

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



51
ЧАСТЬ I
2025

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 51 (602) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хуснурин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)

Алиева Таира Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Курпаяни Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максутович, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен *Джозеф Стиглиц* (1943), американский экономист-кейнсианец.

Джозеф Стиглиц родился в 1943 году в городе Гэри (штат Индиана, США) в небогатой еврейской семье. Его отец, Натаниэль Стиглиц, был страховым агентом, а мать Шарлотта (урожденная Фишман) — школьной учительницей. Стиглиц учился в Амхерстском колледже, где был главой студенческого совета, а затем продолжил обучение в Массачусетском технологическом институте (МТИ), где защитил докторскую диссертацию.

В 1965–1966 годах Стиглиц занимался исследовательской работой в Чикагском университете, в 1966–1970 годах — в Кембриджском университете в Великобритании. В то время его изыскания были посвящены проблемам экономического роста, инноваций и перераспределения доходов. Вернувшись в США, он начал работать в Йельском университете, где специализировался на экономике рисков, что в конечном счете привело его к главной теме научных исследований — теории информационной экономики.

В дальнейшем Стиглиц занимал академические должности во многих ведущих американских и британских университетах: Оксфорде, Станфорде, Принстоне и др. В 1992 году он переехал в Вашингтон, чтобы работать в администрации президента США Билла Клинтона — входил в состав Совета экономических консультантов при президенте США и возглавлял этот совет. В 1997–2000 годах Стиглиц был старшим вице-президентом и главным экономистом Всемирного банка. С 2000 года он является профессором Колумбийского университета.

Научные интересы Стиглица широки и многообразны, однако в центре его внимания всегда оставались проблемы сбора, анализа и распространения информации, принятия решений в условиях недостаточной информации, а также роль неполной информации в конкурентном процессе. В ряде новаторских статей, преимущественно обобщавших результаты анализа рынков страховых услуг, он показал, что нельзя утверждать, будто нерегулируемая конкуренция оптимизирует экономическое благосостояние или хотя бы приведет к равновесию спроса и предложения; тем более это неверно в отношении монополистической конкуренции и олигополии.

Будучи кейнсианцем и сторонником активной роли государства в экономике, Стиглиц подвергает жесткой критике неограниченный рынок, монетаризм и неоклассическую экономическую школу вообще, а также неолиберальное понимание глобализации и политику Международного валютного фонда в отношении развивающихся стран. По его мнению, современный капитализм может и должен быть усовершенствован. Критикуя «неолиберальный крен» в экономическом образовании, Стиглиц написал учебник по основам экономики, который был

призван устраниить такой перекос в процессе преподавания экономики.

Стиглиц не только известный экономист, он активно участвует в политической и общественной жизни США. В 2000 году на базе Колумбийского университета он создал научное сообщество экономистов и политологов «Инициатива за политический диалог» (The Initiative for Policy dialogue), цель которого — помочь странам с переходной и развивающейся экономикой выработать альтернативные пути развития и укрепить гражданское общество. Он также возглавлял комиссию экспертов при председателе Генеральной Ассамблеи ООН по реформированию международной валютно-финансовой системы и международную комиссию, задачей которой была выработка критерии оценки экономической деятельности и социального прогресса без опоры на ВВП страны.

Стиглиц был редактором и членом редколлегий многих специализированных журналов: *Journal of Public Economics*, *Review of Economic Studies*, *American Economic Review*, *Journal of Economic Theory*, *Journal of Economic Perspectives* и др.

В 2001 году Стиглиц совместно с американскими экономистами Джорджем Акерфолом и Майклом Спенсом был удостоен Нобелевской премии «за анализ рынков с несимметричной информацией», то есть таких рынков, на которых одни участники обладают большим объемом информации, чем другие.

Научные заслуги и общественно-политическая деятельность Стиглица отмечены и другими престижными наградами, среди которых — медаль Джона Бэйтса Кларка за научные достижения; премия Джеральда Лоэба за выдающуюся финансовую журналистику, премия «Глобальная экономика», присуждаемая Кильским институтом мировой экономики.

Стиглиц — член Американской академии искусств и наук, Национальной академии наук США, Эконометрического общества и Американского философского общества. Он был президентом Восточной экономической ассоциации и президентом Международной экономической ассоциации.

Джозеф Стиглиц является почетным доктором более 40 университетов, в том числе Кембриджского, Гарвардского и Оксфордского, иностранным членом Российской академии наук и Лондонского королевского общества по развитию знаний о природе, кавалером ордена Почетного легиона.

