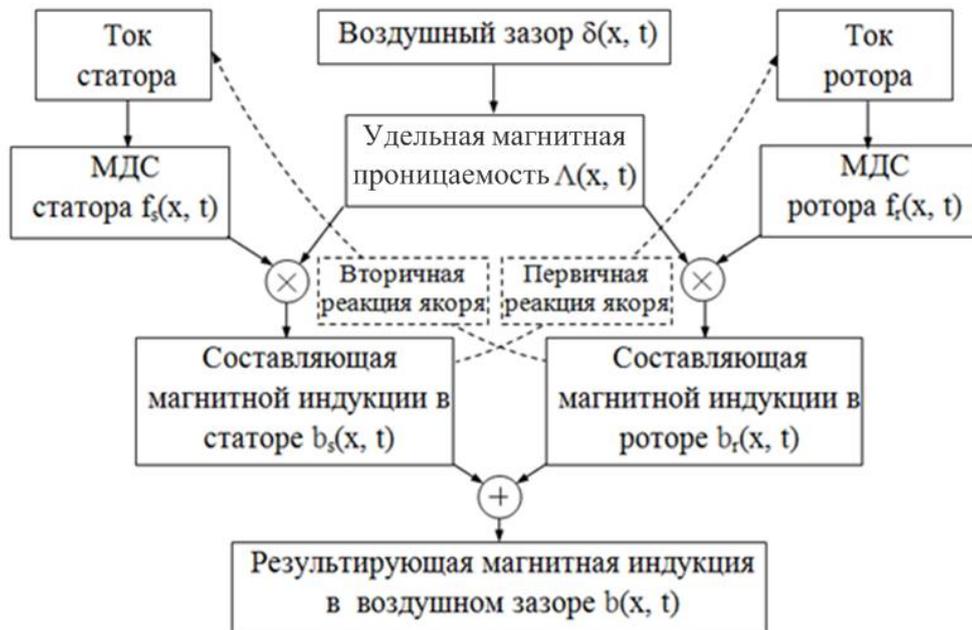


Рисунок 2 – Блок-схема для определения магнитной индукции в воздушном зазоре асинхронного двигателя с увеличенным радиальным зазором в подшипнике

На основе этого можно рассчитать мгновенные значения токовой составляющей, обусловленной увеличенным радиальным зазором подшипника, что в свою очередь позволит определить значение составляющей напряжения, обусловленной увеличенным радиальным зазором. Полученное выражение можно использовать для программирования

дополнительного блока генерации напряжения для питания асинхронного двигателя в пакетах математических программ, таких как Matlab + Simulink.

Для гармонической составляющей тока, учитывающей увеличенный радиальный зазор в подшипнике, которая вращается в том же направлении, что и основная гармоническая составляющая тока, мгновенное значение радиальной составляющей индукции в воздушном зазоре определяется выражением (1) [4].

$$B_{e,i=1} = \frac{\sqrt{2} \cdot m \cdot N_1 \cdot k_{w1}}{p \cdot \pi} \cdot I_0 \cdot \frac{\mu_0 \cdot \delta_3}{2\delta_0^2 \cdot k_{c1}^2 \cdot k_{c2}^2} \cdot \cos[p\alpha - \omega_1 t - \phi_0 + (x - \omega_e \cdot t - \phi_e)], \quad (1)$$

где  $m$  – количество фаз;

$N_1$  – количество витков статорной обмотки;

$k_{w1}$  – обмоточный коэффициент;

$p$  – число пар полюсов;

$I_0$  – ток холостого хода, А;

$\mu_0$  – плотность магнитного потока в вакууме, Гн/м.

$x$  – угловая координата рассматриваемой точки в воздушном зазоре, рад;

$\omega_1$  – угловая частота основной волны питающего напряжения, рад/с;

$t$  – время, с;

$x$  – координата рассматриваемой точки воздушного зазора в момент времени  $t$ , рад;

$\phi_0$  – угол сдвига фаз в режиме холостого хода, рад;

$k_c$  – коэффициент Картера, учитывающий зубчатость статора  $k_{c1}$  и ротора  $k_{c2}$ ;

$\omega_e$  – угловая частота гармоники, обусловленная увеличенным радиальным зазором в подшипнике, рад/с;

$\phi_e$  – угол сдвига фаз, обусловленный увеличенным радиальным зазором в подшипнике, рад.

При этом мгновенное значение радиальной составляющей индукции в воздушном зазоре для основной гармонической составляющей тока можно определить как [3]:

$$B_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot m \cdot N_1 \cdot k_{w1}}{p \cdot \pi} \cdot I_{0r} \cdot \frac{\mu_0}{\delta \cdot k_{c1} \cdot k_{c2}} \cdot \cos(p\alpha - \omega_1 t - \phi_0), \quad (2)$$

где  $I_{0r}$  – реактивная составляющая тока холостого хода, А.

Выражение (2) можно упростить, если учесть, что для расчетной модели  $p=1$  и положить  $\omega_x = \omega_1$ . Тогда:

$$B_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot m \cdot N_1 \cdot k_{w1}}{p \cdot \pi} \cdot I_0 \cdot \frac{\mu_0}{\delta \cdot k_{c1} \cdot k_{c2}} \cdot \cos\phi_0. \quad (3)$$

Отношение выражений (1) и (2) даст тождество:

$$\frac{B_{e,i=1}}{B_0} = \frac{\varepsilon}{2\delta_0 \cdot k_{c1} \cdot k_{c2}} = \frac{U_{1 \text{ ф.ном}(B_{e,i=1})}}{U_{1 \text{ ф.ном}(B_0)}}, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_{1 \text{ ф.ном}(B_{e,i=1})} = U_{1 \text{ ф.ном}(B_0)} \cdot \frac{\varepsilon}{2\delta_0 \cdot k_{c1} \cdot k_{c2}} \quad (4)$$

$$= U_{1 \text{ ф.ном}(B_0)} \cdot \frac{\delta_3}{2\delta_0^2 \cdot k_{c1} \cdot k_{c2}},$$

где  $U_{1 \text{ ф.ном}(B_{e,i=1})}$  – составляющая фазного напряжения, обусловленная увеличенным радиальным зазором в подшипнике, В;

$U_{1 \text{ ф.ном}(B_0)}$  – составляющая фазного напряжения, обусловленная основной составляющей индукции в воздушном зазоре асинхронного двигателя, В.

Для внедрения вышеприведенных функциональных зависимостей в существующие модели асинхронного двигателя необходимо в правую часть выражения<sup>4</sup> подставить паспортные данные для реальных двигателей (таблица 1). При этом можно вычислить, что при увеличении эксцентриситета ротора на 1% составляющая напряжения, обусловленная увеличенным радиальным зазором в подшипнике, увеличится на 1,4% или 3,03 В для двигателей АИР90Л4У2 и АИР 80А4, а так же 1,7% или 3,64 В для двигателя АИРП80А6.

Таблица 1 – Данные для расчета составляющей фазного напряжения, обусловленной увеличенным радиальным зазором в подшипнике

Марка двигателя	АИР90Л4У2	АИР80А4	АИРП80А6
Номинальная мощность, кВт	2,2	1,1	0,37
Начальный радиальный зазор подшипника, мм	0,028	0,013	0,013
Максимально допустимый радиальный зазор подшипника, мм	0,08	0,06	0,06
Воздушный зазор между статором и ротором, $\delta_0$ , мм	0,3	0,3	0,25
$k_{c1} \cdot k_{c2}$	1,21	1,21	1,21
Составляющая фазного напряжения, обусловленная увеличенным радиальным зазором в подшипнике, $U_{1 \text{ ф.ном}(B_{e,i=1})}$ , В	3,03	3,03	3,64

Приведенные в работе выражения и полученные на их основе численные значения составляющей фазного напряжения, обусловленной увеличенным радиальным зазором в подшипнике, можно использовать в существующих моделях для исследования изменения характеристик асинхронного двигателя с увеличением радиального зазора в подшипнике. Анализ полученных в результате моделирования фазных токов, электромагнитных моментов, пусковых характеристик позволит выделять новые диагностические признаки, а также подтверждать или опровергать правильность гипотез, выдвинутых на основе поисковых экспериментов.

## Список литературы

1. Determination of rolling resistance coefficient based on normal tyre stiffness / S. P. Rykov, V. N. Tarasuyk, V. S. Koval [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment, Tomsk, 04–06 декабря 2017 года. Vol. 327, 4. – Tomsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 042093. – DOI 10.1088/1757-899X/327/4/042093.

2. Ovchinnikova, N. I. Simulation diagnostics of power train mechanical drives / N. I. Ovchinnikova, V. V. Bonnet, A. V. Kosareva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 июня 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 548. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52033. – DOI 10.1088/1755-1315/548/5/052033.

3. The results of the production tests of the method for diagnosing the eccentricity of the rotor of an asynchronous electric motor / A. Prudnikov, V. Bonnet, A. Loginov, Ya. Bonnet // E3s web of conferences : VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 года. Vol. 390. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 06020. – DOI 10.1051/e3sconf/202339006020.

4. Виртуальная модель асинхронного двигателя в ортогональной системе координат / А. Ю. Прудников, В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, Я. В. Боннет // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 112-119.

5. Дьяконов, В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004. – 756 с.

6. Лурье, М. С. Применение программы MATLAB при изучении курса электротехники: учеб.пособие / М. С. Лурье, О. М. Лурье. – Красноярск : СибГТУ, 2006. – 208 с.

7. Определение загрузки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в процессе эксплуатации / Я. В. Боннет, А. Ю. Логинов, А. Ю. Прудников, С. В. Подъячих // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2024. – Т. 71, № 1. – С. 17-23. – DOI 10.22314/2658-4859-2024-71-1-17-23.

8. Результаты моделирования асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора в режиме холостого хода / А. Ю. Прудников, В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, Я. В. Боннет // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 119-125.

9. Результаты проверки адекватности математического описания асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора / А. Ю. Прудников, В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, Я. В. Боннет // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 236-243.

10. Семенов, А. С. Моделирование режимов работы асинхронного двигателя в пакете программ MATLAB / А. С. Семенов // Вестник СВФУ. – 2014. – Т. 11, № 1. – С. 51-59.

11. Терских, И. П. Системные исследования процессов с.-х. производства / И. П. Терских, Н. И. Овчинникова // Сельскохозяйственная наука - производству : Тезисы докладов научной конференции, посвященной 60-летию ИСХИ, Иркутск, 01 января – 31 1995 года. – Иркутск: Иркутский сельскохозяйственный институт, 1995. – С. 26-27.

12. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – СПб. : Питер, 2008. – 288 с.

## **УДК 53**

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО МАГНЕТИЗМУ**

**Самбуева С.Р.**

ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА,  
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия

Эксперимент способствует организации самостоятельной деятельности обучающихся и приобретению умений применять теорию на практике. В данной работе исследуется распределение поперечного магнитного поля по центру системы катушек Гельмгольца по радиальной составляющей с использованием программного обеспечения. Проведение эксперимента способствует развитию исследовательских умений и навыков обучающихся; при этом устанавливаются реальные связи между физическими явлениями и большая роль эксперимента в изучении явлений и в решении практических задач.

*Ключевые слова:* программное обеспечение, компьютерные лабораторные работы.

### **COMPUTERIZED LABORATORY WORK ON MAGNETISM**

**Sambueva S.R.**

Buryat State Academy of Agriculture of V.R. Philippov,  
Russia, Ulan-Ude

The experiment contributes to the organization of independent activity of students and the acquisition of skills to apply theory in practice. This paper studies the distribution of the transverse magnetic field at the center of the Helmholtz coil system by the radial component using software. Conducting an experiment contributes to the development of students' research skills; it establishes real connections between physical phenomena and the great role of the experiment in the study of phenomena and in practical problems solution.

*Keywords:* software, computerized laboratory works.

#### **Введение**

Компетентностный подход [2, 4, 5] подразумевает усиление практической направленности образования. Эксперимент в форме физического практикума способствует организации самостоятельной деятельности обучающихся и приобретению умений применять теорию на практике. Для организации эксперимента необходима разработка методического обеспечения и методов табличной, графической и статистической обработки данных [3, 13] с использованием

информационных технологий [1, 11, 12]. В ходе лабораторных работ компьютер может использоваться как измерительное средство для получения данных от датчиков физических величин [9].

Целью настоящей работы является исследование распределения поперечного магнитного поля по центру системы катушек Гельмгольца по радиальной составляющей с использованием программного обеспечения.

### Результаты и обсуждение

Система катушек Гельмгольца представляет собой две одинаковые тонкие катушки, находящиеся по одной оси на расстоянии, равном их радиусу  $R$  [6-8, 10]. Индукция магнитного поля между катушками рассчитывается по формуле:

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{IN}{R},$$

где  $N$  – число витков катушки,  $I$  – сила тока, проходящего через катушки, соединенные последовательно.

Лабораторные работы выполняются на установке, в состав которой входит следующее оборудование (рисунок 1):

1. Две одинаковые катушки Гельмгольца ( $R= 149,5$  мм;  $N = 110$ ).
2. Регулируемый источник питания постоянного тока.
3. Измерительный зонд (датчик магнитного поля с держателем).
4. Устройство для перемещения и позиционирования датчика магнитного поля.
5. Измерительный блок.
6. Соединительные провода.

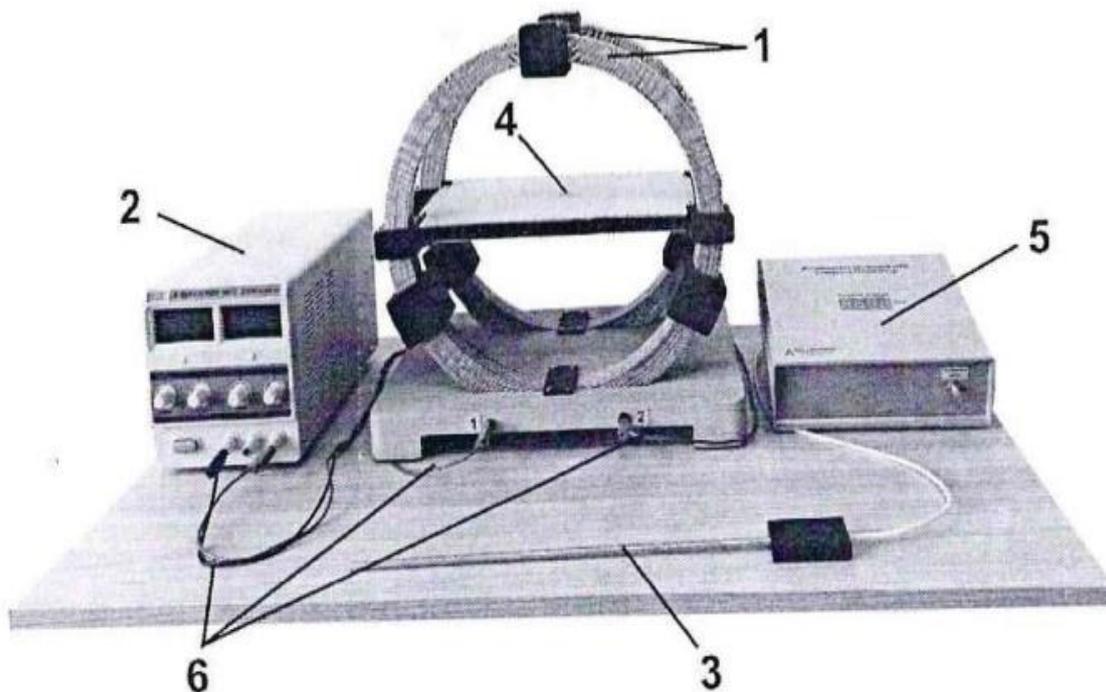


Рисунок 1– Лабораторная установка

Для измерения магнитной индукции используется датчик Холла. В измерительном блоке происходит обработка сигналов (измеряется напряжение Холла и вычисляется магнитная индукция). Измерительный блок, оснащён индикатором, на котором отображается измеренное значение индукции магнитного поля в мТл.

Полученные результаты выводятся на индикатор измерительного блока и через USB-порт передается в компьютер. Программное обеспечение позволяет записывать измеряемые значения и визуализировать распределение измеренной индукции магнитного поля в катушках на персональном компьютере. Ниже приводится пример лабораторной работы, проведенной с использованием программы «Катушки Гельмгольца ИМП».

Таблица 1 –Изучение зависимости поперечной компоненты магнитного поля катушки 1 от координаты x по центру между катушками –  $B_1(x)$ . Сила тока  $I = 2,30$  А

X(с м)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
$B_1(x)$	-0,50	-0,46	-0,43	-0,38	-0,32	-0,25	-0,18	-0,11	-0,05	0,00	0,04	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50

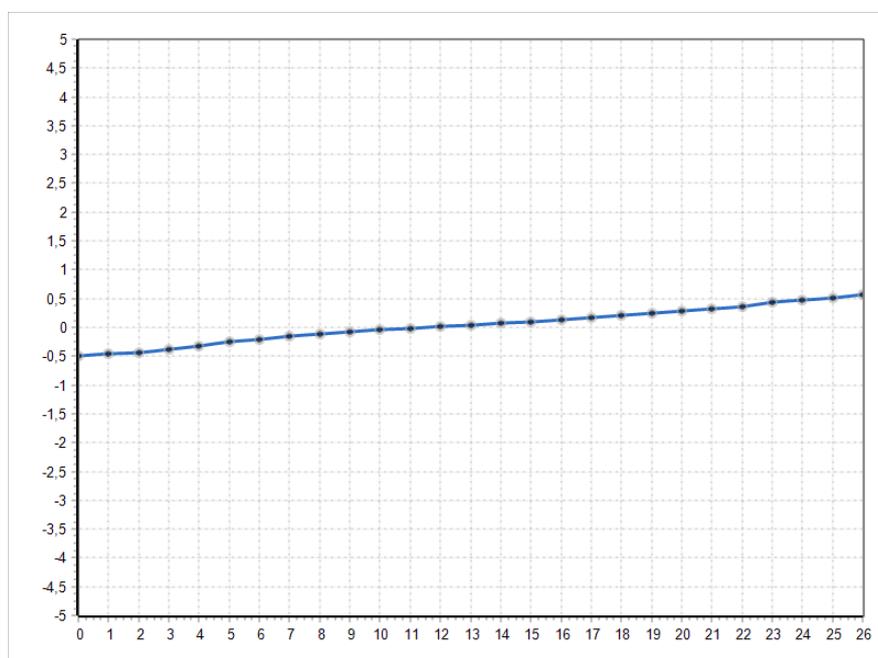


Рисунок 2 – Зависимость поперечной компоненты магнитной индукции, создаваемой катушкой 1, от координаты  $x$  по центру между катушками

Таблица 2 – Измерение зависимости поперечной компоненты магнитного поля катушки 2 от координаты x по центру между катушками –  $B_2(x)$

X(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$B_2(x)$	0,61	0,59	0,56	0,52	0,48	0,42	0,37	0,32	0,28	0,25	0,20	0,17	0,13	0,09	0,07	0,03	0,00	-0,02	-0,05	-0,10	-0,14	-0,18	-0,24	-0,28	-0,34	-0,40	-0,45

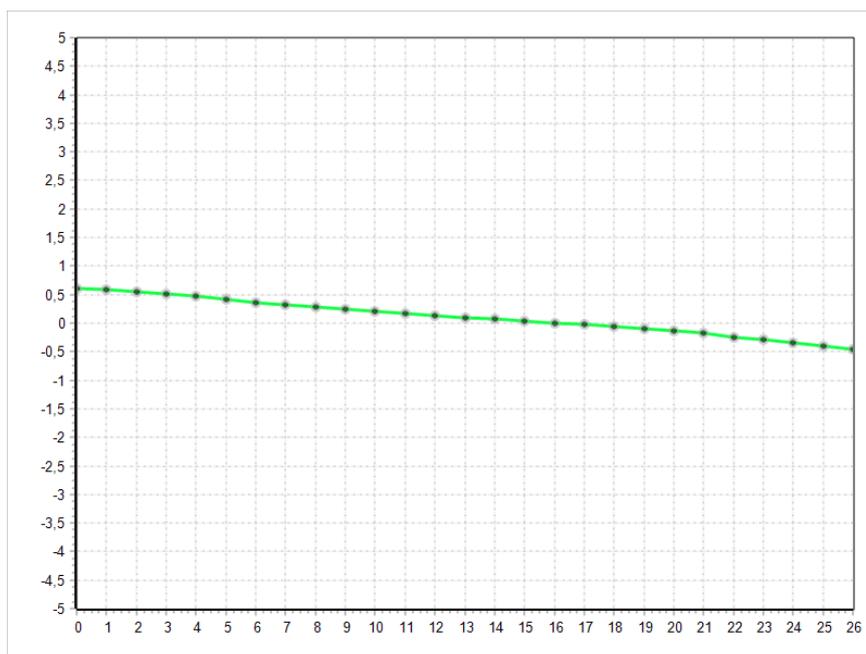


Рисунок 3 – Зависимость поперечной компоненты магнитной индукции, создаваемой катушкой 2, от координаты x по центру между катушками

Таблица 3– Сложение графически двух зависимостей  $B_1(x)$  и  $B_2(x)$

X(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$B_{\Sigma}(x)$	0,11	0,13	0,13	0,14	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,13	0,15	0,14	0,12	0,12