В 2011 году журнал *Time* назвал Стиглица одним из 100 самых влиятельных людей в мире, а журнал *Foreign Policy* включил его в список 100 ведущих мировых мыслителей.

Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Аблабеков Б. С., Шаршенова А. Д.	
О решении одной обратной задачи для параболического уравнения	1
Рысбекова И. К.	
Специальные функции математической физики и их применение.....	4
Сорокина В. Н., Кравченко К. И.	
О свойствах подгрупповых функторов.....	6

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Палачёв К. С.	
Управление ИТ-проектами в среде «Битрикс24»: анализ лучших практик и инструментов Agile (Scrum/Kanban)	9
Погосова Ж. Г.	
Особенности взаимодействия с абитуриентами и его автоматизация.....	13
Романов Т. Н.	
Концепция корпоративной информационной системы на базе облачных технологий	16
Smirnov N. A.	
Automation of architectural verification of RISC-V processor core based on the RiscoF framework	19

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдуазизов И. А.	
Анализ напряженно-деформированного состояния в висячих и вантовых мостах	22
Акимов А. А., Борсук Р. А.	
Структурная схема устройства для построения карты помещения	28
Борсук Р. А.	
Структурная схема детектора «Медведь»	30
Гущина А. А.	
Анализ обработки особого пускового органа устройством противоаварийной автоматики энергоузла	32

Картавый Е. С.

Проектирование устройства определения направления на источник звука	34
---	----

Комиссаров В. А., Сапитон Д. А.

Конструкция и технические характеристики тягового синхронного генератора с интегрированным бесщеточным возбудителем	36
---	----

Мухитдинов А.

Ремонт скважин под давлением	41
------------------------------------	----

Смурьгина А. А.

Влияние реологических свойств праймера на кинетику вторичной карбонизации и стойкость пены пива	44
---	----

Тошмукумов Б. Ж.

Определение напряжений в грунте по прогибу пластины под действием собственного веса и дополнительной нагрузки	47
---	----

Черных М. А., Черных Д. А.

Методы и способы анализа баз данных наработки отказов и дефектов серийного производства для достижения требуемых комплексных показателей надежности серийных образцов	52
---	----

Чмель Е. Н.

Обоснование и моделирование конструкции трехкоординатного манипулятора автоматизированного комплекса установки резьбовых заклепок при сборке шкафов серии «Эталон»	55
--	----

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Данилова А. Р., Смирнова А. Е.

Чемодан: актуальность, история и перспектива развития	60
---	----

Трофимов Д. П., Гибадуллин М. Р.

Опыт изменения схемы опирания колонны встройки для снятия коллизии, выявленной в ходе авторского надзора за строительством...	63
---	----

МАТЕМАТИКА

О решении одной обратной задачи для параболического уравнения

Аблабеков Бактыбай Сапарбекович, доктор физико-математических наук, профессор;

Шаршенова Алина Дуйшенбековна, студент магистратуры

Кыргызский национальный университет имени Жусупа Баласагына (г. Бишкек, Кыргызстан)

Теория решения обратных задач математической физики сегодня является одним из наиболее динамично развивающихся направлений современной математики. Повышенный интерес исследователей к таким задачам связан прежде всего с быстрым ростом числа их приложений, возникших в последние годы на фоне стремительного развития физики и техники. Несмотря на существование множества методов решения обратных задач, потребность в создании новых подходов, учитывающих некорректность многих из них, по-прежнему остается высокой. Изучается обратная задача определения источника, зависящее от времени в параболическом уравнении.

Ключевые слова: параболическое уравнение, обратная задача, нелокальная задача, нагруженное уравнение.

On the solution of one inverse problem for a parabolic equation

Ablabekov Baktybay Saparbekovich, doctor of physical and mathematical sciences, professor;

Sharshenova Alina Duishenbekovna, master's student

Kyrgyz National University named after Zhusup Balasagyn (Bishkek, Kyrgyzstan)

The theory of solving inverse problems in mathematical physics is one of the most dynamically developing areas of modern mathematics. The increased interest of researchers in such problems is primarily due to the rapidly growing number of applications that have emerged in recent years amid the rapid advances in physics and technology. Despite the existence of numerous methods for solving inverse problems, the need to develop new approaches that account for the ill-posedness of many of them remains high. The inverse problem of determining a time-dependent source in a parabolic equation is being studied.

Keywords: parabolic equation, inverse problem, nonlocal problem, loaded equation.

Введение

Обратным задачам математической физики, включая аналитические и численные методы их решения, в частности начально-краевым задачам для параболических уравнений, посвящено значительное число исследований. Существенный интерес у специалистов, разрабатывающих численные методы для обратных и некорректных задач параболического типа, вызывают градиентные методы [1], прежде всего метод наискорейшего спуска [2]. К числу значимых работ, рассматривающих анализ и решение задач восстановления граничных условий для уравнений параболического типа, относятся публикации [1–4]. Вместе с тем до настоящего времени сохраняется актуальность разработки эффективных численных методов решения граничных обратных задач для уравнений теплопроводности. Численное решение обратной задачи для параболического уравнения с нелинейным коэффициентом проводимости представляет собой сложную задачу идентификации неизвестных параметров, таких как коэффициент теплопроводности.

Постановка задачи. Рассмотрим начально-краевую задачу для нелинейного уравнения теплопроводности:

$$u_t = u_{xx} + f(u(x, t)), (x, t) \in \Omega_T, \quad (1)$$

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (2)$$

$$u(0, t) = 0, u(1, t) = \mu(t), 0 < t \leq T, \quad (3)$$

где $\Omega_T = \{(x, t) : 0 < x < 1, 0 < t \leq T\}$, функции $\varphi(x), \mu(t)$ будем считать заданными.

Обратная задача. Пусть $f(u(x, t)) = f(t)$. Требуется найти пару функций $\{u(x, t), f(t)\}$ из условий (1)-(3) по следующей дополнительной информации

$$u(x_0, t) = \psi(t), \quad 0 < x_0 < \pi, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (4)$$

Предположим, что начальные и граничные условия согласованы:

$$\varphi(0) = \mu_1(0), \quad \varphi(1) = \mu_2(0), \quad \varphi(x_0) = \psi(0). \quad (5)$$

Определение 2. Пара функций $u(x, t)$ и $f(t)$ называется решением обратной задачи (1)-(4), если $u(x, t) \in C^{(2,1)}(\Omega) \cap C(\bar{\Omega}), f(s) \in C^1(\mathbb{R})$ и удовлетворяют равенствам (1)-(4) в классическом смысле.

Сначала изучим прямую задачу (1)-(3).

Докажем, что при этих предположениях существование решения задачи (1)-(3) доказывается сведением ее к интегральному уравнению.

Справедлива

Теорема 1. Пусть функции $\varphi(x), \mu(t), f(s)$ удовлетворяют следующим условиям $\varphi(x) \in C^2[0,1], \varphi''(x) \in L_1(0,1), \varphi(0) = 0, \varphi(1) = \mu(0), f(s) \in C^1(R), f(0) = 0$. Тогда начально-краевая задача (1)-(3) имеет единственное решение и $u(x, t) \in C^{(2,1)}(\Omega_T) \cap C(\bar{\Omega}_T)$.

Доказательство. Пусть $G(x, \xi, t)$ функция Грина первой начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности. Тогда решение задачи (1)-(3) эквивалентным образом сводится к интегральному уравнению второго рода

$$u(x, t) = u_0(x, t) + \int_0^t \int_0^1 G(x, t, \xi, \tau) f(u(\xi, \tau)) d\xi d\tau, \quad (6)$$

где

$$u_0(x, t) = \int_0^1 G(x, \xi, t) \varphi(\xi) d\xi - \int_0^t \frac{\partial G(x, t, \tau)}{\partial \xi} \mu(t - \tau) d\tau, \quad (7)$$

$$G(x, \xi, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sin n \pi x \sin n \pi \xi \exp(-n^2 \pi^2 t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi t}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[\exp\left(-\frac{(x - \xi + 2n)^2}{4t}\right) - \exp\left(-\frac{(x + \xi + 2n)^2}{4t}\right) \right].$$

Покажем, что уравнение (6) определяет единственное непрерывное в области Ω_T решение. Для этого воспользуемся методом последовательных приближений, представив $u(x, t)$ в виде ряда

$$u(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} u_n(x, t), \quad (8)$$

где $u_n(x, t), \quad n \geq 1$ находятся по формулам:

$$u_n(x, t) = \int_0^t \int_0^1 G(x, t, \xi, \tau) f(u_{n-1}(\xi, \tau)) d\xi d\tau, \quad n = 1, 2, \dots \quad (9)$$