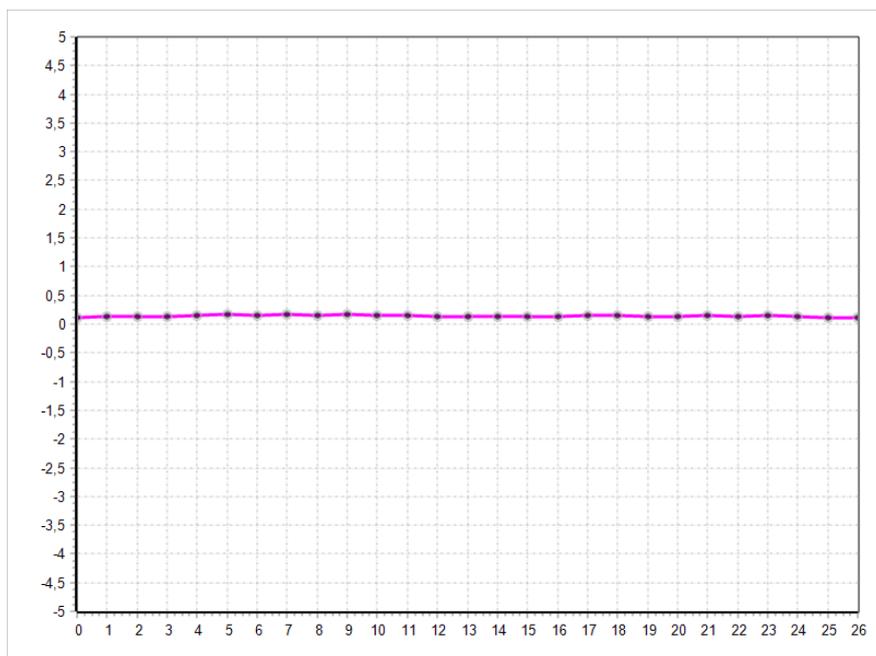


Рисунок 4 – Графическое сложение зависимостей  $V_1(x)$  (Рис. 2) и  $V_2(x)$  (Рисунок 3)

Таблица 4– Измерение зависимости поперечной компоненты магнитного поля  $V$  системы катушек Гельмгольца от координаты  $x$  по центру между катушками –  $V(x)$

$X(\text{см})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
$V(x)$	0,1 1	0,12	0,13	0,14	0,13	0,15	0,14	0,14	0,12	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10

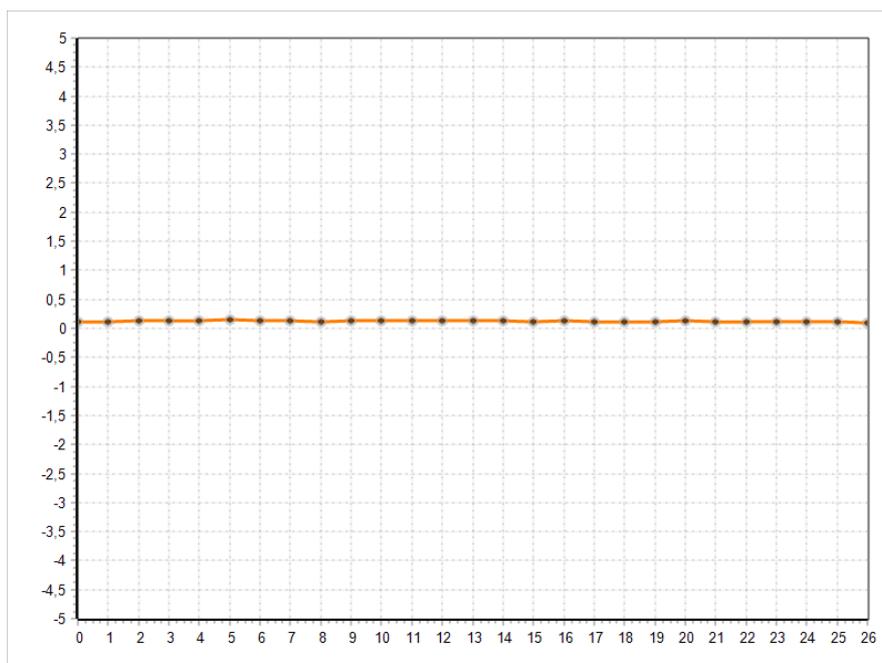


Рисунок 5 – Зависимость поперечной компоненты магнитного поля  $V$  последовательно соединенных катушек Гельмгольца от координаты  $x$  по центру между катушками

Таблица 5–Размещение всех экспериментально полученных графически зависимостей в одной системе координат

X(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
B1(x)	-	0,50	0,46	0,43	0,38	0,32	0,25	0,21	0,15	0,12	0,08	0,04	0,01	0,01	0,04	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,37	0,43	0,48	0,52	0,57
B2(x)	0,61	0,59	0,56	0,52	0,48	0,42	0,37	0,32	0,28	0,25	0,20	0,17	0,13	0,09	0,07	0,03	0,00	-	0,02	0,05	0,10	0,14	0,18	0,24	0,28	0,34	0,40	0,45
B $\Sigma$ (x)	0,11	0,13	0,13	0,14	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,13	0,15	0,14	0,12	0,12	
B(x)	0,11	0,12	0,13	0,14	0,13	0,15	0,14	0,14	0,12	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10

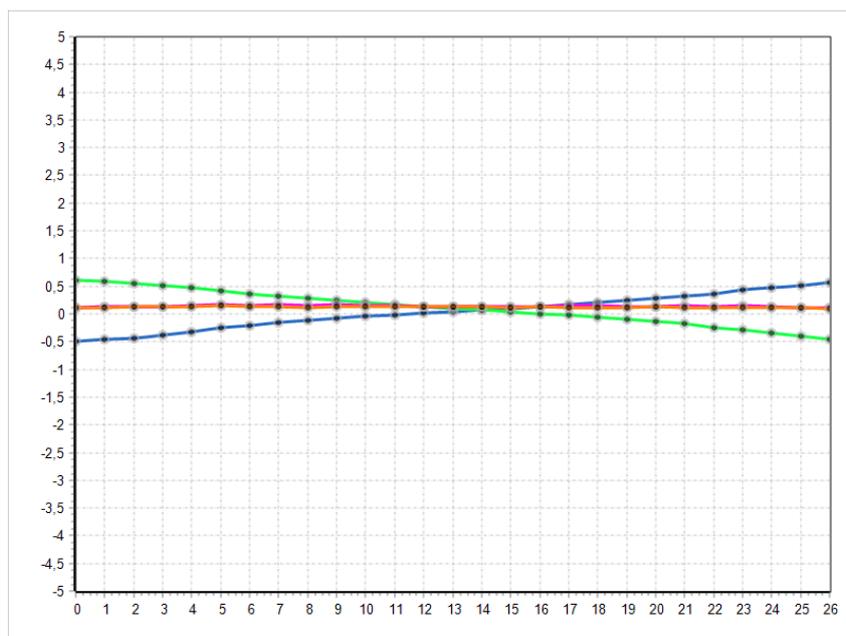


Рисунок 6 – Сводный график всех экспериментально полученных зависимостей

Анализ полученных графических зависимостей показал, что с увеличением координаты  $x$  на катушке 1 магнитная индукция постепенно увеличивается, а на катушке 2 постепенно уменьшается. Магнитное поле в пространстве между катушками практически однородно.

В заключение отметим, что использование эксперимента способствует развитию исследовательских умений и навыков обучающихся. В процессе его выполнения обучающиеся устанавливают реальные связи между физическими явлениями и убеждаются, что эксперимент играет большую роль в изучении окружающих явлений, а также в решении практических задач.

### Список литературы

1. Абросимов, А.И. Развитие информационно-образовательной среды высшего учебного заведения на основе информационных и телекоммуникационных технологий: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. / А. И. Абросимов // Москва, 2005. – 44 с.

2. Бодякина, Т. В. Профессиональная компетентность педагога в современном обществе /Т. В. Бодякина, Е. В. Елтошкина, Л. И. Санеева // Роль преподавателя в современном вузе: Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 21–24 марта 2017 года. Том 3. Вып. 24. –Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2017. – С. 205-212. – EDN YZDMOL.

3. Дамбуева, А. Б. Формирование исследовательских компетенций при решении экспериментальных физических задач / А. Б. Дамбуева, С. Р. Самбуева // Инженерно-технические системы и энергосберегающие технологии в АПК: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию БГСХА и 55-летию инженерного факультета, Улан-Удэ, 01–05 июня 2016 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. – С. 55-60. –EDN QJUANM.

4. Елтошкина, Е. В. Компетентностный подход при реализации дисциплины «Теория игр» /Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Е. Б. Павлова // Формирование компетенций выпускников вуза: соответствие образовательным и профессиональным стандартам: Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 14–16 мая 2019 года. Вып. 26. –Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2019. –С. 439-444. –EDN HHGWMM.

5. Зимняя, И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И. А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 34-42. –EDNSMMBFV.

6. Калашников, С. Г. Электричество / С. Г. Калашников // М.: Физматлит, 2008. – 624 с. –EDN RYRTST.

7. Мартинсон, Л.К. Электромагнитное поле: учеб. пособие для вузов /Л. К. Мартинсон, А. Н. Морозов, Е. В. Смирнов // М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 424 с. – EDN ZCKZQV.

8. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм / А. Н. Матвеев // М.: Оникс 21 век, 2005. – 463 с. –EDN QJPVRV.

9. Новиков, Ю.В. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC/ Ю. В. Новиков, О. А. Калашников, С. Э. Гуляев// Москва: ЭКОМ, 1997. – 224 с.

10. Савельев, И.В. Курс общей физики: учеб. пособие для вузов: в 5 кн. Кн. 2: Электричество и магнетизм / И. В. Савельев // СПб: Лань, 2005. – 496 с. – EDN QJPATZ.

11. Самбуева, С. Р. Информационно-коммуникационные технологии в процессе преподавания физики / С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы III Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 апреля 2022 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2022. – С. 313-319. – EDN MOOIJX.

12. Самбуева, С. Р. Использование интерактивных методов обучения физике / С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 марта 2023 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. – С. 238-245. – EDN GCMCCC.

13. Старовиков, М.И. Формирование учебной исследовательской деятельности школьников в условиях информатизации процесса обучения (на материале курса физики): автореф. дис. ... д-ра пед. наук. / М. И. Старовиков//Челябинск, 2007. –42 с. –EDN ZNEWDH.

**УДК 631.173.4**

## **МЕТОДИКА РАСЧЁТА ДЛЯ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ**

**Горбунова Т.Л., Рютин М.О., Ткаченко М.Н.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он. Иркутская область Россия*

Качество проведения технического обслуживания (ТО) машин с учетом экологической безопасности (ЭБ) зависит от множества факторов, а формирование такой оценки является одной из важных, сложных и мало отработанных видов деятельности инженерной службы хозяйств. Для этого требуется научно обоснованные, более совершенные методы и средства экологической оценки качества ТО, приемлемые к использованию на различных этапах производственной деятельности.

При использовании компьютера выполнение данной процедуры можно существенно усовершенствовать. Ниже дается описание двух вариантов методики получения значений массы, топливно-смазочных материалов (ТСМ), проливаемых на почву, которые в дальнейшем будем использовать как инструментарий для разработки специальных программно-алгоритмических и информационных средств.

Методика предусматривает получение числовых отношений удельных, вычисленных в расчете на единицу наработки машины, значений массы топливно-смазочных материалов, проливаемых на почву и найденных экспериментально при выполнении технических обслуживаний в полевых условиях (ЕТО, ТО-1 и ТО-2).

*Ключевые слова:* технического обслуживания, трактор, средняя наработка, периодичность, вероятность.

**CALCULATION METHOD FOR ALGORITHMIC AND INFORMATION TOOLS  
FOR DETERMINING ENVIRONMENTAL SAFETY OF TRACTOR**

The quality of technical maintenance of machines, taking into account environmental safety, depends on many factors, and the formation of such an assessment is one of the important, complex and poorly developed activities of the farm engineering service. This requires scientifically based, more advanced methods and means of environmental assessment of the quality of maintenance, acceptable for use at various stages of production activity.

If you use a computer, this procedure can be significantly improved. Below is a description of two options for obtaining mass values of fuel and lubricants spilled on the soil, which we will further use as tools for the development of special software, algorithmic and information tools.

The method involves obtaining numerical ratios of specific mass values, calculated per unit of machine operating time, of fuel and lubricants spilled on the soil and found experimentally when performing maintenance in the field.

*Key words:* maintenance, tractor, average operating time, frequency, probability.

Суммарная масса топливно-смазочных материалов по хозяйству, поступающая в почву определяем по формуле:

$$M_x = \tau_{\text{сл}} N_{\tau} \left( \frac{M_{\text{ЕО}} \gamma_{\text{ЕО}}}{\tau_{\text{ЕО}}} + \frac{M_{\text{Т}_1} \gamma_{\text{Т}_1}}{\tau_{\text{Т}_1}} + \frac{M_{\text{Т}_2} \gamma_{\text{Т}_2}}{\tau_{\text{Т}_2}} \right), \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{сл}}$  – средняя наработка тракторов за летний период ( $\tau_{\text{сл}} = 500 \text{ мтч}$ );

$N_{\tau}$  – суммарное (среднесуточное) число тракторов в хозяйстве;

$M_{\text{ЕО}}, M_{\text{Т}_1}, M_{\text{Т}_2}$  – средняя масса ТСМ, поступающая в почву, при ЕТО, ТО-1, ТО-2 гр.;

$\tau_{\text{ЕО}}, \tau_{\text{Т}_1}, \tau_{\text{Т}_2}$  – периодичность ЕТО, ТО-1, ТО-2;

$\gamma_{\text{ЕО}}, \gamma_{\text{Т}_1}, \gamma_{\text{Т}_2}$  – доля ЕТО, ТО-1, ТО-2, проводимых в поле:  $\gamma_{\text{ЕО}} = 1,0$ ;

$\gamma_{\text{Т}_1} = 0,9$ ;  $\gamma_{\text{Т}_2} = 0,6$ .

Покажем на примере:

$$M_x = 500 * 30 \left( \frac{6 * 1,0}{10} + \frac{8 * 0,9}{125} + \frac{12 * 0,6}{500} \right) = 10080 \text{ гр.} = 10,08 \text{ кг.}$$

$M_x$  – на 1 трактор – 336 гр.

Определим издержки от нарушения требований охраны окружающей среды [5,6]:

$$I_x = N_c \frac{M_x}{m_{\text{МП}}} k_3 k_x = 188 * 10^2 * \frac{10,08}{8,33} * 1,1 * 1,5 = 37537 \text{ руб.}$$

где (1251 руб. на 1 трактор)

$N_c$  – норматив стоимости земель, руб./га;

$m_{\text{МП}}$  – предельная масса ТСМ, достаточная для того, чтобы привести к полной деградации почвы на площади  $1 \text{ м}^2$  [3];

$k_3$  – коэффициент экологической значимости территории [1, 2];

$k_x$  – коэффициент для особо охраняемых территорий [3].

*Первый вариант формулы* для определения массы ТСМ  $m_i$ , поступающей в почву при ТО в поле  $i$ -той марки трактора представим в виде:

$$m_i = \tau_i N_i \left( \frac{m_{EOi} \gamma_{EOi}}{\tau_{EO}} + \frac{m_{T1i} \gamma_{T1i}}{\tau_{T1}} + \frac{m_{T2i} \gamma_{T2i}}{\tau_{T2}} \right), \quad (2)$$

где  $\tau_i$  – средняя наработка тракторов  $i$ -той марки за летний период, мтч;

$N_i$  – число тракторов  $i$ -той марки в хозяйстве, шт.;

$m_{EOi}$ ,  $m_{T1i}$ ,  $m_{T2i}$  – средняя масса ТСМ, поступающая в почву, при ЕТО, ТО-1 и ТО-2 тракторов  $i$ -той марки, кг;

$\gamma_{EOi}$ ,  $\gamma_{T1i}$ ,  $\gamma_{T2i}$  – доля ЕТО, ТО-1 и ТО-2, проводимых в поле при использовании тракторов  $i$ -той марки;

$\tau_{EOi}$ ,  $\tau_{T1i}$ ,  $\tau_{T2i}$  – периодичность ЕТО, ТО-1 и ТО-2 тракторов  $i$ -той марки, мтч.

*Покажем на примере.* Пусть по трактору  $i$ -той марки имеем:  $\tau_i = 500$  мтч;  $N_i = 5$ ;  $m_{EOi}$ ,  $m_{T1i}$ ,  $m_{T2i}$  – соответственно 0,006, 0,008 и 0,012 кг;  $\gamma_{EOi}$ ,  $\gamma_{T1i}$ ,  $\gamma_{T2i}$  – 1,0, 0,9 и 0,6;  $\tau_{EOi}$ ,  $\tau_{T1i}$ ,  $\tau_{T2i}$  – 10, 125 и 500 мтч. Тогда по (2) получим

$$m_i = 500 \cdot 5 \left( \frac{0,006 \cdot 1,0}{10} + \frac{0,008 \cdot 0,9}{125} + \frac{0,012 \cdot 0,6}{500} \right) = 1,68 \text{ кг.}$$

*Второй вариант формулы* для определения массы ТСМ  $m_i$ , поступающей в почву при ТО в поле  $i$ -той марки трактора будет иметь вид:

Исходная формула имеет вид:

$$m_i = \tau_i N_i \left( \frac{m_{EOi} \gamma_{EOi}}{\tau_{EO}} + \frac{m_{T1i} \gamma_{T1i}}{\tau_{T1}} + \frac{m_{T2i} \gamma_{T2i}}{\tau_{T2}} \right), \quad (3)$$

где  $\tau_i$  – средняя наработка тракторов  $i$ -той марки за летний период, мтч;

$N_i$  – число тракторов  $i$ -той марки в хозяйстве, шт.;

$m_{EOi}$ ,  $m_{T1i}$ ,  $m_{T2i}$  – средняя масса ТСМ, поступающая в почву, при ЕТО, ТО-1 и ТО-2 тракторов  $i$ -той марки, кг;

$\gamma_{EOi}$ ,  $\gamma_{T1i}$ ,  $\gamma_{T2i}$  – доля ЕТО, ТО-1 и ТО-2, проводимых в поле при использовании тракторов  $i$ -той марки;

$\tau_{EOi}$ ,  $\tau_{T1i}$ ,  $\tau_{T2i}$  – периодичность ЕТО, ТО-1 и ТО-2 тракторов  $i$ -той марки, мтч.

Представим  $m_{EOi}$ ,  $m_{T1i}$  и  $m_{T2i}$  в виде произведений:

$$m_{EOi} = n_{EOi} \overline{m_{EOi}} P_{EOi}, \quad (4)$$

$$m_{T1i} = n_{T1i} \overline{m_{T1i}} P_{T1i}, \quad (5)$$

$$m_{T2i} = n_{T2i} \overline{m_{T2i}} P_{T2i}, \quad (6)$$

где  $n_{EOi}$ ,  $n_{T1i}$ ,  $n_{T2i}$  – число смазочно-заправочных операций (СЗО) при ЕТО, ТО-1 и ТО-2;

$\overline{m_{EOi}}$ ,  $\overline{m_{T1i}}$ ,  $\overline{m_{T2i}}$  – средняя масса ТСМ, поступающая в почву по одной СЗО при ЕТО, ТО-1 и ТО-2;

$P_{EOi}$ ,  $P_{T1i}$ ,  $P_{T2i}$  – опытная вероятность выполнения СЗО по результатам диагностирования при ЕТО, ТО-1 и ТО-2 [4, 5].

Теперь подставим (4), (5), (6) в (3) и получим формулу (7) в следующем окончательном виде:

$$m_i = \tau_i N_i \left( \frac{n_{EOi} \bar{m}_{EOi} P_{EOi} \gamma_{EOi}}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1i} \bar{m}_{T1i} P_{T1i} \gamma_{T1i}}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2i} \bar{m}_{T2i} P_{T2i} \gamma_{T2i}}{\tau_{T2}} \right). \quad (7)$$

Таблица – Результаты измерений показателей по маркам тракторов

Наименование показателей	Обозначение	Значение по маркам тракторов		
		МТЗ-80, МТЗ-82.1, МТЗ-1221	Кировец, Trion, JohnDeere, CLAAS	ДТ-75, ДТ-75М, Т-4А Т-150К,
Средняя наработка тракторов $i$ -той марки за летний период, мтч	$\tau_i$	1500	631	267
Суммарное (среднесуточное) число тракторов в хозяйстве	$N_T$	19	7	4
Средняя масса ТСМ, поступающая в почву, при ЕТО, ТО-1 и ТО-2 тракторов $i$ -той марки, кг	$m_{EOi}$ ,	0,039	0,035	0,034
	$m_{T1i}$ ,	0,054	0,275	0,810
	$m'_{T1i}$ ,	0,231	0,029	0,034
	$m_{T2i}$	0,159	0,047	0,439
Доля ЕТО, ТО-1 и ТО-2, проводимых в поле при использовании тракторов $i$ -той марки	$\gamma_{EOi}$ ,	1,00	1,00	1,00
	$\gamma_{T1i}$ ,	1,00	1,00	1,00
	$\gamma'_{T1i}$ ,	0,80	0,80	0,80
	$\gamma_{T2i}$	0,64	0,64	0,64
Периодичность ЕТО, ТО-1 и ТО-2 тракторов $i$ -той марки, мтч	$\tau_{EOi}$ ,	10	10	10
	$\tau_{T1i}$ ,	125	125	125
	$\tau'_{T1i}$ ,	250	250	250
	$\tau_{T2i}$	500	500	500
Число смазочно-заправочных операций (СЗО) при ЕТО, ТО-1 и ТО-2	$n_{EOi}$ ,	3	1	1
	$n_{T1i}$ ,	2	8	24
	$n'_{T1i}$ ,	8	1	1
	$n_{T2i}$	4	1	10
Опытная вероятность выполнения СЗО по результатам диагностирования при ЕТО, ТО-1 и ТО-2	$P_{EOi}$ ,	0,85	0,85	0,85
	$P_{T1i}$ ,	0,75	0,75	0,75
	$P'_{T1i}$ ,	0,80	0,80	0,80
	$P_{T2i}$	1,00	1,00	1,00

Для удобства и рациональной организации расчетных процедур целесообразно формировать несколько таблиц. Предварительное заполнение необходимых сведений производит специалист по ТО, затем эти сведения вводятся в персональный компьютер в специально сформированные формы.

С помощью данной методики можно разработать и реализовать в среде электронной таблицы программно-алгоритмические и информационные средства автоматизированного решения задач по определению суммарной массы топливно-смазочных материалов по хозяйству, поступающих в почву.