Из условий теоремы следует, что $u_n(x, t) \in C(\bar{\Omega}_T)$. Используя метод математической индукции, нетрудно показать, что

$$|u_n(x, t) - u_{n-1}(x, t)| \leq LM^{n-1} \frac{t^{n-1}}{(n-1)!}, \quad (x, t) \in \bar{\Omega}_T. \quad (10)$$

Докажем единственность решения уравнения (8). Пусть функции $u_1(x, t), u_2(x, t)$ есть два решения уравнения (8). Тогда для их разности

$$\vartheta(x, t) = u_1(x, t) - u_2(x, t) \text{ справедлива}$$

$$\vartheta(x, t) \leq L_1 \int_0^t \int_0^1 G(x, t, \xi, \tau) \vartheta(\xi, \tau) d\xi d\tau.$$

Введем обозначение

$$V(t) = \max_{0 \leq x \leq 1} |\vartheta(x, t)|.$$

Тогда из последнего неравенства следует

$$V(t) \leq M \int_0^t V(\tau) d\tau.$$

Следовательно, $V(t) = 0$ при $0 \leq t \leq T$ и $u_1(x, t) = u_2(x, t)$ в $\bar{\Omega}_T$ и теорема 1 доказана.

2. Сведение обратной задачи к начально-краевой задаче для нагруженного уравнения.

Переходим к исследованию обратной задачи (1)-(4). Положив в (1) $x = x_0$ и используя (4), получим

$$f(t) = \psi'(t) - u_{xx}(x_0, t). \quad (11)$$

Постановка (11) в (1) дает искомое нагруженное уравнение

$$u_t = u_{xx} - \psi'(t) + u_{xx}(x_0, t), \quad (12)$$

Таким образом, получили линейное нагруженное уравнение для уравнение теплопроводности.

Рассмотрим начально-краевую задачу (12), (2),(3). Из этой задачи, имеем

$$u(x, t) = u_1(x, t) - \int_0^t \int_0^1 G(x, t, \xi, \tau) u_{xx}(x_0, \tau) d\xi d\tau, \quad (6)$$

где

$$u_1(x, t) = u_0(x, t) + \int_0^t \int_0^1 G(x, \xi, t - \tau) \psi(\tau) d\xi d\tau.$$

Продифференцировав (1.6) два раза по переменной x и положив $x = x_0$, получим

$$u_{xx}(x_0, t) = u_{1xx}(x_0, t) - \int_0^t \int_0^1 G_{xx}(x_0, t, \xi, \tau) u_{xx}(x_0, \tau) d\xi d\tau. \quad (7)$$

Равенства (1.6), (1.7) определяют систему линейных интегральных уравнений типа Вольтерра второго рода относительно функций $u(x, t)$ и $u_{xx}(x_0, t)$.

Решая эту систему уравнений, например методом сжимающих отображений, находим функции $u(x, t)$ и $u_{xx}(x_0, t)$. А по формуле (11) однозначно находим функцию $f(t)$.

3. Сведение обратной задачи (1) -(4) к нелокальной задаче.

Введем функцию

$$r(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau, \quad (13)$$

Тогда функция

$$\vartheta(x, t) = u(x, t) - r(t) \quad (14)$$

Будет удовлетворять задаче

$$\vartheta_t = \vartheta_{xx}, (x, t) \in \Omega_T, \quad (15)$$

$$\vartheta(x, 0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (16)$$

$$\vartheta(0, t) = -r(t), \vartheta(1, t) = \mu(t) - r(t), 0 < t \leq T, \quad (17)$$

$$\vartheta(x_0, t) = \psi(t) - r(t), \quad 0 < x_0 < \pi, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (18)$$

Учитывая (17), (18) из задачи (15) -(18), получим

$$\vartheta_t = \vartheta_{xx}, (x, t) \in \Omega_T, \quad (19)$$

$$\vartheta(x, 0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (20)$$

$$\vartheta(1, t) - \vartheta(0, t) = \mu(t) \quad 0 < t \leq T, \quad (21)$$

$$\vartheta(x_0, t) - \vartheta(0, t) = \psi(t), \quad 0 < x_0 < \pi, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (22)$$

Решив задачу (19) -(22), например методом Фурье находим функций

$\vartheta(x, t)$ и $\vartheta(0, t)$, затем по формуле (14) функцию $u(x, t)$.