### Список литературы

1. Бодякина, Т. В. Снижение выбросов в атмосферу путем применения альтернативных топлив / Т. В. Бодякина, П. А. Болоев // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии : Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 года. Том II. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 20-26. – EDN OWVSYT.

2. Бураева, Г.М. Оценка внешних и внутренних факторов организации технического сервиса машин в АПК / Г.М. Бураева // Технический сервис машин. – 2022. – № 4(149). – С. 13-20. ГОСТ Р 57703-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отработанных нефтепродуктов. – Москва: Стандартиформ, 2019. – 15 с.

3. ГОСТ Р 56828.43-2018 Наилучшие доступные технологии. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. Показатели для идентификации. – Москва: Стандартиформ, 2018. – 8 с.

4. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2). – Москва: Стандартиформ, 2007. – 12 с.

5. Рабочие процессы регулирования дизеля / Т. В. Бодякина, П. А. Болоев, Е. В. Елтошкина, Н. О. Шелкунова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 9-16. – EDN SMGVVR.

6. Ресурсосбережение и экологическая безопасность при техническом обслуживании машин в сельском хозяйстве (проблемы и решения): монография / М.В. Чубарева, А.В. Хабардина, Т.Л. Горбунова и др.: под ред В.Н. Хабардина. - Иркутск: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2019. - 200с.

7. Хабардин, В.Н. Экологическая оценка технического обслуживания машин в полевых условиях / В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева, Т.Л. Горбунова // Естественные и технические науки. - 2016. - № 12 (102). - С. 318-325.

8. Хабардин, В.Н. Математическое описание технического обслуживания машин с учетом его надёжности. В.Н. Хабардин, Т.Л. Горбунова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021 – № 1 (87). – С. 124 – 129.

9. Features of combustion processes of water-fuel emulsions / P. A. Boloiev, E. V. Eltoshkina, T. V. Bodyakina, T. P. Gerganova // , 18–20 октября 2023 года, 2023. – P. 437-440. – EDN BDXTEI.

10. Forecasting characteristics affecting the reliability of the operation of the machine and tractor fleet over time / T. V. Bodyakina, P. A. Boloiev, N. O. Shelkunova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, 29–30 марта 2021 года. – Omsk City, 2022. – P. 012012. – DOI 10.1088/1755-1315/954/1/012012. – EDN IHIKDI.

УДК 519:237:631.171:551.501

## АНАЛИЗ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В КИРКУКЕ МЕТОДАМИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

**Тырсин А.Н., Хасан А.М.Х.**

ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет  
г. Екатеринбург, Россия

Исследован вопрос влияния на урожайность озимых культур климатических и социально-экономических факторов в Киркуке за период с 2000 по 2022 год. Для анализа данных использовались методы многомерного корреляционного и регрессионного анализа. К значимым показателям отнесены численность населения, занятого в растениеводстве, валовой внутренний продукт на душу населения, нормализованный вегетационный индекс, профиль влажности почвы, поверхностное давление и скорость ветра. Исследование показало наличие влияния социально-экономических и климатических факторов на урожайность озимых зерновых культур.

*Ключевые слова:* модель, урожайность, зерновая культура, климат, корреляция, регрессия.

## ANALYSIS OF GRAIN YIELDS IN KIRKUK BY METHODS OF MULTIDIMENSIONAL STATISTICAL ANALYSIS

**Tyrsin A.N., Hasan A. M. H.**

Ural Federal University, Russia, Yekaterinburg

The issue of the influence of climatic and socio-economic factors on the yield of winter crops in Kirkuk for the period from 2000 to 2022 has been researched. Multivariate correlation and regression analysis methods were used to analyze the data. Significant indicators include the number of people employed in crop production, gross domestic product per capita, normalized vegetation index, soil moisture profile, surface pressure and wind speed. The research showed the influence of socio-economic and climatic factors on the yield of winter cereals.

*Keywords:* model, yield, grain crop, climate, correlation, regression.

### **Введение**

Сельское хозяйство является одной из важнейших составляющих экономического благополучия Республики Ирак. Поэтому исследование влияния на эффективность аграрного сектора различных факторов, безусловно, является актуальной задачей. Многие авторы [1, 2] отмечают снижение плодородия почвы из-за изменения климата и военных действий, что приводит к снижению урожайности в растениеводстве. Однако растениеводство – это сложный вид деятельности, который зависит не только от климатических условий, но и от ряда других составляющих – уровня экономики, социальной сферы, развития технологий [3 – 5].

Целью статьи – исследование на примере провинции Киркук влияния на аграрный сектор Ирака ряда климатических и социально-экономических факторов. Анализируемый период времени – с 2000 по 2022 годы.

### **Входные данные**

Урожайность сельскохозяйственных культур – это интегральный показатель биологической продуктивности агроландшафтов. Поэтому именно ее используем в качестве показателя эффективности аграрного сектора. В Киркуке основные культуры – это пшеница и ячмень.

В качестве климатических факторов будем рассматривать вегетационные индексы, влажность почвы и воздуха, поверхностное давление и характеристики ветра, поведение солнечных потоков, температурные показатели, их значения формируются ежемесячно. Пшеница и ячмень – озимые культуры, их жизненный цикл происходит с ноября по апрель. Поэтому в качестве годовых значений климатических показателей будем использовать их средние значения в течение жизненного цикла.

Основными социально-экономическими показателями являются численность населения, занятого в растениеводстве, валовой внутренний продукт (ВВП) на душу населения.

При формировании данных было сделано уточнение. Во-первых, из-за затяжного вооруженного конфликта, вызванного вторжением США в 2003 году в Ирак, а также военными столкновениями с ИГИЛ в 2014-2015 годах, для отдельных провинций отсутствуют статистические данные за несколько лет ряда социально-экономических показателей. Поэтому: 1) вместо численности населения, занятого в растениеводстве, используем численность населения в Киркуке; 2) вместо Киркука используем валовой внутренний продукт на душу населения корреляции в Ираке. Предложенные для замены показатели тесно коррелируют с исходными, что делает данную замену корректной.

Во-вторых, в каждой из групп климатических показателей наблюдается выраженный эффект мультиколлинеарности. Для устранения мультиколлинеарности в каждой группе были выбраны показатели, наиболее коррелированные с урожайностью озимых зерновых культур.

В результате была сформирована следующая группа переменных, приведенная в таблице 1.

Абсолютные величины коэффициентов парной линейной корреляции в таблице 2 не превышают 0,8, что можно считать допустимым.

Таблица 1 – Анализируемые показатели

Группы показателей	Показатели
$\mathbf{X}_1$ – население и ВВП	$X_{11}$ – Население Киркука, млн. чел.
	$X_{12}$ – валовой внутренний продукт Ирака на душу населения в ценах 2023 года (для учета инфляции), тысяч долл. США
$\mathbf{X}_2$ – вегетационные индексы	$X_{21}$ – нормализованный вегетационный индекс, ед.
	$X_{22}$ – индекс здоровья растительности, ед.
$\mathbf{X}_3$ – влажность почвы и воздуха	$X_{31}$ – профиль влажности почвы, ед.
	$X_{32}$ – удельная влажность на расстоянии 2 метров, г/кг
$\mathbf{X}_4$ – давление и ветер	$X_{41}$ – поверхностное давление, кПа/10
	$X_{42}$ – скорость ветра на расстоянии не менее 10 метров, м/с
$\mathbf{X}_5$ – солнечные потоки и температура	$X_{51}$ – коротковолновое нисходящее излучение поверхности ясного неба, МДж/м <sup>2</sup> /день
	$X_{52}$ – температура на расстоянии 2 метров, град. С
$\mathbf{Y}$ – озимые злаковые культуры	$Y_1$ – Урожайность пшеницы, тонн/га
	$Y_2$ – Урожайность ячменя, тонн/га

### Методы и результаты исследования

В табл. 1 имеем систему  $\mathbf{Z}$  показателей, состоящую из шести подсистем (случайных векторов)  $\mathbf{Z} = \mathbf{Y} \cup \mathbf{X}$ , где  $\mathbf{X} = \bigcap_{k=1}^5 \mathbf{X}_k$ ,  $\mathbf{X}_k = (X_{k,1}, X_{k,2})$ . Считаем систему  $\mathbf{Z}$  гауссовой: 1) использование нормального закона распределения опирается на центральную предельную теорему [6]; 2) анализируемая выборка является малой, что не позволяет оценить закон распределения случайного вектора  $\mathbf{Z}$ ; 3) проверка значимости линейной корреляционной зависимости между всеми парами компонент на основе  $F$ -критерия Фишера [7] не отклонила нулевую гипотезу.

Рассмотрим известные показатели тесноты корреляционной связи, которые можно использовать для такой системы.

Для гауссовых случайных векторов  $\mathbf{Z}$  в [8] предложена скалярная мера – коэффициент тесноты совместной линейной корреляционной связи, равный

$$d_m(\mathbf{Z}) = 1 - |\mathbf{R}_Z|^{1/m}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{Z} = (Z_1, \dots, Z_m)$  – многомерная случайная величина, имеющая совместное нормальное распределение и корреляционную матрицу  $\mathbf{R}_Z$ .

Зададим  $n$  непрерывных случайных векторов произвольных размерностей, у которых нет совпадающих компонент. Обозначим их как

$$\mathbf{Z}^{(1)} = (Z_1^{(1)}, \dots, Z_{m_1}^{(1)}), \dots, \mathbf{Z}^{(n)} = (Z_1^{(n)}, \dots, Z_{m_n}^{(n)}).$$

Считаем, что компоненты этих случайных векторов имеют дисперсии и могут быть корреляционно взаимно зависимыми. Для этого множества случайных векторов введем их объединение

$$\mathbf{Y} = \bigcup_{j=1}^n \mathbf{Y}^{(j)} = (\underbrace{Y_1, \dots, Y_{m_1}}_{\mathbf{Y}^{(1)}}, \underbrace{Y_{m_1+1}, \dots, Y_{m_1+m_2}}_{\mathbf{Y}^{(2)}}, \dots, \underbrace{Y_{m_1+\dots+m_{n-1}+1}, \dots, Y_{m_1+\dots+m_n}}_{\mathbf{Y}^{(n)}}).$$

В [9] введена скалярная мера тесноты взаимосвязи между случайными векторами  $\mathbf{Z}^{(1)}, \dots, \mathbf{Z}^{(n)}$ :

$$d\left(\bigcap_{j=1}^n \mathbf{Z}^{(j)}\right) = 1 - \frac{\left| \mathbf{R}_{\bigcup_{j=1}^n \mathbf{Z}^{(j)}} \right|}{\prod_{j=1}^n \left| \mathbf{R}_{\mathbf{Z}^{(j)}} \right|}. \quad (2)$$

Для учета размерности вектора  $\mathbf{Z}$  по аналогии с (1) запишем (2) как

$$d_m\left(\bigcap_{j=1}^n \mathbf{Y}^{(j)}\right) = 1 - \left( \frac{\left| \mathbf{R}_{\bigcup_{j=1}^n \mathbf{Y}^{(j)}} \right|}{\prod_{j=1}^n \left| \mathbf{R}_{\mathbf{Y}^{(j)}} \right|} \right)^{1/m}. \quad (3)$$

Коэффициент  $d_m\left(\bigcap_{j=1}^n \mathbf{Z}^{(j)}\right)$  принимает значения от 0 до 1. Если каждый из элементов любой подсистемы функционирует независимо от всех элементов остальных подсистем, то  $d_m\left(\bigcap_{j=1}^n \mathbf{Z}^{(j)}\right) = 0$ . Если хотя бы один из элементов хотя бы одной подсистемы линейно зависит от хотя бы одного из элементов хотя бы одной другой подсистемы, то  $d_m\left(\bigcap_{j=1}^n \mathbf{Z}^{(j)}\right) = 1$ . При наличии корреляционных зависимостей между элементами разных подсистем  $0 < d_m\left(\bigcap_{j=1}^n \mathbf{Z}^{(j)}\right) < 1$ . Очевидно, что  $d_m\left(\bigcap_{j=1}^n \mathbf{Z}^{(j)}\right) \leq d_m(\mathbf{Z})$ .

Формула (3) позволяет унифицировать количественную меру тесноты корреляционной взаимосвязи. Рассмотрим ее частные случаи.

1. Пусть  $n = 2$ :  $\mathbf{Z} = \mathbf{Z}^{(1)} \cup \mathbf{Z}^{(2)}$ . Тогда теснота корреляционной связи между случайными векторами  $\mathbf{Z}^{(1)}$  и  $\mathbf{Z}^{(2)}$  равна

$$d_m(\mathbf{Z}^{(1)} \cap \mathbf{Z}^{(2)}) = 1 - \left( \frac{\left| \mathbf{R}_{\mathbf{Z}^{(1)} \cup \mathbf{Z}^{(2)}} \right|}{\left| \mathbf{R}_{\mathbf{Z}^{(1)}} \right| \cdot \left| \mathbf{R}_{\mathbf{Z}^{(2)}} \right|} \right)^{1/m}. \quad (4)$$

2. Если все  $m_j = 1$ , т.е.  $\mathbf{Z}^{(j)} = Z_j, j = 1, \dots, m$ , то (3) примет вид (1).

3. Теснота корреляционной связи между случайным вектором  $\mathbf{Z} = (Z_1, \dots, Z_m)$  и гауссовой случайной величиной  $U$  с учетом (4) равна

$$d_{m+1}(\mathbf{Z} \cap U) = 1 - \left( \frac{\left| \mathbf{R}_{\mathbf{Z} \cup U} \right|}{\left| \mathbf{R}_{\mathbf{Z}} \right|} \right)^{\frac{1}{m+1}}. \quad (5)$$

Определим предельный вклад любой компоненты  $X_j$  в увеличение тесноты корреляционной связи между случайными векторами  $\mathbf{X}$  и  $\mathbf{Y}$  как

$$\Delta d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y} | X_j) = \left( \frac{|\mathbf{R}_{(\mathbf{X} \setminus X_j) \cup \mathbf{Y}}|}{|\mathbf{R}_{\mathbf{X} \setminus X_j}| \cdot |\mathbf{R}_{\mathbf{Y}}|} \right)^{\frac{1}{m}} - \left( \frac{|\mathbf{R}_{\mathbf{X} \cup \mathbf{Y}}|}{|\mathbf{R}_{\mathbf{X}}| \cdot |\mathbf{R}_{\mathbf{Y}}|} \right)^{\frac{1}{m}}. \quad (6)$$

Также ввиду большого числа переменных представляется полезным использование частного коэффициента парной линейной корреляции. Например, для гауссового случайного вектора  $\mathbf{Z}$  частный коэффициент парной линейной корреляции между переменными  $Z_j$  и  $Z_l$  равен [5]

$$R_{jl}(\mathbf{Z}) = -A_{jl} / \sqrt{A_{jj} \cdot A_{ll}}, \quad (7)$$

где  $A_{jl}, A_{jj}, A_{ll}$  – алгебраические дополнения элементов  $r_{jl}, r_{jj}, r_{ll}$  корреляционной матрицы  $\mathbf{R}_Z$ .

Рассмотрение ежегодных показателей урожайности пшеницы и ячменя показало статистически значимые с надежностью более 99% их устойчивый рост. На рисунке 1 показана динамика урожайности пшеницы и ячменя за 2000–2022 годы, с уравнениями регрессии урожайностей культур относительно времени и коэффициентами детерминации  $R^2$  построенных зависимостей.

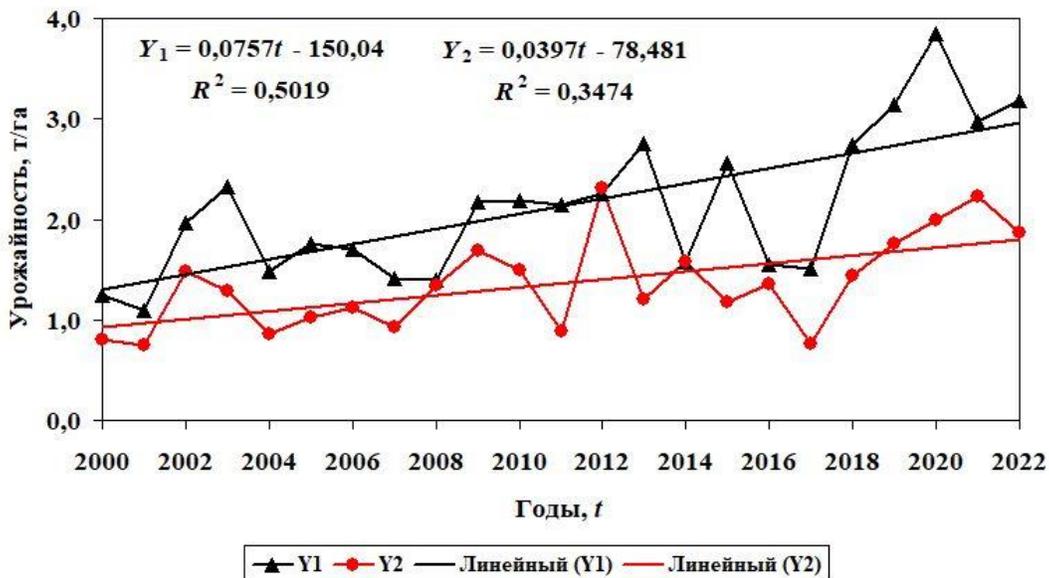


Рисунок 1. – Динамика урожайности пшеницы ( $Y_1$ ) и ячменя ( $Y_2$ )

В таблице 2 приведены частные коэффициенты корреляции между урожайностями  $Y_k$  и переменными  $X_i$  за 2000 – 2022 годы соответственно. Абсолютные величины коэффициентов парной линейной корреляции в табл. 2 не превышают 0,84, что в целом можно считать допустимым.

Таблица 2 – Матрица коэффициентов частной корреляции за 2000 – 2022 годы

	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{41}$	$X_{42}$	$X_{51}$	$X_{52}$
$Y_1$	0,71	-0,64	0,40	-0,27	0,15	-0,20	-0,68	0,40	0,29	-0,11
$Y_2$	0,36	-0,10	0,00	0,08	-0,21	-0,10	-0,12	-0,03	-0,11	-0,12

Регрессионное моделирование урожайности пшеницы и ячменя не позволило получить зависимости, удовлетворяющие всем показателям качества. Для регрессионной зависимости урожайности пшеницы наилучшая модель при условии превышения коэффициентом детерминации  $R^2$  значения 0,8 приведена в таблице 3. Наилучший вариант регрессионной зависимости урожайности ячменя приведен в таблице 4. Результаты таблиц 3, 4 соответствуют частным коэффициентам корреляции из таблице 2.

Таблица 3 – Регрессионная модель для переменной  $Y_1$ :  $R^2 = 0,8421$ ,  $F(5,17) = 18,131$ ,  $p < 0,0000$ , стандартная ошибка:  $s_e = 0,3275$

Переменные	Коэффициенты регрессии	Стандартные ошибки	$t$ -статистики	$p$ -уровни
Свободный член	706,8863	146,2285	4,8341	0,0002
$X_{11}$	2,3741	0,4065	5,8400	0,0000
$X_{12}$	-0,2204	0,0598	-3,6847	0,0018
$X_{21}$	1,6164	1,1003	1,4691	0,1601
$X_{41}$	-72,8578	15,0553	-4,8393	0,0002
$X_{42}$	3,3434	2,1005	1,5917	0,1299

Таблица 4 – Регрессионная модель для переменной  $Y_2$ :  $R^2 = 0,4746$ ,  $F(3,19) = 5,721$ ,  $p < 0,0058$ , стандартная ошибка:  $s_e = 0,3563$

Переменные	Коэффициенты регрессии	Стандартные ошибки	$t$ -статистики	$p$ -уровни
Свободный член	4,4661	2,3456	1,9040	0,0722
$X_{11}$	0,8669	0,2336	3,7112	0,0015
$X_{31}$	-3,8344	2,1276	-1,8022	0,0874
$X_{52}$	-0,0921	0,0638	-1,4436	0,1651

Поэтому перейдем к многомерному корреляционному анализу данных. Входные и выходные величины представлены векторами  $\mathbf{X}$  и  $\mathbf{Y}$ . Поэтому при проведении исследования воспользуемся приведенными выше формулами (1) – (7) многомерного корреляционного анализа. Для рассмотрения динамики показателей будем использовать подвыборки по 14 лет: с 2000 по 2013 гг., с 2001 по 2014 гг., ... , с 2009 по 2022 гг. Уменьшение размера подвыборок приводит к неустойчивости результатов. Сравнительный анализ корреляционных матриц показал, что увеличение размера равнение этих

подвыборок незначительно влияет на результат. Поэтому для сохранения возможности исследования динамики остановимся на 14-летних подвыборках. Ниже на графиках дата предполагает, что результат рассчитан на подвыборке за 14 лет, включая этот год, например 2013 году соответствует период с 2000 по 2013 гг. и т.д.

На рисунке 2 приведена динамика коэффициентов тесноты совместной линейной корреляционной связи  $d_m(\mathbf{Z})$ ,  $d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y})$ ,  $d_m(\bigcap_{j=1}^6 \mathbf{Z}^{(j)})$  с 2000 по 2022 годы. Здесь  $\mathbf{X}_1 = \mathbf{Z}^{(1)}$ , ...,  $\mathbf{X}_5 = \mathbf{Z}^{(5)}$ ,  $\mathbf{Y} = \mathbf{Z}^{(6)}$ . В таблице 5 приведены значения коэффициентов  $d_m(\mathbf{Z})$ ,  $d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y})$ ,  $d_m(\bigcap_{j=1}^6 \mathbf{Z}^{(j)})$  для всей выборки.

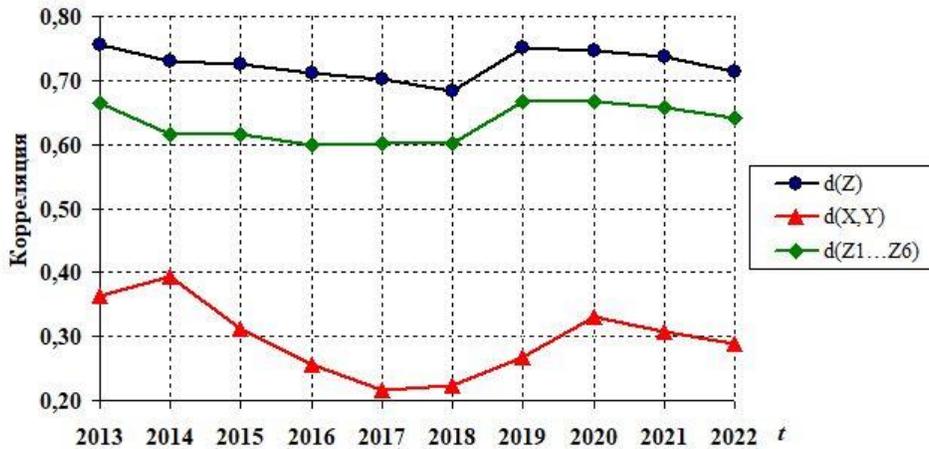


Рисунок 2 – Динамика коэффициентов  $d_m(\mathbf{Z})$ ,  $d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y})$ ,  $d_m(\bigcap_{j=1}^6 \mathbf{Z}^{(j)})$

Таблица 5 – Коэффициенты  $d_m(\mathbf{Z})$ ,  $d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y})$ ,  $d_m(\bigcap_{j=1}^6 \mathbf{Z}^{(j)})$  для выборки с 2000 по 2022 гг.

$d_m(\mathbf{Z})$	$d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y})$	$d_m(\bigcap_{j=1}^6 \mathbf{Z}^{(j)})$
0,609	0,180	0,468

Видим достаточно сильную совместную корреляцию  $d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y})$  всех компонент множества  $\mathbf{Z} = \mathbf{Y} \cup \mathbf{X}$  и корреляцию  $d_m(\bigcap_{j=1}^6 \mathbf{Z}^{(j)})$  между множествами  $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_5, \mathbf{Y}$ . Значительно меньшая теснота корреляции  $d_m(\mathbf{Z})$  между множествами  $\mathbf{X}$  и  $\mathbf{Y}$  объясняется согласно (3) слишком высокой корреляцией между входными переменными из разных групп.

Оценим далее по формуле (6) предельные вклады входных переменных в увеличение тесноты корреляционной связи между случайными векторами  $\mathbf{X}$  и  $\mathbf{Y}$  за период с 2000 по 2022 гг. Результаты приведены в табл. 6. Наибольший предельный вклад оказался у переменных, которые оказались статистически значимыми в таблице 3, 4.

Таблица 6 – Предельные вклады входных переменных в увеличение тесноты корреляционной связи между случайными векторами  $\mathbf{X}$  и  $\mathbf{Y}$

$X_j$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{41}$	$X_{42}$	$X_{51}$	$X_{52}$
$\Delta d_m(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y}   X_j)$	0,049	0,042	0,015	0,008	0,009	0,003	0,049	0,016	0,011	0,001

Определим по формулам (1) и (4) коэффициенты  $d_m(\mathbf{X}_k \cup \mathbf{Y})$ ,  $d_m(\mathbf{X}_k \cap \mathbf{Y})$ , характеризующие тесноту корреляционной связи между множествами переменных  $\mathbf{X}$  и урожайностями  $\mathbf{Y}$  за период с 2000 по 2022 гг. (см. таблице 7).

Большая разница между  $d_m(\mathbf{X}_k \cup \mathbf{Y})$  и  $d_m(\mathbf{X}_k \cap \mathbf{Y})$  обусловлена более тесной корреляцией в группах по сравнению с межгрупповыми корреляциями переменных. Особенно это проявилось для множеств  $\mathbf{X}_3$  и  $\mathbf{X}_4$ .

Закончим анализ данных исследованием динамики коэффициентов  $d_m(\mathbf{X} \cap Y_k)$  тесноты корреляционной связи между урожайностями  $Y_k$  и множеством  $\mathbf{X}$  входных показателей. Результаты расчетов по формуле (5) приведены на рисунке 3.

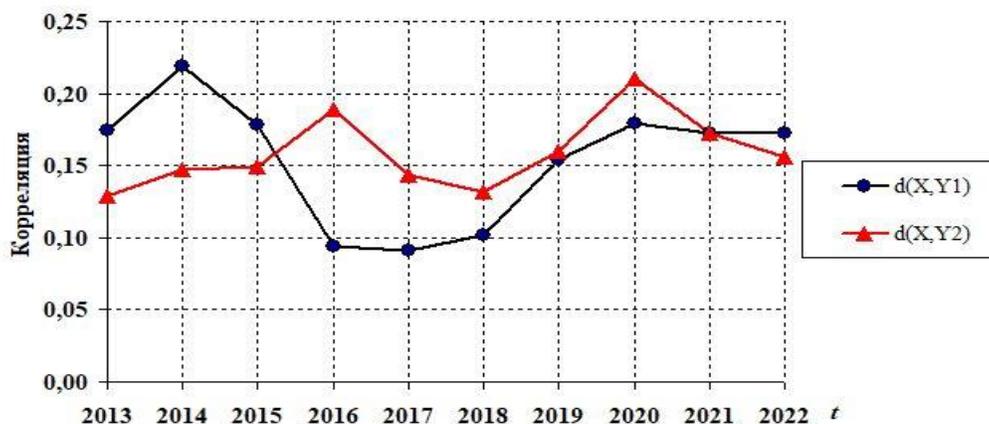


Рисунок 3 – Коэффициентов  $d_m(\mathbf{X} \cap Y_k)$  тесноты корреляционной связи между урожайностями  $Y_k$  и множеством  $\mathbf{X}$  входных показателей

Видим, что значения коэффициентов сохраняются примерно на одном уровне. Низкие значения по сравнению с результатами регрессионного анализа объясняются слишком малыми подвыборками.

Таблица 7 – Коэффициенты тесноты корреляционной связи между множествами входных переменных  $\mathbf{X}$  и урожайностями  $\mathbf{Y}$

$\mathbf{X}_k$	$\mathbf{X}_1$	$\mathbf{X}_2$	$\mathbf{X}_3$	$\mathbf{X}_4$	$\mathbf{X}_5$
$d_m(\mathbf{X}_k \cup \mathbf{Y})$	0,449	0,473	0,335	0,191	0,254
$d_m(\mathbf{X}_k \cap \mathbf{Y})$	0,195	0,164	0,068	0,040	0,083

## **Заключение**

Методами многомерного статистического анализа проведено исследование влияния на аграрный сектор ряда климатических и социально-экономических факторов по статистическим данным за последние 23 года.

Исследование показало наличие влияния социально-экономических и климатических факторов на урожайность озимых зерновых культур.

Влияние климатических условий, как показали результаты исследования, оказалось менее значимым, чем предполагалось априори.

## **Список литературы**

1. Proxy global assessment of land degradation / Z.G. Bai, D.L. Dent, L. Olsson, M.E. Schaepman // *Soil Use and Management*. – 2008. – Vol. 24. – No. 3. PP. 223-234. – DOI 10.1111/j.1475-2743.2008.00169.x.

2. Мониторинг состояния растительного покрова территории Центрального Ирака с использованием спутниковых данных LANDSAT-8 / О.С. Токарева, О.А. Пасько, С.М. Маджид, П. Кабраль // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2020. – Т. 331. – № 6. – С. 19-31. – DOI 10.18799/24131830/2020/6/2671

3. Кусакина, О.Н. Методические подходы к оценке состояния сельской территории как многофункциональной эколого-социально-экономической системы/ О.Н. Кусакина, Ю.Н. Кривокора // *Теория и практика общественного развития*. – 2014. – № 19. – С. 58-63.

4. Оборин, М.С. Влияние сельского хозяйства на социально-экономическое развитие региона / М.С. Оборин, С.А. Черникова // *Вестник Забайкальского государственного университета*. – 2018. – № 8. – С. 137-146.

5. Кущева, А.А. Построение динамической математической модели взаимодействия экономики, экологии и здоровья работников предприятия / А.А. Кущева, Д.Ю. Ситникова, Е.В. Елтошкина // *Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: Материалы всероссийской научно-практической конференции*. Т. 3. – Молодежный. – 2021. – С. 65-69.

6. Гнеденко, Б.В. Курс теории вероятностей: 8-е изд., испр. и доп. / Б.В. Гнеденко. – М.: УРСС. – 2005. – 446 с.

7. Кендалл, М. Статистические выводы и связи: пер. с англ. / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Наука. Физматлит. – 1973. – 900 с.

8. Pena, D. Descriptive Measures of Multivariate Scatter and Linear Dependence / D. Pena, J. Rodriguez // *Journal of Multivariate Analysis*. – 2003. – Vol. 85. – No. 2. – PP. 361-374. – DOI 10.1016/S0047-259X(02)00061-1.

9. Тырсин, А.Н. Скалярная мера взаимосвязи между несколькими случайными векторами / А.Н. Тырсин // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2022. – Т. 88. – № 3. – С. 73-80. DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-3-73-80.

10. Айвазян, С.А. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин *Прикладная статистика: Исследование зависимостей*. – М.: Финансы и статистика. – 1985. – 487 с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

**Самбуева С.Р.**

ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА

*г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия*

С целью успешного прохождения адаптации и повышения качества профессиональной подготовки студентов подготовлены лабораторные занятия с использованием программного обеспечения. В работе представлен автоматизированный физический эксперимент по исследованию распределения продольного магнитного поля между катушками по радиальной составляющей. Компьютерные лабораторные работы способствуют активизации познавательной деятельности студентов и интенсифицируют процесс изучения физики в вузе.

*Ключевые слова:* компьютерные лабораторные занятия, автоматизированные физические эксперименты.

## AUTOMATIZED PHYSICAL EXPERIMENT

**Sambueva S.R.**

Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov,

*Russia, Ulan-Ude*

In order to successfully pass the adaptation and improve the quality of students' professional training, laboratory works with the use of software are prepared. The paper presents an automatized physics experiment on the study of the longitudinal magnetic field distribution between coils by the radial component. Computer laboratory works contribute to the activation of students' cognitive activity and intensify the process of studying physics in higher education.

*Keywords:* computerized laboratory works, automated physics experiments.

### **Введение**

Успешная учебная деятельность студентов сельскохозяйственных вузов невозможна без хорошей подготовки по физике, математике и другим дисциплинам естественно-научного цикла. Студенты из отдаленных районов проходят адаптационный период, сложности которого обусловлены большим объемом учебного материала и повышенной долей самостоятельной работы в учебном процессе [3, 6]. В работе [2] исследованы проблемы профессиональной адаптации студентов первого и второго курсов сельскохозяйственных вузов при обучении математике и структурно-логические связи данной дисциплины со специальными дисциплинами учебного плана. В [2] отмечается высокий уровень адаптивности у студентов, ранее обучавшихся в агроклассах Иркутской области, организованных Иркутским государственным аграрным университетом. Отметим, что Бурятской государственной сельскохозяйственной академией созданы агроклассы районов Республики

Бурятия, которые являются первой ступенью адаптационного периода [4]. В них, в частности, проводятся занятия по подготовке к сдаче ОГЭ и ЕГЭ по физике, математике, биологии и другим дисциплинам.

Для успешного прохождения адаптации повышения качества профессиональной подготовки студентов кафедрой «Естественно-научные дисциплины» ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА подготовлены лабораторные занятия с использованием программного обеспечения [12].

Цель настоящей работы – экспериментальное исследование распределения продольного магнитного поля между катушками Гельмгольца по радиальной составляющей с помощью программы «Катушки Гельмгольца ИМП».

### Результаты и обсуждение

Лабораторные работы выполняются на установке, содержащей регулируемый источник питания постоянного тока; две одинаковые тонкие катушки, расположенные соосно на расстоянии, равном их радиусу; измерительный блок; датчик магнитного поля с держателем; устройство для перемещения и позиционирования датчика магнитного поля; соединительные провода. В установке исследуются однородные магнитные поля, создаваемые системой катушек [5, 7-9, 13].

В измерительном зонде используется датчик на основе эффекта Холла. В измерительном блоке происходит обработка сигналов и вычисляется магнитная индукция, измеренное значение которой отображается на индикаторе в мТл и через USB-порт передается в компьютер. Программа записывает измеряемые значения и строит графики распределения индукции продольного магнитного поля между катушками по радиальной составляющей.

Ниже приведем пример лабораторной работы, проведенной с использованием программы «Катушки Гельмгольца ИМП».

Таблица 1 – Измерение зависимости продольной компоненты магнитного поля системы катушек Гельмгольца от координаты  $x$  по центру между катушками –  $B_z(x)$ . Сила тока  $I = 2,30$  А

X(см)	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$B_z(x)$	1,13	1,26	1,34	1,40	1,45	1,48	1,49	1,50	1,50	1,51	1,51	1,51	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,51	1,50	1,48	1,46	1,41	1,33	1,25	1,13

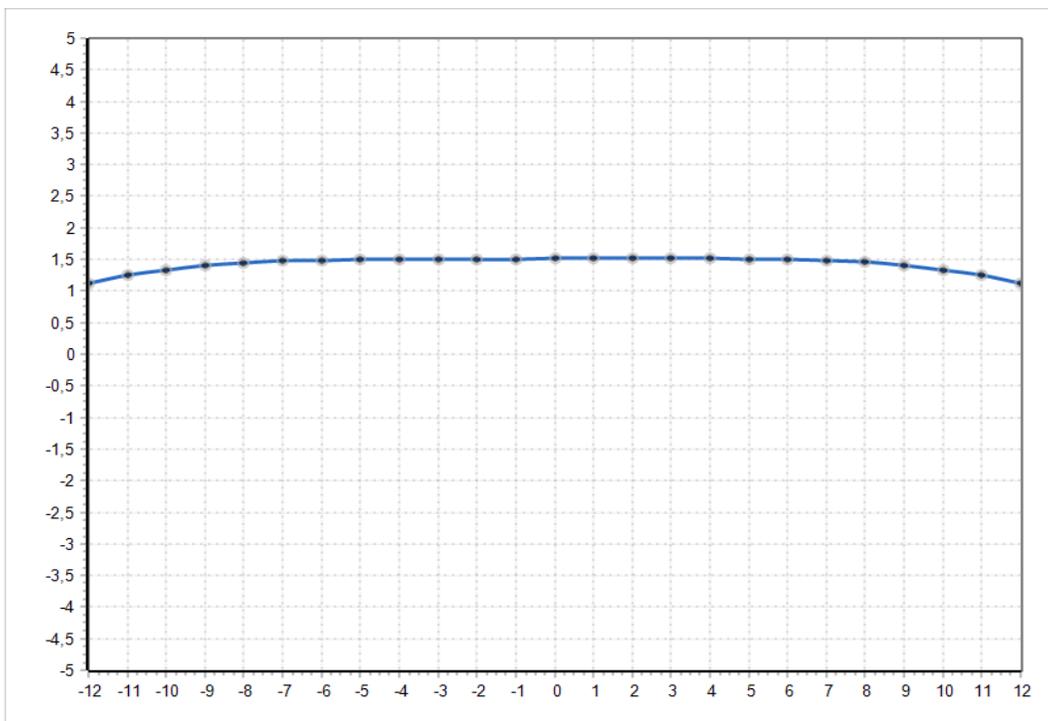


Рисунок 1 – Зависимость продольной компоненты магнитной индукции системы катушек от координаты  $x$  по центру между катушками

Таблица 2 – Измерение зависимости продольной компоненты магнитного поля системы катушек Гельмгольца от координаты  $x$  на расстоянии  $z_1$  по заданию преподавателя –  $B_{z1}(x)$

X(см)	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$B_{z1}(x)$	1,34	1,43	1,48	1,50	1,51	1,51	1,51	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49	1,49	1,48	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	1,50	1,49	1,47	1,44	1,36	1,25

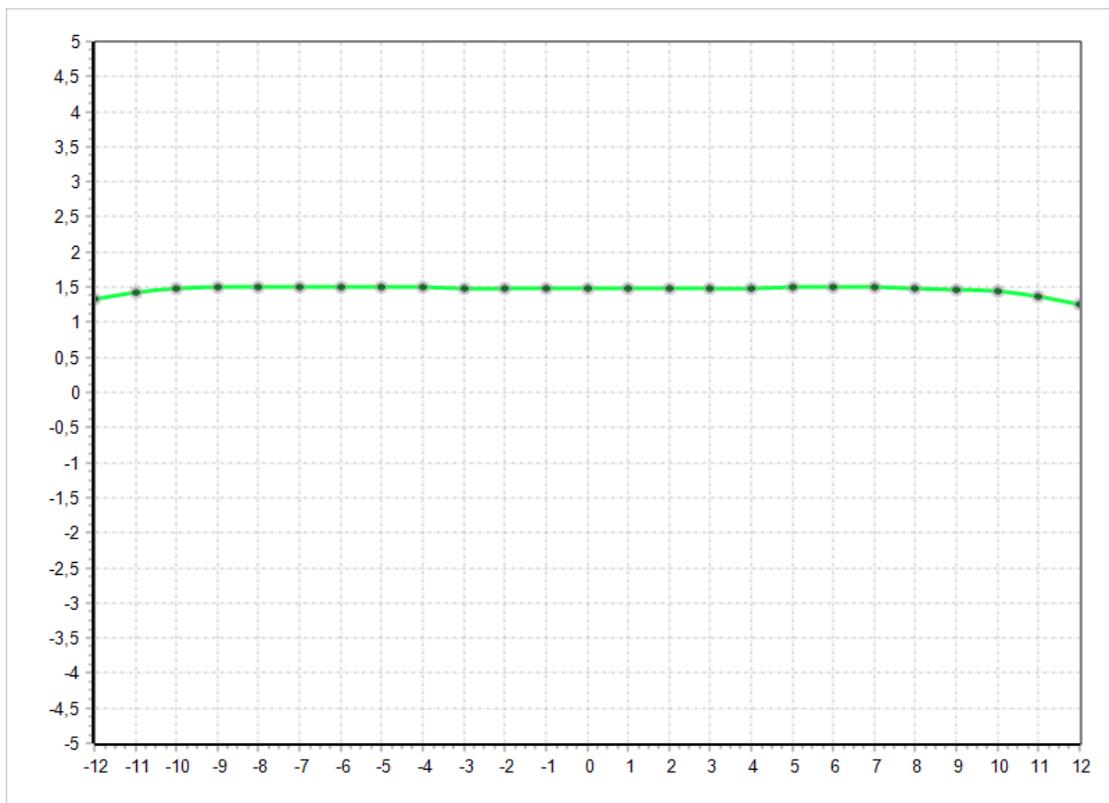


Рисунок 2 – Зависимость продольной компоненты магнитной индукции системы катушек Гельмгольца от координаты  $x$  на расстоянии  $z_1$

Таблица 3– Измерение зависимости продольной компоненты магнитного поля системы катушек Гельмгольца от координаты  $x$  на расстоянии  $z_2$  по заданию преподавателя –  $B_{z2}(x)$

$X(\text{см})$	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$B_{z2}(x)$	1,83	1,79	1,73	1,68	1,62	1,58	1,56	1,53	1,52	1,50	1,49	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	1,52	1,54	1,57	1,60	1,64	1,66	1,71	1,78	1,83

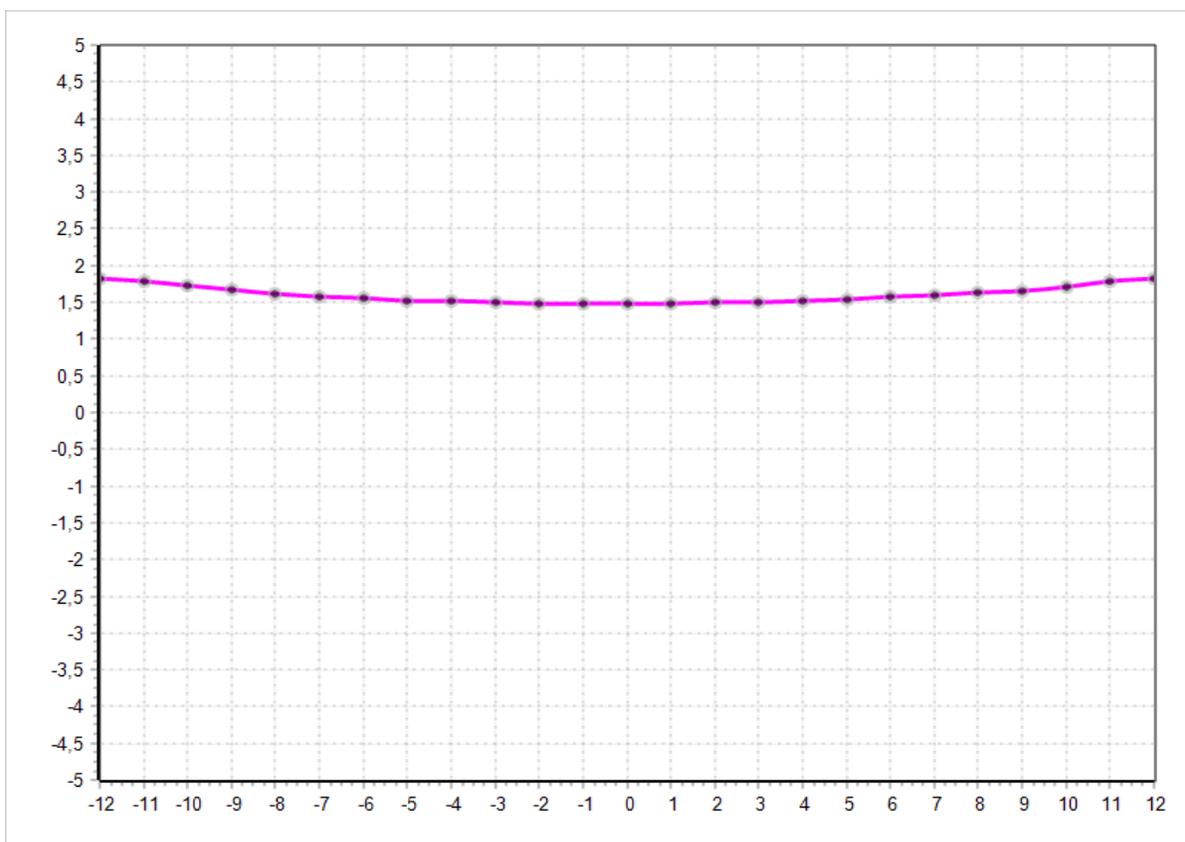


Рисунок 3 –Зависимость продольной компоненты магнитного поля системы катушек Гельмгольца от координаты x на расстоянии z2

Таблица 4– Размещение всех экспериментально полученных графических зависимостей в одной системе координат

X(см)	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bz(x)	1,13	1,26	1,34	1,40	1,45	1,48	1,49	1,50	1,50	1,51	1,51	1,51	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,51	1,50	1,48	1,46	1,41	1,33	1,25	1,13
Bz1(x)	1,34	1,43	1,48	1,50	1,51	1,51	1,51	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49	1,49	1,48	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	1,50	1,49	1,47	1,44	1,36	1,25	
Bz2(x)	1,83	1,79	1,73	1,68	1,62	1,58	1,56	1,53	1,52	1,50	1,49	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	1,52	1,54	1,57	1,60	1,64	1,66	1,71	1,78	1,83	

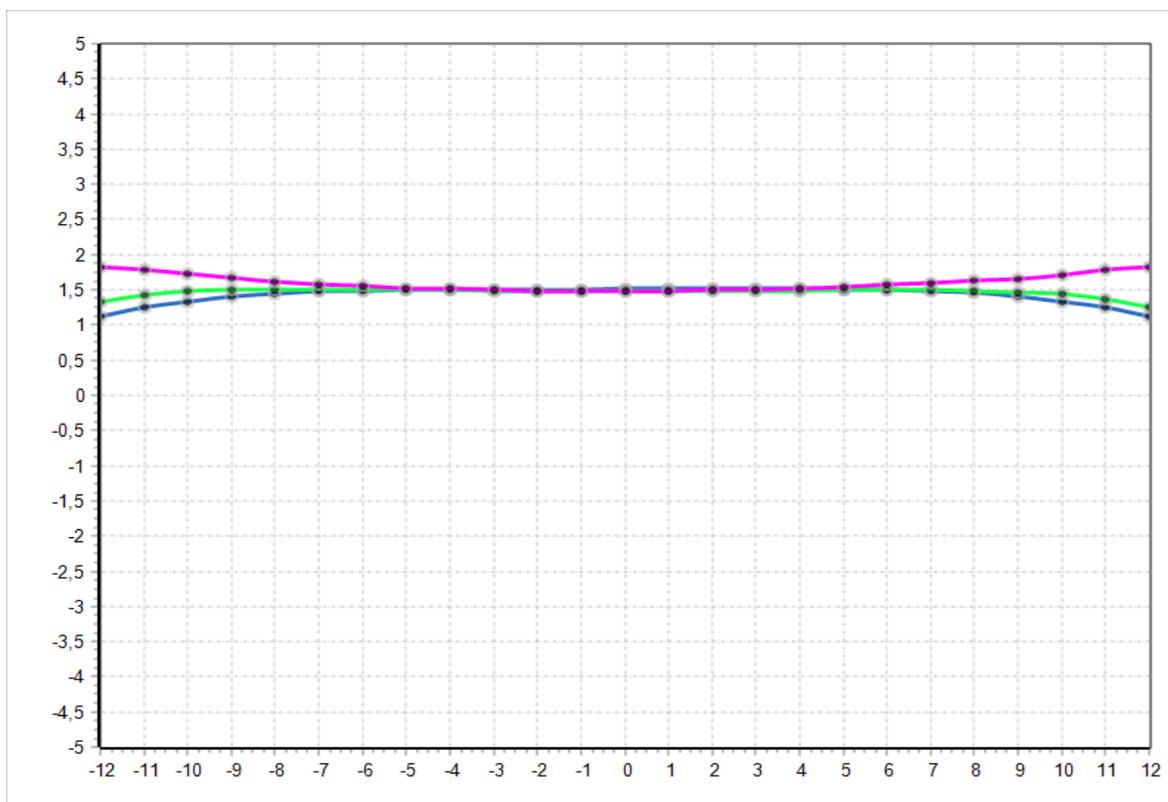


Рисунок 4 – Все экспериментально полученные графические зависимости в одной системе координат

Как видно из полученных графиков, распределение продольной компоненты магнитного поля катушек симметрично относительно центра катушек. Магнитное поле действительно обладает высокой степенью продольной однородности.

В заключение отметим, что в настоящее время автоматизированный физический эксперимент [1] относится к одной из форм применения компьютерной техники в обучении дисциплине [10, 11]. При этом компьютер является частью лабораторной установки, используемой для управления экспериментом или регистрации данных. Такие занятия позволяют избежать рутинных расчетов, значительно сокращают время измерений и обработки экспериментальных данных. Компьютерные лабораторные работы способствуют активизации познавательной деятельности студентов и интенсифицируют процесс изучения физики в вузе.

#### Список литературы

1. Арнольд, М.В. Лабораторный практикум в среде Lab VIEW. / М. В. Арнольд, А. Ф. Гудзенко, М. Б. Федотов // Новые информационные технологии в университетском образовании: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2001. – С. 45-48.

2. Бодякина, Т. В. Адаптация студентов сельскохозяйственных вузов при изучении дисциплины "Математика" / Т. В. Бодякина, Е. В. Елтошкина // Бизнес. Образование. Право. – 2016. – № 3(36). – С. 253-256. – EDN WGELWT.

3. Bodyakina, T. V. Adaptation of students to the University / T. V. Bodyakina // Modern trends in the development of science and technology: collection of scientific works on materials of the III International scientific-practical conference. – Belgorod, 2015. – P. 13-15.

4. Bodyakina, T.V. Arrangement of agrarian classes in Irkutsk region / T. V. Bodyakina, E. V. Eltoshkina// Theoretical and applied aspects of modern science: collection of scientific works on materials of the VIII International scientific-practical conference. – Belgorod, 2015. – P. 78-80.

5. Калашников, С. Г. Электричество / С. Г. Калашников // М.: Физматлит, 2008. – 624 с. –EDN RYRTST.

6. Кузнецов, П. С. Адаптация как функция развития личности / П. С. Кузнецов // Саратов: СГУ, 1991. – 76 с.

7. Мартинсон, Л.К. Электромагнитное поле: учеб. пособие для вузов /Л. К. Мартинсон, А. Н. Морозов, Е. В. Смирнов // М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. –424 с. –EDN ZCKZQV.

8. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм /А. Н. Матвеев // М.: Оникс 21век, 2005. – 463 с.–EDN QJPVRV.

9. Савельев, И.В. Курс общей физики: учеб. пособие для вузов: в 5 кн. Кн. 2: Электричество и магнетизм /И. В. Савельев // СПб: Лань, 2005. – 496 с.–EDN QJPATZ.

10. Самбуева, С. Р. Информационно-коммуникационные технологии в процессе преподавания физики / С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы III Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 апреля 2022 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2022. – С. 313-319. – EDN MOOIJX.

11. Самбуева, С. Р. Использование интерактивных методов обучения физике / С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 марта 2023 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. – С. 238-245. –EDN GCMCCC.

12. Самбуева, С. Р. Компьютерная установка для изучения законов прямолинейного движения /С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 марта 2023 года. –Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2023.– С. 245-249. – EDN WRUSPP.

13. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Том 3. Электричество/ Д. В. Сивухин // М.: Физматлит, 2009. – 656 с. –EDN RBBFRD.

**УДК: 37.014.6.**

**КАЧЕСТВО МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ФГБОУ ВО  
ИРКУТСКОГО ГАУ**

**Федурина Н.И., Кузнецова Т.В.**

Безусловно, методическое обеспечение образовательного процесса играет важную роль в качестве подготовки квалифицированных специалистов. Авторами проведено исследование и анализ качества учебно-методического обеспечения образовательных программ университета. Дана оценка уровню удовлетворенности обучающихся качеством и элементами методического обеспечения, а также в целом образовательной деятельности университета. Обозначено влияние наличия электронных учебников и инновационных технологий на качество подготовки выпускника.

*Ключевые слова:* учебно-методическое обеспечение, качество образования, анкетирование.

## **QUALITY OF METHODOLOGICAL SUPPORT OF EDUCATIONAL PROGRAMS OF FSBEI HE IRKUTSK GAU**

**Fedurina N.I., Kuznetsova T.V.**

*Irkutsk State Agricultural University of A.A. Ezhesky, Russia, Irkutsk*

Of course, methodological support of the educational process plays an important role in the quality of training of qualified specialists. The authors conducted a study and analysis of the quality of educational and methodological support for the university's educational programs. An assessment was made of the level of student satisfaction with the quality and elements of methodological support, as well as the educational activities of the university in general. The influence of the availability of electronic textbooks and innovative technologies on the quality of a graduate's training is indicated.

*Key words:* educational and methodological support, quality of education, questioning

Законом об образовании условий, определяющих качество подготовки специалистов достаточно много, одним из важнейших является учебно-методическое обеспечение основных образовательных программ, реализуемых университетом, так как именно в нем находят конкретное выражение все основные факторы, определяющие лицо вуза. Н.В. Чекалева отмечает, что функциональное назначение учебно-методического обеспечения представляет собой своеобразный инструментарий, пользуясь которым, обучающийся с помощью преподавателя проходит путь профессионально-образовательного становления, поэтапно овладевая профессиональным знанием интегрированного характера [5, 6, 7]. Следовательно, оценка качества учебно-методического обеспечения и удовлетворенность обучающихся его компонентами играет важную роль в процессе подготовки квалифицированных специалистов.

В современных условиях процесс осуществления электронного обучения требует разработки и внедрения учебно-методических материалов, оказывающих помощь преподавателю в эффективном внедрении современных методов и технологий профессионального образования [1, 8, 9]. Использование

электронных форматов учебных и методических материалов (электронное учебное пособие, методические указания, программы дисциплин и т.д.) создает условия и выступает средством обеспечения качества профессиональной подготовки будущих специалистов.

Разнообразие средств обучения, представляющих учебный материал, а также рациональное сочетание различных видов учебных материалов позволяет использовать электронную информационную образовательную среду (ЭИОС) и электронно-библиотечную систему ЭБС, как эффективный канал реализации образовательных программ. Кроме того, ЭИОС можно использовать как инструмент для проведения мониторинговых исследований, например опрос или анкетирование.

Проведение анкетирования на предмет оценки уровня учебно-методического компонента учебного процесса, направлено на оценку качества преподавания дисциплин. Мониторинг данного процесса выявляет наличие и доступность для использования в учебной и самостоятельной работе методических материалов по дисциплинам, доступность и наличие литературы в библиотеке, применение в работе преподавателей активных методов обучения, размещение материалов в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС) и т.д. со стороны студентов.

Методы проведения мониторинговой процедуры применяются различные, такие, например, как анкетирование, контент-анализ документов, экспертная оценка и самоанализ.

Центр управления качеством образования (ЦУКО) Иркутского ГАУ выступает организатором анкетирования студентов по различным вопросам удовлетворенности качеством образовательного процесса, в том числе и методического обеспечения. Анкетирование проводится ежегодно на каждом факультете (институте) по утвержденному плану ЦУКО в разрезе образовательных программ.

Анкетирование студентов об уровне их удовлетворенности учебно-методическим обеспечением образовательных программ (ОП) проводилось по 5-балльной шкале.

По результатам опроса в 2023-2024 учебном году в целом удовлетворенность качеством обучения соответствует максимальному уровню удовлетворенности 94,8%, по большинству критериев отмечен максимальный уровень удовлетворенности (рисунке 1). Около 56% респондентов отметили «Высокий уровень удовлетворенности образовательной деятельностью (ОД)» университета и примерно 40% опрошенных показали «Очень высокий уровень удовлетворенности образовательной деятельностью Иркутского ГАУ». На диаграмме представлен усредненный показатель удовлетворенности студентов образовательной деятельностью (ОД) по 21 показателю. Доступ к анкетам

организован в электронно-информационной образовательной среде университета.

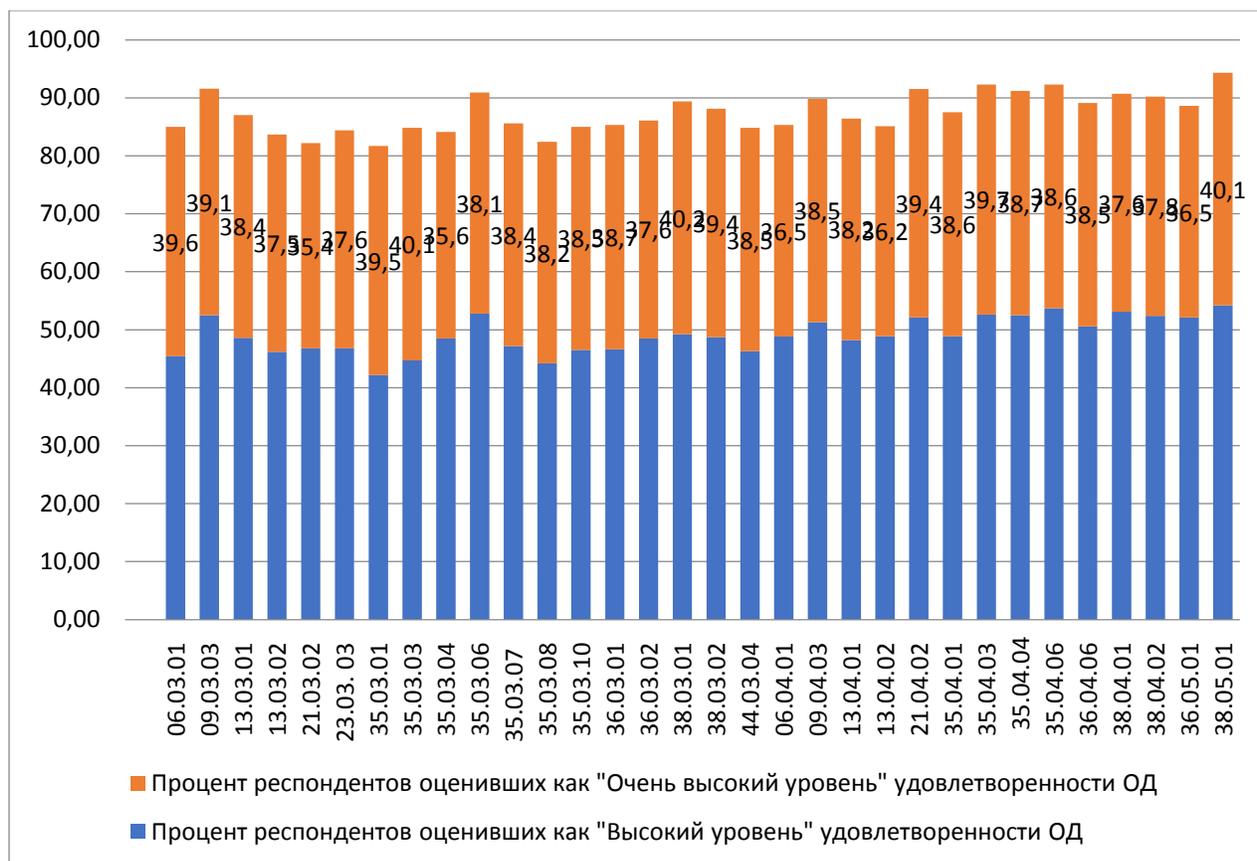


Рисунок 1 – Диаграмма удовлетворенность образовательной деятельностью обучающихся высшего образования Иркутского ГАУ

Проведен анализ удовлетворенности студентов качеством учебно-методического обеспечения образовательных программ высшего образования. Хорошему уровню удовлетворенности соответствуют следующие критерии (вопросы анкеты) методического обеспечения ОП:

- удовлетворенность количеством необходимой актуальной учебной литературы на бумажных носителях;
- обеспеченность литературой, имеющаяся в электронно-библиотечных системах ОО;
- полнота размещены учебно-методические материалы по ООП в ЭИОС ОО (наличие УП, рабочих программ дисциплин, программ практик и пр.);
- удовлетворяют Вашим потребностям помещения для самостоятельной работы (Вы имеете свободный доступ в эти помещения, они оснащены компьютерной техникой с выходом в сеть «Интернет», подключены к ЭБС, имеется доступ к профессиональным базам и пр.);
- удовлетворенность количеством ПК используемых в учебном процессе.

Результаты в разрезе укрупненных групп специальностей и направлений (УГСН) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Удовлетворенность качеством методического обеспечения УГСН высшего образования Иркутского ГАУ

Шифр, наименование укрупненной группы направления подготовки (специальности)	удовлетворенность количеством необходимой учебной литературы на бумажных носителях	обеспеченность литературой, имеющаяся в электронно-библиотечных системах ОО	полнота размещены учебно-методические материалы по ООП в ЭИОС ОО (наличие УП, рабочих программ дисциплин, программ практик и пр.)	удовлетворяют ли Вашим потребностям помещения для самостоятельной работы (Вы имеете свободный доступ в эти помещения, они оснащены компьютерной техникой с выходом в сеть «Интернет», подключены к ЭБС, имеется доступ к профессиональным базам и пр.	Удовлетворенность количеством и качеством ПК используемых в учебном процессе
06.00.00 Биологические науки	4,67	4,65	4,89	4,73	4,3
09.00.00 Информатика и вычислительная техника	4,62	4,68	5	4,58	4,45
13.00.00 Электро - и тепло-энергетика	4,7	4,56	4,88	4,72	4,62
21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия	4,68	4,52	4,87	4,63	4,6
23.00.00 Техника и технология наземного транспорта	4,63	4,56	4,86	4,56	4,8
35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство	4,6	4,7	4,9	4,7	4,5
36.00.00 Ветеринария и зоотехния	4,47	4,6	4,8	4,82	4,3
38.00.00 Экономика и управление	4,8	4,45	5	4,8	4,7
44.00.00 Образование и педагогические науки	4,43	4,68	4,89	4,72	4,7
В среднем по университету	4,62	4,60	4,90	4,70	4,55

По данным таблицы можно сделать вывод о том, что наибольшему баллу 4,9 соответствует показатель полноты размещения учебно-методических материалов, размещённых в ЭИОС, не очень высокий балл 4,55 получил критерий оценки количества и качества персональных компьютеров, используемых в образовательном процессе. Это объясняется тем, что

современный студент предъявляет высокие требования к информационным технологиям и техническим средствам.

Одним из основных элементов электронной образовательной среды является наличие методических материалов в электронном формате и электронных учебников как программных продуктов обучения [2, 10].

В образовательном процессе электронный учебник и электронный формат может активно использоваться на всех видах учебных занятий.

Самостоятельная работа с применением электронных учебников или их аналогов и инновационных технологий способствует повышению интереса к процессу обучения, развитию способностей и повышению качества образования студентов [3,4].

Результаты опроса по двум критериям: обеспеченность учебниками, учебными и методическими пособиями, научной литературой и т.д. в электронной форме и качество сопровождения самостоятельной работы обучающихся, наличие методических материалов и рекомендаций приведены на рисунке 2.

Полученные данные свидетельствуют, о том, что обучающиеся оценивают обеспеченность учебниками, учебно-методическими пособиями и прочими учебно-методическими материалами в электронном формате в целом положительно. Однако около 10% респондентов считают этот уровень низким и 3,3% крайне низким. Также полученные данные демонстрируют, что качество сопровождения самостоятельной работы находится на хорошем уровне, при этом около 16% опрошенных не удовлетворены уровнем сопровождения самостоятельной работы.

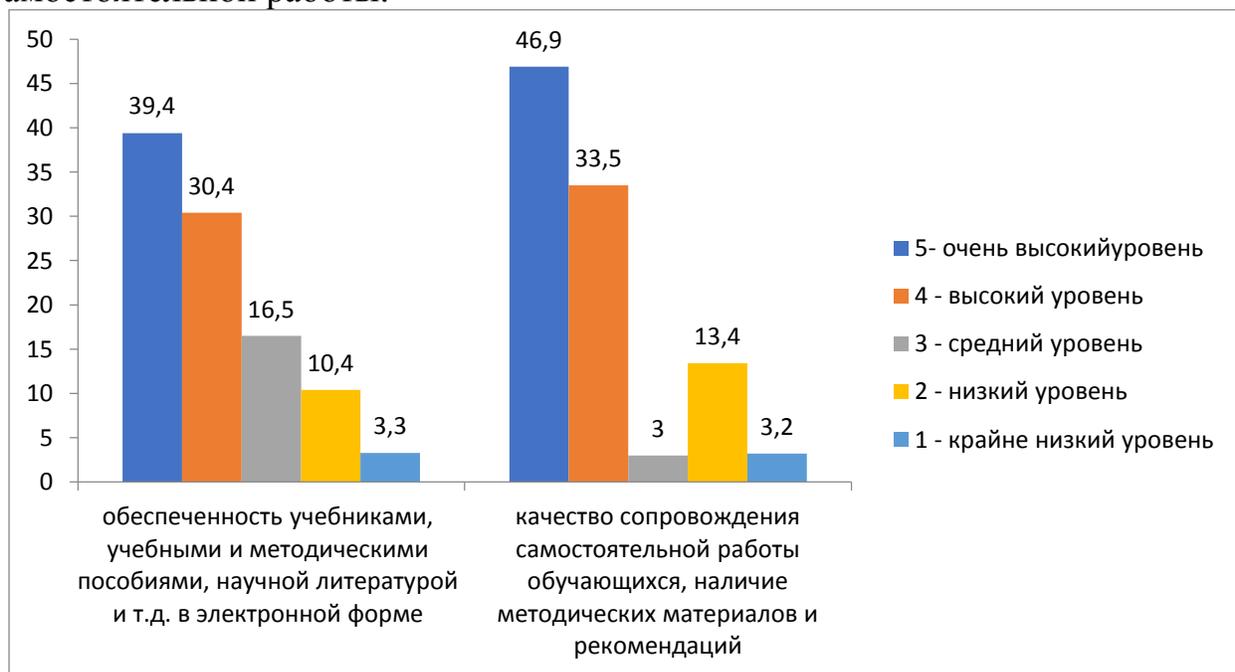


Рисунок 2 – Диаграмма оценки качества сопровождения образовательного процесса

Этот показатель коррелирует с невысокой оценкой 3,64 балла показателя «Применение современных методов обучения» при оценке профессорско-преподавательского состава глазами студентов.

Все остальные критерии соответствуют максимальному уровню удовлетворенности.

Проведенный мониторинг позволил сделать следующие выводы:

- учебно-методическое обеспечение является важной составляющей качества подготовки обучающихся;

- в целом студенческое сообщество Иркутского ГАУ оценивает качество образовательной деятельности как «высокое»;

- анкетирование помогло выявить основные проблемы в организации и сопровождении образовательного процесса и методического обеспечения в частности;

- требуется улучшение качества и количества электронных учебных материалов, размещенных в ЭИОС и повышения уровня использования в образовательном процессе современных, инновационных методов обучения.

Таким образом, данное исследование позволит выявить основные проблемы и наметить мероприятия по дальнейшему совершенствованию образовательной траектории университета. Разработать концепцию, позволяющие развивать мотивацию обучающихся к добросовестной самостоятельной работе в процессе обучения, определить дополнительные мероприятия, позволяющие обеспечить выпускнику высокое качество подготовки и конкурентоспособность на рынке труда.

### Список литературы

1. Аргунова, Е.Р. Активные методы обучения: учеб.-метод. пособие / Е.Р. Аргунова, И.Г., Жуков, Р.Ф. Маричев. – М.: ИЦПКПС, 2005. – 104 с.

2. Белявский, А. В. Профессиональное ориентированное обучение математике студентов энергетического факультета аграрного вуза / А. В. Белявский, С. П. Гольшева // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, п. Молодежный, 16–17 марта 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 360-364. – EDN LDQPPE.

3. Бузина, Т. С. Управление информационными ресурсами : Учебное пособие для бакалавров направления 09.03.03 - Прикладная информатика / Т. С. Бузина, А. И. Мартыненко ; Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского. – Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет, 2019. – 116 с. – EDN YTLLZU.

4. Елтошкина, Е. В. Профессиональная подготовка кадров для сельхозпроизводителей / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Н. В. Елтошкина // Актуальные вопросы образования : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию специальности «Профессиональное обучение», п. Молодежный, 05–06 октября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 56-60. – EDN IUXNBR.

5. Иляшевич, Н. П. О внедрении результатов НИР в учебный процесс / Н. П. Иляшевич, А. И. Мартыненко // Уральский научный вестник. – 2022. – Т. 10, № 1. – С. 81-84. – EDN ЕПФАА.

6. Кузнецова, И.В. Тестирование как элемент независимой оценки качества образования и мотивационная составляющая / Т.В. Кузнецова, Н.И. Федурин // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи: материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника. – Иркутск, 2023. – С. 58-63.

7. Овчинникова, Н.И. Построение внутривузовской системы качества / Н.И. Овчинникова // Вестник ИрГСХА. – 2008. – Вып. 33. – С. 111-118.

8. Овчинникова, Н.И. Некоторые результаты самооценки вуза на основе модели совершенствования деятельности / Н.И. Овчинникова, В.Ю. Просвирнин // Актуальные проблемы эксплуатации машинно-тракторного парка, технического сервиса, энергетики и экологической безопасности в агропромышленном комплексе: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения Ивана Петровича Терских. – Иркутск, 2007. – С. 306-311.

9. Оценка качества подготовленности обучающихся направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Т. А. Шумай, Е. Б. Павлова // Актуальные вопросы науки и практики и перспективы их решений : Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции, Анапа, 06 мая 2022 года. – Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2022. – С. 37-42. – EDN GPYTBT.

10. Чекалева, Н.В. Теоретические основы учебно-методического обеспечения процесса изучения педагогических дисциплин в педагогическом вузе: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.08 / Чекалева Надежда Викторовна. – Омск, 2018. – 535 с.

## **УДК 53**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Самбуева С.Р.**

ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА

*г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия*

Компетентностно-ориентированное обучение придает большое значение организации самостоятельной работы при выполнении лабораторных практикумов. В работе исследуется распределение продольного магнитного поля вдоль оси системы катушек Гельмгольца с применением компьютерной программы. Использование программного обеспечения на лабораторных занятиях позволяет записывать измеряемые значения и визуализировать их на персональном компьютере, обеспечить непосредственный контакт с явлениями, повысить эффективность обучения физике.

*Ключевые слова:* система катушек Гельмгольца, программное обеспечение.

### **STUDY OF HOMOGENEOUS MAGNETIC FIELDS USING SOFTWARE**

## **SambuevaS.R.**

Buryat State Academy of Agriculture of V.R. Philippov,  
Russia, Ulan-Ude

Competence-oriented learning attaches great importance to the organization of independent work when performing laboratory practicums. The article studies the longitudinal magnetic field distribution along the axis of the Helmholtz coil system using a computer program. The use of software in laboratory lessons makes it possible to record measured values and visualize them on a personal computer, to provide direct contact with phenomena, to increase the efficiency of physics teaching.

*Keywords:* Helmholtz coil system, software.

### **Введение**

Компетентностно-ориентированное обучение [1-3, 7] придает большое значение организации самостоятельной работы при выполнении лабораторных практикумов, решении задач, подготовке к промежуточной аттестации и др. Использование информационно-коммуникационных технологий [9, 10] позволяет реализовать компетентностный подход в образовании.

Целью работы является исследование распределения продольного магнитного поля вдоль оси системы катушек Гельмгольца с использованием компьютерной программы сбора и обработки данных.

### **Результаты и обсуждение**

Приведем результаты измерений, полученных на лабораторной установке с применением программы «Катушки Гельмгольца ИМП». Здесь задача создания однородного магнитного поля необходимой величины в определенном объеме решается с помощью катушек Гельмгольца.

Таблица 1. Осевая компонента магнитной индукции  $B_1(z)$  в зависимости от координаты  $z$  на оси катушки 1. Сила тока  $I = 2,30$  А

Z(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$B_1(z)$	1,07	1,06	1,06	1,05	1,03	1,00	0,95	0,89	0,82	0,77	0,70	0,66	0,59	0,54	0,48	0,43	0,39	0,35	0,31

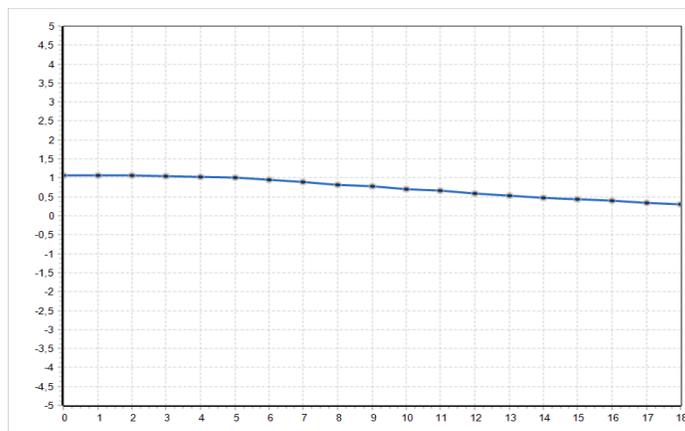


Рисунок 1 –Зависимость осевой компоненты магнитной индукции от координаты z на оси катушки 1

Таблица 2 – Осевая компонента магнитной индукции B2(z)в зависимости от координаты z на оси катушки 2

Z(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
B2(z)	0,35	0,38	0,41	0,46	0,50	0,56	0,60	0,67	0,72	0,79	0,85	0,90	0,95	0,99	1,02	1,04	1,05	1,05	1,02

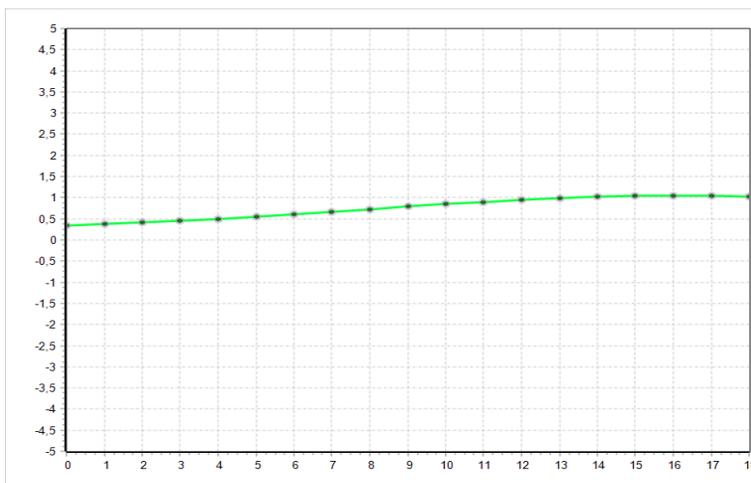


Рисунок 2 –Зависимость осевой компоненты магнитной индукции от координаты z на оси катушки 2

Таблица 3 –Графическое сложение зависимостей B1(z) и B2(z)

Z(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
BΣ(z)	1,40	1,40	1,50	1,50	1,50	1,60	1,60	1,60	1,50	1,60	1,60	1,60	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,40	1,30

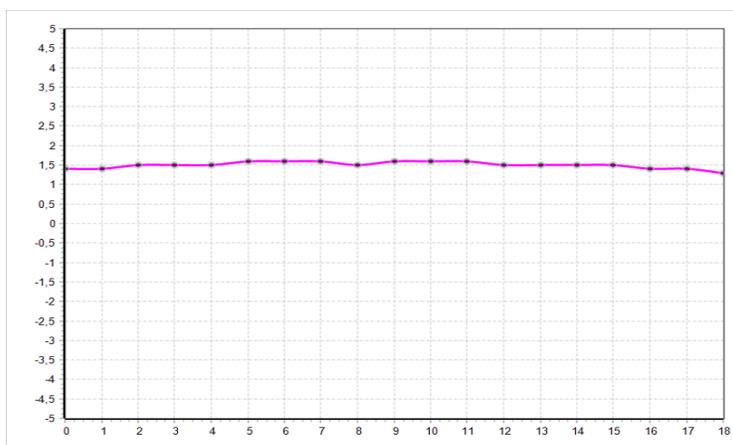


Рисунок 3 –Зависимость результирующей осевой компоненты магнитной индукции от координаты z на оси катушек 1 и 2

Таблица 4 –Осевая компонента магнитной индукции  $B(z)$  от координаты z на оси системы катушек

Z(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
B(z)	1,38	1,43	1,46	1,48	1,50	1,51	1,51	1,51	1,52	1,51	1,51	1,51	1,51	1,50	1,48	1,47	1,43	1,39	1,34

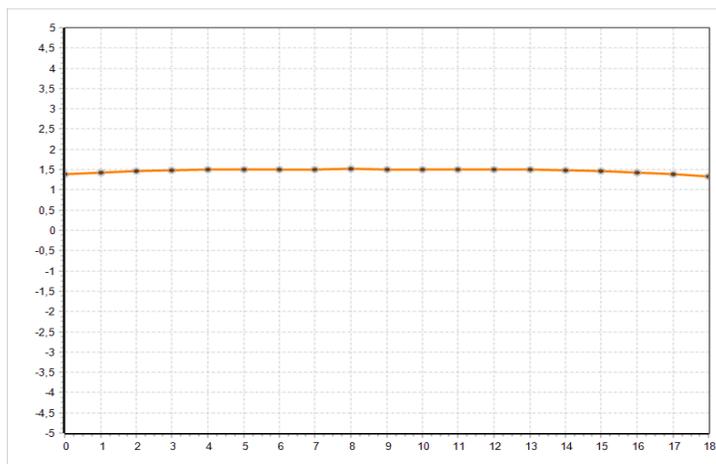


Рисунок 4– Зависимость осевой компоненты магнитной индукции от координаты z на оси системы катушек

Таблица 5–Сводная таблица всех измеренных величин

Z(см)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
B1(z)	1,07	1,06	1,06	1,05	1,03	1,00	0,95	0,89	0,82	0,77	0,70	0,66	0,59	0,54	0,48	0,43	0,39	0,35	0,31
B2(z)	0,35	0,38	0,41	0,46	0,50	0,56	0,60	0,67	0,72	0,79	0,85	0,90	0,95	0,99	1,02	1,04	1,05	1,05	1,02
$B_{\Sigma}(z)$	1,40	1,40	1,50	1,50	1,50	1,60	1,60	1,60	1,50	1,60	1,60	1,60	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,40	1,30
B(z)	1,38	1,43	1,46	1,48	1,50	1,51	1,51	1,51	1,52	1,51	1,51	1,51	1,51	1,50	1,48	1,47	1,43	1,39	1,34

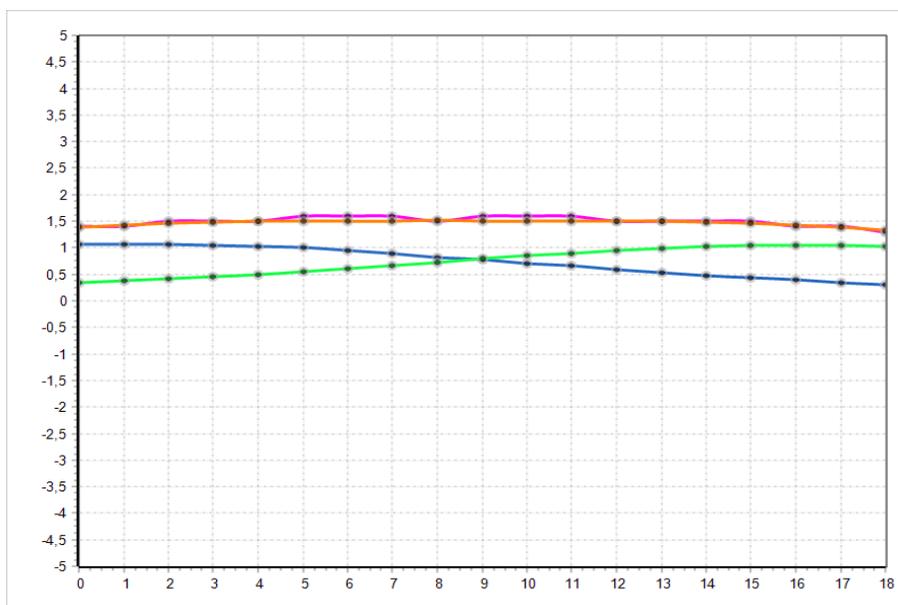


Рисунок 5– Все экспериментально полученные графические зависимости в одной системе координат

В средней точке системы катушек расчетная величина магнитной индукции определяется следующим образом [4-6, 8, 11]:

$$B_{\text{ср.расч.}} = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{IN}{R} = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{2,30 \cdot 110}{149,5 \cdot 10^{-3}} = 1,52 \text{ мТл.}$$

Экспериментальная величина магнитной индукции в этой же точке поля:  $B_{\text{ср.экс.}} = 1,51 \text{ мТл.}$  Разница экспериментальной и расчетной величин равна 0,01 мТл, что составляет 0,7 %.

Из полученных графиков можно сделать вывод, что в пространстве между катушками Гельмгольца создается практически однородное магнитное поле. В средней точке системы катушек экспериментальное и расчетное значения магнитной индукции совпадают в пределах погрешностей. В проведенных экспериментах определены величины неоднородности магнитного поля путем измерения компоненты магнитной индукции  $B_z$  в заданных координатах между катушками. По измеренным значениям построены графики распределения магнитного поля, а также рассчитаны величины неоднородности поля на оси системы катушек. Проведено сравнение экспериментальных данных с расчетными.

В заключение отметим, что использование программного обеспечения на лабораторных занятиях позволяет записывать измеряемые значения и визуализировать распределение измеренных величин на персональном компьютере. Автоматизированный физический эксперимент обеспечивает непосредственный контакт с изучаемыми явлениями и повышает эффективность обучения физике.

## Список литературы

1. Бодякина, Т. В. Профессиональная компетентность педагога в современном обществе / Т. В. Бодякина, Е. В. Елтошкина, Л. И. Санеева // Роль преподавателя в современном вузе: Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 21–24 марта 2017 года. Том 3. Вып. 24. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2017. – С. 205-212. – EDN YZDMOL.
2. Дамбуева, А. Б. Формирование исследовательских компетенций при решении экспериментальных физических задач / А. Б. Дамбуева, С. Р. Самбуева // Инженерно-технические системы и энергосберегающие технологии в АПК: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию БГСХА и 55-летию инженерного факультета, Улан-Удэ, 01–05 июня 2016 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. – С. 55-60. – EDN QJUA NM.
3. Елтошкина, Е. В. Компетентностный подход при реализации дисциплины «Теория игр» / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Е. Б. Павлова // Формирование компетенций выпускников вуза: соответствие образовательным и профессиональным стандартам: Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 14–16 мая 2019 года. Вып. 26. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2019. – С. 439-444. – EDN HHGWMM.
4. Калашников, С. Г. Электричество / С. Г. Калашников // М.: Физматлит, 2008. – 624 с. – EDN RYRTST.
5. Мартинсон, Л.К. Электромагнитное поле: учеб. пособие для вузов /Л. К. Мартинсон, А. Н. Морозов, Е. В. Смирнов // М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 424 с. – EDN ZCKZQV.
6. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм /А. Н. Матвеев // М.: Оникс 21 век, 2005. – 463 с. – EDN QJPVRV.
7. Очиров, М. Н. Компетентностное обучение: модель реализации / М. Н. Очиров // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – № 15. – С. 61–64. – EDN PJTBOV.
8. Савельев, И.В. Курс общей физики: учеб. пособие для вузов: в 5 кн. Кн. 2: Электричество и магнетизм /И. В. Савельев // СПб: Лань, 2005. – 496 с. – EDN QJPATZ.
9. Самбуева, С. Р. Информационно-коммуникационные технологии в процессе преподавания физики / С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы III Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 апреля 2022 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2022. – С. 313-319. – EDN MOOIX.
10. Самбуева, С. Р. Использование интерактивных методов обучения физике / С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 марта 2023 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. – С. 238-245. – EDN GCMCCC.
11. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Том 3. Электричество / Д. В. Сивухин // М.: Физматлит, 2009. – 656 с. – EDN RBBFRD.

УДК 372.851

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ СВЯЗЬ МАТЕМАТИКИ И ФИЗИКИ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ

**Гольшева С.П.**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

В статье рассматривается междисциплинарный подход к обучению математике студентов – будущих энергетиков посредством решения физических задач. Отмечена двойственная необходимость фундаментальных знаний как математики, так и физики для успешного освоения данных наук. Показано применение математических законов при решении физических задач. Подчеркнута важность наделения физическим смыслом рассматриваемым математическим понятиям и их свойствам. Подчеркнуто единство связи математики и физики, способствующее формированию целостного мировоззрения у обучающихся.

*Ключевые слова:* интеграция дисциплин, междисциплинарная связь, математика, физика, студенты энергетических профессий.

## INTERDISCIPLINARY RELATIONSHIP BETWEEN MATHEMATICS AND PHYSICS IN TEACHING MATHEMATICS TO POWER ENGINEERING STUDENTS

**Golysheva S.P.**

Irkutsk State Agrarian University of A.A. Ezhevsky,

*Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The article considers an interdisciplinary approach to teaching mathematics of students - future power engineers by solving physical problems. The dual need of basic knowledge of both mathematics and physics for the successful development of these sciences was noted. Application of mathematical laws in solving physical problems is shown. The importance of giving physical meaning to the mathematical concepts considered and their properties was emphasized. The unity of the relationship between mathematics and physics, promoting the formation of a holistic worldview in students, was emphasized.

*Key words:* integration of disciplines, interdisciplinary communication, mathematics, physics, students of energy professions.

Междисциплинарный подход в обучении – один из распространенных методов, применяемых в современной дидактике. Модель выпускника-энергетика так или иначе связана с математической подготовкой студента энергетического профиля. Сегодня специалист энергетической сферы заявлен одним из перспективных и востребованных специалистов на рынке труда. Главные характеристики, которыми должен обладать современный энергетик – умение мыслить, анализировать, предпринимать правильные действия по решению возникающих проблем, обладать «междисциплинарными» знаниями,

умениями, благодаря которым он будет находить оптимальные пути в решении профессиональных задач. Ученые отмечают, что междисциплинарная интеграция может выступать в качестве важного методологического направления, реализуемого в системе подготовки специалистов в высшей школе [2].

Междисциплинарное обучение математике, на наш взгляд, это обучение, прежде всего, направленное на интеграцию математических знаний в другие области науки для решения узконаправленных или глобальных проблем.

Существует ряд направлений развития междисциплинарного подхода обучения математике, осуществляющих подготовку специалистов в высшей школе. Одни считают, что освоение конкретной дисциплины должно быть ориентировано на передачу системы предметных знаний и формирование исследовательских навыков у студентов [8]. Другие считают: междисциплинарная интеграция характеризуется не только наличием и установлением междисциплинарных связей, а главным образом содержательно-технологической взаимосвязью учебных дисциплин с содержанием и технологиями профессиональной деятельности будущих специалистов с актуальными научно-прикладными проблемами в единстве образовательного и воспитательного процессов, с учетом информатизации, глобализации социально-экономической интеграции, динамики рынка труда и др. [2].

Качество профессиональной подготовки студентов определяется их готовностью и способностью применять полученные знания в решении не только профессиональных задач, но и междисциплинарных, имеющих научно-прикладную значимость [2].

Интеграцию учебных дисциплин в рамках новых образовательных стандартов можно рассматривать как одно из эффективных средств по оптимизации учебного процесса и повышения его качества [5].

По мнению О.В. Конновой, Т.А. Смахтиной, междисциплинарное обучение способствует развитию исследовательских методов, благодаря которым у студентов формируется масштабное мировоззрение на ту или иную проблему под разным углом зрения [4].

Известно, что специалист-энергетик ведет сложные расчеты и допущение ошибок крайне недопустимо, так как даже малейший промах может привести к огромным расходам или к необратимым последствиям. В этой связи очень важно будущему специалисту уметь акцентировать внимание при математических вычислениях, сосредотачиваться на деталях, планировать, доводить начатое до логического завершения.

Междисциплинарное обучение математике студентов энергетических направлений бакалавриата 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» Иркутского ГАУ основано на интеграции знаний смежных дисциплин, таких как физика, химия и др.

Математика и физика, в частности, рассматриваются как две неотъемлемые составляющие единого образовательного контента, каждая из которых является важнейшим и необходимым компонентом в реализации учебного плана при подготовке специалистов инженерно-энергетических профессий.

Приведем ряд таких задач.

**Задача 1.** Найдите эквивалентное сопротивление параллельных соединений второго, третьего и пятого резисторов, если эквивалентные сопротивления последовательных соединений первого и второго, четвертого и пятого резисторов соответственно равны 3 и 11 [Ом];  $R_1 = \sqrt{R_2^2 + R_3}$  [Ом],  $R_4 = \frac{11}{5} R_2$  [Ом],  $R_5 = \frac{11}{5} R_3$  [Ом], где  $R_i$  – сопротивление  $i$ -го резистора,  $i = 1, 5$ .

**Решение.**

При последовательном соединении резисторов с сопротивлениями  $R_1, R_2, \dots, R_n$  эквивалентное сопротивление находится по формуле:

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n; \quad (1)$$

при параллельном:

$$\frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (2)$$

По данным условия задачи применим соотношения (1) и (2), составим систему уравнений и найдем переменные  $R_2, R_3, R_5$  и  $R_{\text{ЭКВ}_3}$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 + R_2 = 3 \\ R_4 + R_5 = 11 \\ \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{R_{\text{ЭКВ}_3}} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{R_2^2 + R_3} + R_2 = 3 \\ \frac{11}{5} R_2 + \frac{11}{5} R_3 = 11 \\ R_{\text{ЭКВ}_3} = \frac{R_2 R_3 R_5}{R_3 R_5 + R_2 R_5 + R_2 R_3} \end{array} \right.$$

Из первого уравнения найдем  $R_2 = 0,8$  [Ом], из второго –  $R_3 = 4,2$  [Ом];  $R_5 = 1,848$ , следовательно,  $R_{\text{ЭКВ}_3} = 0,4928$ .

Задача решена.

Как правило, для описания физических процессов и явлений применяется метод математического моделирования. В приведенной выше задаче построена математическая модель последовательно и параллельно соединенных резисторов при некоторых известных их сопротивлениях, состоящей из системы нелинейных уравнений.

Важное значение в обучении математике студентов энергетических профессий имеет физическое обоснование того или иного математического понятия или свойства (таблица 1).

Таблица 1 - Примеры некоторых математических понятий и их физический смысл

Математическая задача	Физический смысл
1. Вычислите предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{n}{n+5} \right)^{2n}.$	Чему равно предельное значение коэффициента усиления $n$ -го каскада $k_n = \left( \frac{n}{n+5} \right)^{2n}$ при $n \rightarrow \infty$ ?
2. Найдите координаты векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$ , если $\vec{a} + \vec{b} = (50; 100),$ $\vec{a} - \vec{b} = (30; 40).$	Найдите координаты двух переменных напряжений, если сумма и разность напряжений представляет собой вектор в точках $((0;0), (50;100))$ и $((0;0), (30;40))$ соответственно.
3. Найдите точку минимума функции $y = a\sqrt{1-x+x^2}$ , где $a - const.$	Найдите минимальное значение коэффициента трансформации $k$ напряжения $U = U_0\sqrt{1-k+k^2}U$ между зажимами трехфазного трансформатора, где $U_0$ – напряжение, под которое включаются обмотки трансформатора.

Взаимосвязь математики и физики заключена в необходимости применения математического аппарата при решении физических задач (таблица 2).

Таблица 2 – Математический аппарат, применяемый в решении физических задач

Физическая задача	Математический аппарат
1. Какое количество теплоты выделится в цепи за интервал времени $(0; \tau)$ , если изменение тока в цепи описывается уравнением $I(t) = I_0 e^{-t/\alpha}$ , где $I_0 = \frac{\varepsilon}{R_{вн} + R}$ , $\alpha = RC$ , когда в начальный момент времени $t = 0$ произойдет подключение батареи с ЭДС $\varepsilon$ и внутренним сопротивлением $R_{вн}$ [Ом] к RC-цепочке с сопротивлением $R$ [Ом] и емкостью $C$ [Ф].	Понятие определенного интеграла (О.И.), его свойства
2. Имеется вертикальная заземленная антенна высоты $l$ . Кривая распределения тока описывается уравнением $I(x) = I_m \cos \frac{\pi x}{2l}$ , где $I_m$ – максимальное значение тока в пучности; $x$ – расстояние точки от земли. Требуется определить действующую высоту $h_d$ антенны.	Понятие О.И., его свойства; геометрический смысл О.И.
3. Рассчитать активную мощность, выделяемую на элементах цепи с источником несинусоидального напряжения с помощью рядов Фурье. Принципиальная схема и источник несинусоидального ЭДС представлены на рис. 1 и 2 соответственно [6].	Понятие ряда Фурье, теорема Дирихле.

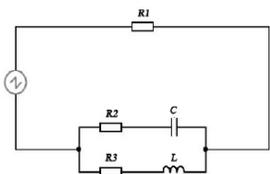


Рисунок 1 – Принципиальная схема

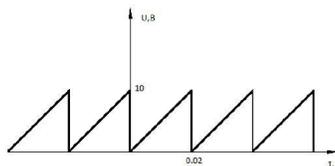


Рисунок 2 - источник

несинусоидального ЭДС	
4. Описать колебание струны при начальных условиях $u(0) = 2x - 1$ , $\left. \frac{\partial u}{\partial t} \right _{t=0} = \cos 2x$ в момент времени $t = \pi/6$ , если его движение описывается уравнением $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ [1].	Уравнения математической физики, формула Даламбера; применение О.И.

**Задача 2.** Мальчик на санях скатывается с горы, коэффициент силы трения между поверхностью саней и поверхностью снежной горы равна 0,02. Уклон горы составляет 0,5 (рисунок 3). Какое расстояние он проедет за 10 с после начала движения, если начальная скорость составляла 20 м/с, расстояние, пройденное до скатывания, было равно 1,75 м [1]?

**Решение.** Сделаем физический чертеж к данной задаче (рисунок 4).



Рисунок 3 – Скатывание с горы под углом

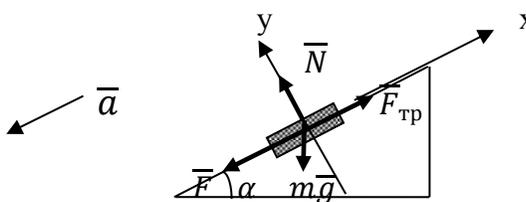


Рисунок 4 – Силы, действующие на материальную точку, совершающую движение под углом

Для данной системы второй закон Ньютона запишется в виде:

$$m\bar{a} = m\bar{g} + \bar{N} + \bar{F}_{\text{тр}} + \bar{F}.$$

Спроектируем силы на оси координат, и получим систему уравнений:

$$\begin{cases} O_y: 0 = -\text{Пр}_{Oy}\bar{F} + N \\ O_x: ma = \text{Пр}_{Ox}\bar{F} - F_{\text{тр}}. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N = mg\cos\alpha \\ F_{\text{тр}} = \mu N \\ ma = mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha). \end{cases}$$

Последнее уравнение системы равносильно дифференциальному уравнению

$$S''(t) = 9,8(\sin 30^\circ - 0,02\cos 30^\circ) = 4,73 \Rightarrow v(t) = 4,73t + C_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S(t) = 2,365 \frac{t^2}{2} + 20t + 1,75 \text{ м} - \text{закон движения саней.}$$

Через 10 с будет пройдено 320 м.

Таким образом, мы показали двунаправленную интегрированную связь дисциплин математики и физики, которую априори невозможно рассматривать в отдельности друг от друга. Преемственная связь математики с курсом физики

раскрывает знания и умения практического применения законов математики, что способствует формированию у обучающихся целостного научного мировоззрения [7].

### Список литературы

1. Голышева, С. П. Математика. Приложения дифференциальных уравнений: учеб. пособие для студентов первых, вторых курсов инженерно-технических, экономических биологических направлений бакалавриата аграрных вузов очной формы обучения / С. П. Голышева. – М. : Колос-с, 2021. – 116 с.

2. Жук, О. Л. / О. Л. Жук // Междисциплинарная интеграция как условие реализации идей устойчивого развития в профессиональной подготовке студентов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/148900>. – (дата обращения: 22.14.2024).

3. Жук, О. Л. / О. Л. Жук // Междисциплинарный и компетентностный подходы модернизации высшего образования в современных условиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bspu.by/handle/doc/57855>. – 23.11.2023 (дата обращения: 05.05.2024).

4. Коннова, О. В. Междисциплинарный подход к обучению профессионально ориентированному языку / О. В. Коннова, Т. А. Смахина // Международный научно-исследовательский журнал. – № 7 (133). – С. 1-4.

5. Ладин, Р. А. Математика и междисциплинарные связи / Р. А. Ладин, О. В. Снежкина, О. В. Бочкарева, Н. В. Титова // Молодой ученый. – 2014. – № 1 (60). – С. 550-552.

6. Применение рядов Фурье в электротехнике / И. Б. Прохоров и др. // Национальная ассоциация ученых. – 2015. – С.108-110.

7. Ухабина, Е. А. Межпредметные связи математики и физики / Е. А. Ухабина // Молодой ученый. – № 18 (465). – С. 253-255.

8. Ястребов, А. В. Междисциплинарный подход в преподавании математики / А. В. Ястребов // Ярославский педагогический вестник. – 2004. – № 3 (40). – С. 1-15.

### УДК 53

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ

**Самбуева С.Р.**

ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА

*г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия*

Для исследования тепловых процессов в алюминии с помощью USB-термозондов проведены онлайн эксперименты, анализ графиков в интерпретационной модели в формализме конечных отклонений. Представлена интерактивная мультимедиа образовательная система GEIWEB для обучения преподавателей физики, содержащая более 120 экспериментов с текстом, схемами, фото, видео, анимациями; моделирование процессов и др. Описывается моделирование дифракции света на одной и двух щелях с

интерпретационной моделью на основе принципа Гюйгенса. Онлайн измерения и моделирование дают возможность исследовать физические процессы в динамике и построить последовательные концепции на реальных явлениях.

*Ключевые слова:* информационно-коммуникационные технологии, моделирование физических процессов.

## USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN TEACHING PHYSICS

**Sambueva S.R.**

Buryat State Academy of Agriculture of V.R. Philippov,  
*Russia, Ulan-Ude*

Online experiments, analysis of graphs in the interpretative model in the finite deviation formalism are carried out to study thermal processes in aluminum using USB-thermoprobes. An interactive multimedia educational system GEIWEB for training physics teachers is presented, containing more than 120 experiments with text, diagrams, photos, videos, animations; process modeling, etc. Simulation of light diffraction at one and two slits with an interpretive model based on Huygens' principle is described. Online measurements and modeling provide an opportunity to investigate physical processes in dynamics and build consistent concepts on real phenomena.

*Key words:* information and communication technologies, modeling of physical processes.

### **Введение**

В настоящее время в организации исследовательской деятельности обучающихся используется компетентностный подход, определяющий цель и результаты обучения как сформированность компетенций действующих ФГОС ВО. Компетентностный подход [1-3, 5] подразумевает усиление практической направленности образования. Очевидно, что это возможно только при использовании новых информационно-коммуникационных технологий [4, 6, 7, 9], когда основной задачей является активное и прямое вовлечение студентов в процесс обучения. Экспериментальная деятельность является также основной частью преподавания физики, которая позволяет связать реальные явления и теорию, дает возможность познакомиться с типичными физическими методами, реализовать сложные дидактические задачи [8].

ИКТ создают новые цели и стратегии преподавания, новые пути управления и организации познавательной активности, в частности направленные на преодоление трудностей в обучении. Эти вопросы являются основными направлениями деятельности исследовательского отдела физического образования университета Удине, Италия (PERG-UD) ([www.fisica.uniud.it/URDF](http://www.fisica.uniud.it/URDF)) [10]. Автор статьи проходила научную стажировку в PERG-UD, участвуя в указанных исследованиях. Целью работы является обзор и анализ некоторых разработанных информационных технологий.

### **Результаты и обсуждение**

*Исследование тепловых процессов с помощью USB-термозондов*

В качестве примера изучения перехода систем к стационарному состоянию на рис. 1 представлен график зависимости температуры от времени, полученный измерением с помощью USB-термозондов в четырех равноотстоящих точках алюминиевого бруска. Концы бруска опускались в две термические ванны при 0 °С и 100 °С соответственно. Студенты могут выполнить эксперименты и, проведя количественный анализ графика, рассчитать коэффициент теплопроводности алюминия, величина которого хорошо согласуется с табличным значением. Анализ основан на интерпретационной модели, созданной с использованием формализма конечных отклонений.

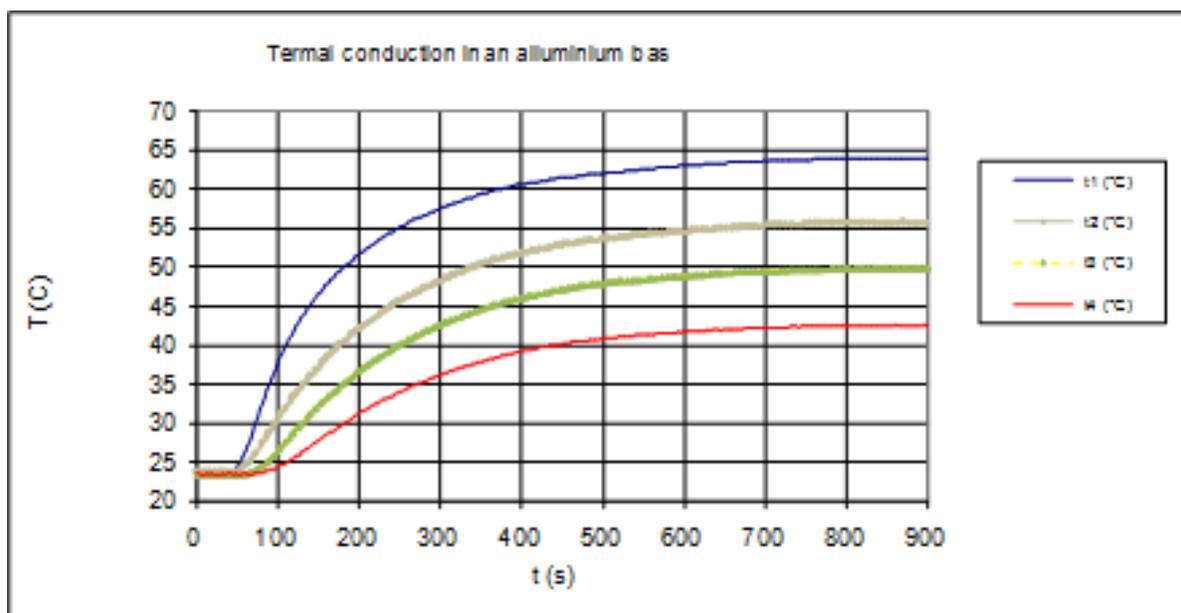


Рисунок 1 – Зависимость температуры от времени, полученная с помощью четырех датчиков в алюминиевом бруске

### **Веб-среда GEIWEB**

GEIWEB– интерактивная мультимедиа образовательная система для преподавания дисциплин, в частности физики, созданная для обучения преподавателей и их деятельности в рамках дидактических проектов. Система включает фильмы экспериментов, сопряженные датчики для онлайн измерений, рисунки, графики и программы обработки текстов, оглавление сетевой структуры и другие специфические элементы мультимедиа. Программное обеспечение сочетает удобство для пользователя и удобные интерфейсы и основана на сочетании мультимедийной памяти, интерактивных модулей и полезной документации.

GEIWEB включает более 120 экспериментов для наблюдения и воспроизведения, называемых Игры (Games), Эксперименты (Experiments),

Идеи (Ideas)(GEI) и текстовый материал для прямых исследований и для когнитивного исследования явлений. Данная система разработана на основе десятилетнего опыта обучения преподавателей и имеет цель – устранить разрыв между ежедневным опытом и преподаванием дисциплины в рамках неформального образования.

GEIWEB содержит:

1. Эксперименты, которые сопровождаются кратким текстом, схемами, фотографиями аппаратуры и иногда видео или анимациями.

2. Экспериментальные дидактические методы и документацию экспериментов.

3. Карточки для дидактических упражнений.

4. Моделирование процессов.

4. Помощь онлайн и глоссарий.

5. Блокноты для записей, рисунков, карт и расчетов. Сюда включены три Java-апплеты (два разных типа Canvas и Worksheet), необходимые для регистрации и обработки информации в виде записей, построения рисунков, чертежей, графиков и проведения расчетов. Последовательность операций, совершенных пользователем, может быть записана как полезные данные для анализа теоретического построения.

6. Средства для сбора и передачи данных из регистрационных форм и для удаленной связи студентов, преподавателей и исследователей.

В качестве примера на рис. 2 представлено моделирование закона Гука в GEIWEB. Имеется пять грузиков весом 5 Н каждый. Подвешивая разное количество грузиков на упругой пружине, можно наблюдать изменение удлинения пружины. Так как пружина находится в равновесии, сила тяжести грузиков по модулю равна упругой силе пружины. Онлайн строится график зависимости удлинения пружины от веса грузиков. Студенты могут сделать вывод, что данная зависимость подчиняется линейному закону в соответствии с законом Гука для малых деформаций.

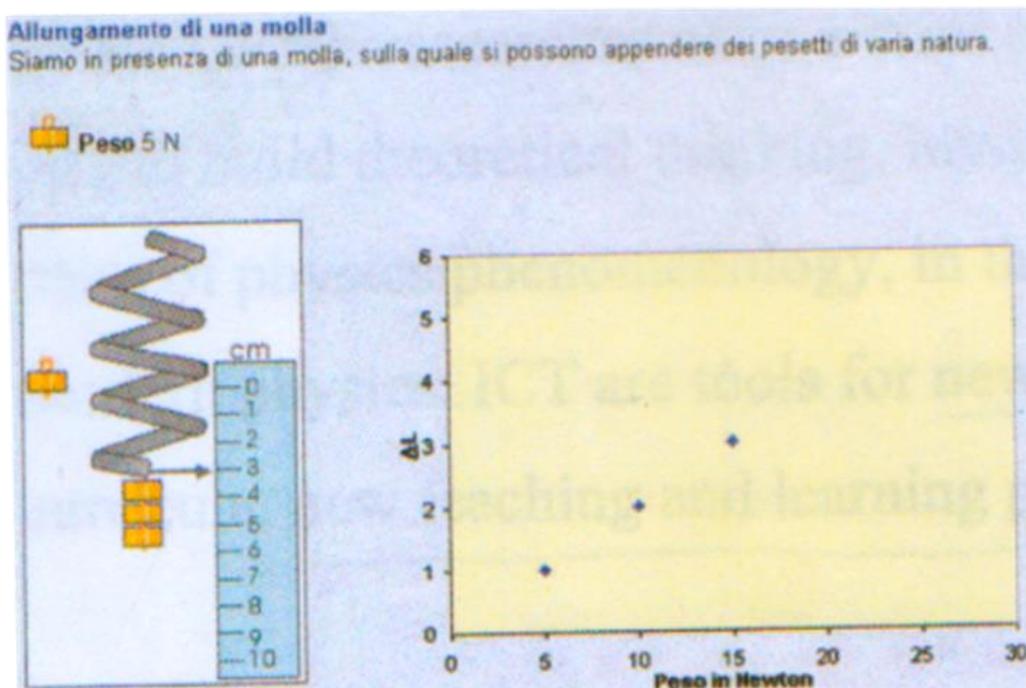


Рисунок 2 – Моделирование закона Гука для упругих деформаций

### ***Изучение явления дифракции***

Построение теоретических моделей широко используется в физике и должно быть введено в физическое образование. Предложения PERG-UD по моделированию объединяют экспериментальное исследование явлений, установку феноменологических законов и построение интерпретационных моделей. Моделирование основано на некоторых общих правилах, характерных для явлений, и разработано, используя программное обеспечение, которое позволяет студентам преодолеть формальные трудности, связанные с оперированием формулами и точными вычислениями.

Представим пример моделирования, связанный с подходом к феноменологии дифракции. Он основан на экспериментальном исследовании интерференционных картин, наблюдаемых при дифракции света на одной и двух щелях, и полученных с помощью онлайн датчиков интенсивности света и расстояний (рисунок 3а). Количественный анализ экспериментальной дифракционной картины показывает необходимость построения интерпретационной модели, основанной на принципе Гюйгенса. Студенты могут сравнить экспериментальные данные с картиной, полученной в компьютерной модели (рисунок 3б).

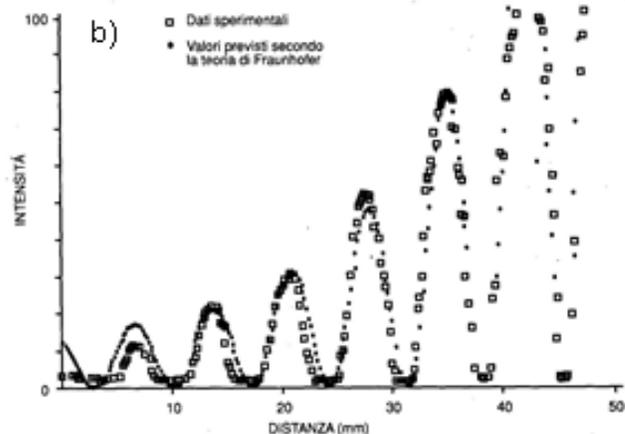
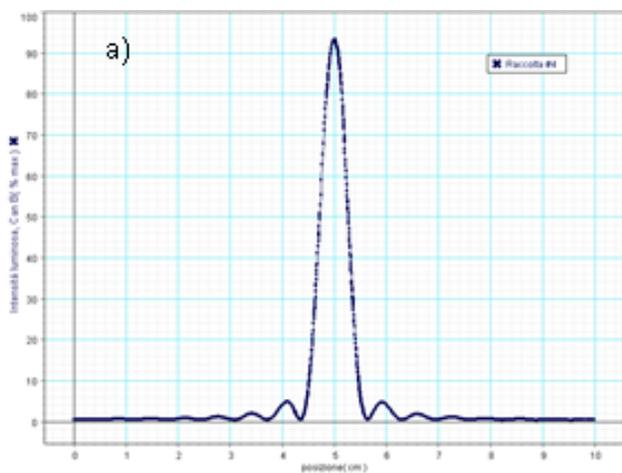


Рисунок 3 – а) Дифракционная картина, полученная с помощью онлайн датчиков интенсивности света и расстояний; б) Сравнение экспериментальных данных и модельной картины, основанной на принципе Гюйгенса

В заключение отметим, что в настоящее время необходимо развивать дидактические возможности использования информационно-коммуникационных технологий в преподавании физики. ИКТ, в частности, играют особую роль в работах, основанных на онлайн сборе данных и моделировании процессов. Возможность быстрого получения достоверных данных позволяет установить влияние различных параметров на наблюдаемые явления. В лаборатории реального времени можно анализировать временные диаграммы и графики величин. Моделирование дает студентам возможность исследовать физические понятия и законы и построить последовательные концепции на реальных явлениях.

### Список литературы

1. Бодякина, Т. В. Профессиональная компетентность педагога в современном обществе / Т. В. Бодякина, Е. В. Елтошкина, Л. И. Санеева // Роль преподавателя в современном вузе: Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 21–24 марта 2017 года. Том 3. Вып. 24. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2017. – С. 205-212. – EDN YZDMOL.
2. Дамбуева, А. Б. Формирование исследовательских компетенций при решении экспериментальных физических задач / А. Б. Дамбуева, С. Р. Самбуева // Инженерно-технические системы и энергосберегающие технологии в АПК: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию БГСХА и 55-летию инженерного факультета, Улан-Удэ, 01–05 июня 2016 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. – С. 55-60. – EDN QJUA NM.
3. Елтошкина, Е. В. Компетентностный подход при реализации дисциплины «Теория игр» / Е. В. Елтошкина, Т. В. Бодякина, Е. Б. Павлова // Формирование компетенций выпускников вуза: соответствие образовательным и профессиональным стандартам: Сборник

статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 14–16 мая 2019 года. Вып. 26. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2019. – С. 439-444. –EDN HHGWMM.

4. Микелини, М. Применение информационно-коммуникационных технологий в преподавании физики / М. Микелини, С. Р. Самбуева, Л. Санти, А. Стефанел // Проблемы и перспективы развития современного образования в условиях перехода к новой концепции образования: Материалы региональной научно-методической конференции, посвященной 65-летию Победы в Великой Отечественной войне, Улан-Удэ, 21 апреля 2010 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2010. – С. 213-219. –EDN: UWYINP.

5. Очиров, М. Н. Компетентностное обучение: модель реализации / М. Н. Очиров // Вестник Бурятского государственного университета. –2012. – № 15. – С. 61–64. – EDN PJTBOV.

6. Самбуева, С. Р. Информационно-коммуникационные технологии в процессе преподавания физики / С. Р. Самбуева// Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы III Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 апреля 2022 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2022. – С. 313-319. – EDN MOOJX.

7. Самбуева, С. Р. Использование интерактивных методов обучения физике / С. Р. Самбуева // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан-Удэ, 22 марта 2023 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. – С. 238-245. – EDN GCMCCC.

8. Euler, M. The role of experiments in the teaching and learning of physics /M. Euler // Research on physics education. – Amsterdam: IOS, 2004. – P. 175–221.

9. Griffiths, T. Connective model of learning: the implications for work process knowledge /T. Griffiths, D. Guile // European Educational Research Journal. – 2003. – Vol. 2 (1). – P. 56–73.

10. Sidharth, B. G. Fundamental Physics and Physics Education Research/B. G. Sidharth, J. C. Murillo, M. Michelini, C. Perea //Springer Nature Switzerland AG, 2021. – 290 p. –DOI: 10.1007/978-3-030-52923-9.

## УДК 51

### **ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ К РЕШЕНИЮ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ**

**С.Е. Васильева, О.Н. Хороших**

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского  
*г. Иркутск, Россия*

Одним из важных условий повышения мотивации студентов к изучению дисциплины математика является применение в обучении принципа прикладной направленности, включающего в себя применение математического аппарата к решению прикладных задач.

В данной статье представлена немаловажность изучения раздела «Дифференциальные уравнения» в обучении математике, так как дифференциальные уравнения служат средством

установления межпредметных связей между математикой и другими дисциплинами. Применение дифференциальных уравнений иллюстрируется прикладными задачами.

*Ключевые слова:* дифференциальные уравнения, прикладная задача, прикладная направленность.

## **APPLICATION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS TO THE SOLUTION OF THE APPLIED TASKS**

**S.E. Vasilieva, O.N. Shoroshih**

*Irkutsk State Academy of Agricultural, Irkutsk, Russia*

One of the main conditions to increase the motivation of students to study mathematics is the use of training principle applied orientation, which includes the use of mathematical apparatus to the solution of applied problems.

The article shows the importance of studying the "Differential equations" in teaching math since the differential equations are the tool set of interdisciplinary connections between mathematics and other disciplines. Application of differential equations is illustrated by application tasks.

*Keywords:* differential equations, applied task, applied orientation.

Научно-практическая революция во всех сферах человеческой деятельности устанавливает новые требования к знаниям, к общему и прикладному характеру образования. Это ставит перед современными ВУЗами новые задачи для совершенствования образования. Вследствие этого в методике преподавания математики появляется новая проблема - проблема прикладной направленности обучения, которая воплощается в действительность с целью повышения качества математического образования студентов. Студенты –бакалавры, специалисты должны научиться видеть за математическими понятиями конкретные явления окружающего мира и уметь их анализировать. Принцип профессиональной (прикладной) направленности предполагает уже на первом курсе погружение студента в контекст будущей профессиональной деятельности: включение в содержание обучения профессионально значимых знаний, показывающих связь математических понятий, методов с его будущей работой [5].

Остановимся на рассмотрении практического аспекта использования дифференциальных уравнений. Сегодня дифференциальные уравнения считаются важнейшим понятием в области современной математики. Данный переход к исследованию явлений природы с помощью дифференциальных уравнений был предложен итальянским ученым Ньютоном в начале прошлого века.

Под прикладной направленностью обучению дифференциальным уравнениям Б.А. Найманов понимает «обучение студентов решению прикладных задач и овладение ими методики решения таких задач» [4].

Главным инструментом, позволяющим применять в обучении задачи прикладного характера, являются учебные пособия.

Вы можете встретить различные интерпретации понятия «прикладная задача».

Например, И. М. Шапиро [8] под математической задачей прикладного характера понимает задачу, фабула которой раскрывает приложения математики в смежных учебных дисциплинах, знакомит с ее использованием в организации, технологии и экономике современного производства, в сфере обслуживания и быту.

Дифференциальные уравнения возникли в результате решения задач, которые имеют отношение к прикладному характеру, и после дальнейшего развития теории нашли свое отражение во многих областях науки.

С использованием дифференциальных уравнений для решения некоторых прикладных задач студенты сталкиваются при изучении таких дисциплин как физика, биология, экономика, теория механики, электротехника и т.д.

**Цель работы** – показать необходимость и целесообразность использования дифференциальных уравнений в решении прикладных задач.

Прикладные задачи имеют схему их решения, в которой указаны действия, которые необходимо выполнить, чтобы получить дифференциальное уравнение процесса, представленного в условии задачи.

В работах Н.В. Полюхович [6, 7] представлена схема решения прикладных задач, включающая следующие этапы:

- 1) составление дифференциального уравнения;
- 2) работа с дифференциальным уравнением;
- 3) интерпретация результатов.

Для составления дифференциального уравнения нужно определить, существует ли закон, регулирующий процесс, представленный в условии задачи. Если ответ положителен, то записать равенство, соответствующее закону, определить какая из величин рассматриваемого процесса является независимой переменной и выразить изменяющиеся величины через независимую переменную и данные задачи.

Однако на практике часто встречаются случаи, когда законы, которые могли бы позволить составить дифференциальное уравнение, неизвестны. Тогда прибегают к следующей последовательности действий:

- 1) выбрать величины, одна из которых будет независимой переменной, а другая искомой функцией, и ввести для них обозначения;
- 2) выразить изменение искомой функции, которое будет соответствовать приращению независимой переменной.

Возможности и правила составления дифференциальных уравнений определяются знанием законов той области, с которой связана природа изучаемой задачи.

Рассмотрим ряд задач, иллюстрирующих процесс составления дифференциальных уравнений.

**Задача 1.** Вывести зависимость давления газа  $p$  от высоты  $h$  в гравитационном поле.

*Решение.* Возьмем произвольную цилиндрическую колонну газа высотой  $h$ . С площадью горизонтального сечения  $S$ . Давление, оказываемое этой колонной, запишем

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh, \quad (1)$$

где  $m$  – масса газа,  $\rho$  – плотность газа,  $V$  – объем газа,  $g$  – ускорение свободного падения. Выделим из этой колонны газа высотой  $h$  небольшой столб, равный по сечению исходной колонне, но с высотой  $dh$ .

Газ вызывает изменение давления

$$dp = -\rho g dh. \quad (2)$$

Из уравнения следует, что с увеличением высоты давление будет уменьшаться.

Атмосферный воздух – идеальный газ, будет справедливо уравнение

$$pV = \frac{mRT}{M},$$

где  $M$  – молярная масса сухого воздуха,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  – абсолютная температура воздуха.

Имеем:

$$pV = \frac{\rho VRT}{M}, \quad p = \frac{\rho RT}{M}, \quad \rho = \frac{pM}{RT}, \quad (3)$$

Следовательно, 
$$dp = -\frac{pM}{RT} g dh, \quad \frac{dp}{p} = -\frac{Mg}{RT} dh.$$

(4)

Уравнение (4) является дифференциальным уравнением первого порядка с разделяющимися переменными.

Проинтегрируем полученное уравнение

$$\int \frac{dp}{p} = -\int \frac{Mg}{RT} dh, \quad \ln|p| = -\frac{Mgh}{RT} + \ln C, \quad p = Ce^{-\frac{Mg}{RT}h}.$$

Пусть  $p(h=0) = p_0$ ,  $p = p_0 e^{-\frac{Mg}{RT}h}$  – барометрическая формула, позволяет определить давление на любой высоте от поверхности моря учитывая особенности окружающего воздуха.

**Задача 2.** Найти функцию дохода  $Y = Y(t)$ , если известно, что величина потребления задается функцией  $C = 2t$ , коэффициент капиталоемкости прироста дохода  $b = \frac{1}{2}$ ,  $Y(0) = 2$ .

*Решение.* Доход  $Y(t)$ , полученный в момент времени  $t$  некоторой отраслью, является суммой инвестиций  $I(t)$  и величины потребления  $C(t)$ , т.е.

$$Y(t) = I(t) + C(t). \quad (5)$$

Предполагается, что скорость увеличения дохода пропорциональна величине инвестиций:

$$bY'(t) = I(t). \quad (6)$$

Из соотношений (5) и (6) и условия задачи имеет уравнение

$$Y(t) = \frac{1}{2}Y'(t) + 2t \quad \text{или} \quad Y'(t) - 2Y(t) = -4t,$$

т.е. функция дохода удовлетворяет линейному дифференциальному уравнению первого порядка.

Решение этого уравнения будем искать в виде  $Y(t) = u(t) \cdot v(t)$ . Тогда имеем  $Y(t) = e^{2t}(2te^{-2t} + e^{-2t} + C) = 2t + 1 + Ce^{2t}$ . Значение постоянной  $C$  находим из начальных условий: поскольку  $Y(0) = 2$ , то  $C = 1$ . окончательно имеем  $Y(t) = 2t + 1 + e^{2t}$ .

Приведенные примеры показывают, что решение самых разнообразных задач сводится к составлению дифференциальных уравнений.

К линейным дифференциальным уравнениям второго порядка приводят явления, связанные с изменением силы тока [1].

**Дифференциальные уравнения** достаточно широкое применение находят в моделях экономической динамики [3].

**Задача 3.** Из статистических данных известно, что для рассматриваемого региона число новорожденных и число умерших за единицу времени пропорциональны численности населения с коэффициентами пропорциональности  $k_1$  и  $k_2$  соответственно. Найти закон изменения численности населения с течением времени

Решение. Пусть  $N = N(t)$  – число жителей региона в момент времени  $t$ . Прирост населения  $\Delta N$  за время  $\Delta t$  равен разности между числом родившихся и умерших за это время, т.е.

$$\Delta N = k_1 N \Delta t - k_2 N \Delta t \quad \text{или} \quad \frac{\Delta N}{\Delta t} = (k_1 - k_2)N.$$

Переходя к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$ , получаем уравнение

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = (k_1 - k_2)N \quad \text{или} \quad N' = (k_1 - k_2)N.$$

Полученное уравнение является дифференциальным уравнением первого порядка, представляющим математическую модель демографического процесса. Решая это уравнение, находим закон изменения численности населения

$$N = C \cdot e^{(k_1 - k_2)t},$$

где  $C$  - постоянная, определяемая начальными условиями [1, 9, 10]

**Задача 4.** Электрическая цепь состоит из последовательно включенных (рисунок 1) источника тока, напряжение которого изменяется по известному закону  $U=U(t)$ , сопротивления  $R$ , индуктивности  $L$  и емкости  $C$ . Найти закон

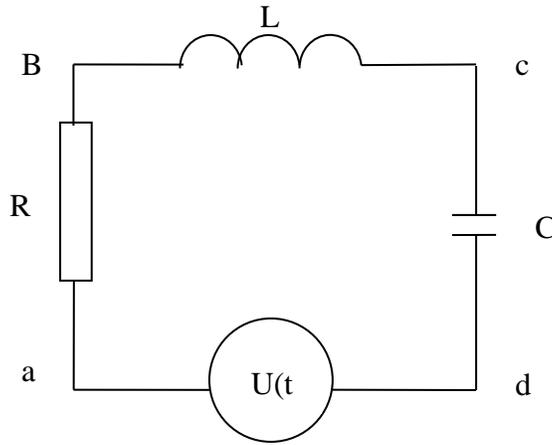


Рисунок 1 - Электрическая цепь

*Решение.* Обозначим через  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$ ,  $U_{cd}$  падения напряжения соответственно на участках  $ab$ ,  $bc$ ,  $cd$  цепи. Так как в замкнутом контуре алгебраическая сумма падений напряжения равна электродвижущей силе, то

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} = U(t)$$

Из физики известно, что

$$U_{ab} = R \cdot I(t) \text{ (закон Ома),}$$

$$U_{bc} = L \cdot \frac{dI(t)}{dt}, \quad U_{cd} = \frac{1}{C} \int I(t) dt.$$

Поэтому

$$R \cdot I(t) + L \cdot \frac{dI(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int I(t) dt = U(t)$$

Дифференцируя по  $t$  обе части последнего равенства, получим

$$R \cdot \frac{dI}{dt} + L \cdot \frac{d^2 I}{dt^2} + \frac{I}{C} = U'(t),$$

или

$$I'' + \frac{R}{L}I' + \frac{I}{LC} = \frac{U'}{L}.$$

Таким образом, искомая сила тока  $I$  в цепи является решением линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.

Если внешняя электродвижущая сила  $U$  постоянна (в частности, равна нулю), то  $U' = 0$ , и мы приходим к линейному дифференциальному уравнению без правой части

$$I'' + \frac{R}{L}I' + \frac{I}{LC} = 0.$$

Если же напряжение цепи изменяется, частное решение получившегося неоднородного уравнения описывает закон изменения установившегося тока.

Общее же решение неоднородного уравнения представляет собой закон изменения тока в электрической цепи как сумму переходного и установившегося тока. В зависимости от исходных данных будут получаться разные корни характеристического уравнения и разные правые части, что позволяет отрабатывать всю тему на решении одной задачи [4, С.25]

**Вывод.** Прикладным задачам в разделе «Дифференциальные уравнения» следует уделить особое внимание, поскольку именно они служат средством установления связи между математикой и общетехническими и специальными дисциплинами. В процессе работы с прикладными математическими задачами, сводящимися к дифференциальным уравнениям, можно формировать у студентов умения, связанные с исследованием математических моделей, которые будут востребованы в будущей профессиональной деятельности.

### Список литературы

1. Васильева, С. Е. Роль дифференциальных уравнений в решении прикладных задач / С. Е. Васильева, Т. А. Шумай // Теоретический и практический потенциал современной науки: Сборник научных статей / Научный редактор С.П. Акутина. Том Часть I. – Москва: Издательство "Перо", 2018. – С. 40-46. – EDN NSMFSO.
2. Васяк, Л.В. Формирование профессиональной компетентности будущих инженеров в условиях интеграции математики и спецдисциплин средствами профессионально ориентированных задач [Текст]: авто-реф. дис. ... канд. пед. наук / Л.В. Васяк. – Омск, 2007.- 20 с.
3. Высшая математика для экономических специальностей: Учебник и практикум (части I и II)/ под ред. проф. Н.Ш. Кремер. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшее образование, 2008. - 893 с.
4. Голышева, С. П. Роль приложений дифференциальных уравнений в обучении математике в аграрном вузе / С. П. Голышева // Байкальский Вестник ДААД. – 2019. – № 1. – С. 134-138. – EDN PDZYVE.

5. Найманов, Б.А. Реализация прикладной направленности преподавания дифференциальных уравнений в педагогическом институте: автореф. дис. ... канд. пед. наук: / Найманов Б. А. – М., 1993. – 19 с.

6. Носков, М. В. К теории обучения математике в технических вузах / М. В. Носков, В. А. Шершнева // Педагогика. – 2005. – № 10. – С. 62-67. – EDN NCJRNZ.

7. Дифференциальные и разностные уравнения: Методические указания / Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. – Иркутск: Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 41 с. – EDN JUPZMM.

8. Полюхович, Н.В. Методические основы обучения студентов решению прикладных задач по теме «Дифференциальные уравнения» / Н.В. Полюхович// Вестник Ярославского государственного университета. Серия «Психолого-педагогические науки». – 2010.- №2. С. 131-136

9. Полюхович, Н.В. Схема решения прикладных физических задач с использованием обыкновенных дифференциальных уравнений [Текст] / Н.В. Полюхович// Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. Выпуск 10: Периодический межвузовский сборник научно-методических работ. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2008. – 356с.

10. Шапиро, И.М. Использование задач с практическим содержанием в преподавании математики: М.: Просвещение, 1990. – 96 с.

## Содержание

СТУПЕНИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КАФЕДРЫ МАТЕМАТИКИ ИРКУТСКОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА .....	3
ТЕНЗОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ..9	
ИЗУЧЕНИЕ АСПЕКТОВ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ .....	18
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ РИСКОВ .....	23
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА ЧЕРЕЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ И САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ .....	29
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МНОГОЭТАПНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА .....	36
МАССИВЫ В ДИНАМИКЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОПЕРАЦИИ С НИМИ ...42	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О МЕСТОПОЛОЖЕНИИ ЛЕСНЫХ АРЕНДНЫХ УЧАСТКОВ.....	50
ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ .....	58
ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИИ КОМПАНИИ .....	63
ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	69
СРАВНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТАЛОННОГО МЕХАНИЗМА И МЕХАНИЗМА С ЗАЗОРАМИ.....	74
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАВЫКОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И АГРОТЕХНОЛОГИЙ.....	79
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ ЛОГИСТИКИ.....	85
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ.....	89
ПРОЦЕССЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ И СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ .....	94
ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУППОВОГО ТЕСТИРОВАНИЯ .....	99
НЕЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВЕДЕННОЙ ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	104
РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ .....	109
ОРГАНИЗАЦИЯ СРС ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИКА» ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 35.03.06 «АГРОИНЖЕНЕРИЯ» В ИРКУТСКОМ ГАУ.....	114
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ХИМИЯ».....	120

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ В ШКОЛЕ .....	128
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЗАНЯТИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ», КАК СРЕДСТВО МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ .....	133
К ВОПРОСУ О ПРЕПОДАВАНИИ НЕКОТОРЫХ РАЗДЕЛОВ ГЕОМЕТРИИ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ.....	140
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	146
ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ.....	152
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «1С:УНИВЕРСИТЕТ ПРОФ» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ИРКУТСКОГО ГАУ.....	157
О ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ.....	164
СТАТИСТИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	169
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УВЕЛИЧЕННЫМ РАДИАЛЬНЫМ ЗАЗОРОМ В ПОДШИПНИКЕ.....	175
КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО МАГНЕТИЗМУ .....	181
МЕТОДИКА РАСЧЁТА ДЛЯ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ.....	188
АНАЛИЗ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В КИРКУКЕ МЕТОДАМИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	193
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ.....	202
КАЧЕСТВО МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ФГБОУ ВО ИРКУТСКОГО ГАУ .....	208
ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	215
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ СВЯЗ МАТЕМАТИКИ И ФИЗИКИ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ.....	221
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ .....	226
ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ К РЕШЕНИЮ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ .....	232