Пример 1.

$$u_t = u_{xx} + f(t), 0 < x < 1, \quad 0 < t \leq T, \quad (23)$$

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq l, \quad (24)$$

$$u(0, t) = 0, u(1, t) = 0, \quad 0 < t \leq T, \quad (25)$$

$$u(0.5; t) = \psi(t), \quad 0 \leq t \leq T. \quad (26)$$

Эта задача имеет точное решение

$$u(x, t) = e^{-t} \sin x + 3tx^2 + \frac{x^4}{4}, \quad f(t) = -6t.$$

Литература:

1. Алифанов О. М. Обратные задачи теплообмена. М.: Машиностроение, 1988. — 280 с.
2. Beck J. V., Blackwell B., St. Clair C. R., Jr. Inverse Heat Conduction. Ill-posed Problems. A Wiley-Interscience Publication, New York, 1985, 308 p.
3. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Численные методы решения обратных задач. — М.: ЛКИ, 2007. — 480 с.
4. Hao D. Methods for inverse heat conduction problems. — Peter Lang pub. Inc. 1998. — 249 p.

Специальные функции математической физики и их применение

Рысбекова Инкар Кайратовна, студент магистратуры

Карагандинский национальный исследовательский университет имени академика Е. А. Букетова (Казахстан)

В этой статье рассматриваются основные типы специальных функций, часто встречающихся в математической физике, обсуждаются их свойства и области применения. Особое внимание уделяется их применению в квантовой механике и оптике. Подчеркивается важность специальных функций при решении физических задач. В статье приведены конкретные примеры и способы их решения.

Введение. В математической физике дифференциальные уравнения используются для описания многих физических явлений. Решения этих уравнений часто не выражаются элементарными функциями, поэтому вводится класс функций, называемых специальными функциями. Специальные функции широко используются в различных областях математической физики, таких как квантовая механика, электродинамика, теплопроводность и гидродинамика. В этой статье мы больше сосредоточимся на их роли в квантовой механике и оптике, а также объясним на конкретных примерах.

Основные виды и применение специальных функций:

1. Гамма-функция ($\Gamma(z)$):

Определение: $\Gamma(z) = \int 0^\infty t^{(z-1)} e^{(-t)} dt$, где $\operatorname{Re}(z) > 0$.

$\Gamma(z+1) = z\Gamma(z)$, $\Gamma(n+1) = n!$, $\Gamma(1/2) = \sqrt{\pi}$.

Применение: используется в теории вероятностей, статистике, комбинаторике и физике при вычислении различных интегралов. Гамма-функция часто встречается при нормировании амплитуд вероятности в квантовой теории.

Пример: в квантовой механике Гамма-функция используется для определения константы нормализации при описании гауссовского пакета (Gaussian wave packet). [4.с.39]

2. Функции ($J_v(x)$, $Y_v(x)$):

Определение: решения уравнения Бесселя: $x^2y'' + xy' + (x^2 - v^2)y = 0$.

Свойства: рекуррентные отношения, асимптотические выражения, свойства ортогональности.

Использование:

Оптика: в описании дифракции света, проходящего через круглую щель (диск Эйри). Также используется при изучении распространения электромагнитных волн в оптических волокнах. Функции Бесселя играют важную роль в определении разрешающей способности оптических систем.

Пример: интенсивность света, проходящего через круглое отверстие диаметром a (Airy disk): $I(\theta) = \frac{I_0 [2J_1(ka \sin \theta)]}{(ka \sin \theta)}^2$, где J_1 — функция Бесселя первого порядка, k — волновое число, θ — угол.

Квантовая механика: при описании движения частиц в сферически симметричном потенциале, особенно для частицы в потенциальной яме на трехмерной бесконечной глубине.

Путь решения: решая уравнение Шредингера дробно в сферических координатах, радиальная часть выражается функциями Бесселя. [1.с.125]

3. Полиномы Лежандра ($P_n(x)$):

Определение: решения уравнения Лежандра: $(1 - x^2)y'' - 2xy' + n(n + 1)y = 0$.

Свойства: свойства ортогональности, рекуррентные отношения, Формула Родригеса.

Использование: Квантовая механика: в описании угловой части при решении уравнения Шредингера атома водорода, а также в качестве собственных функций оператора углового момента. Используется в молекулярной физике для описания вращательного движения молекул.

Например: для состояния, в котором квантовое число углового момента $l = 1$, угловая часть (spherical harmonics) $Y_{10}(\theta, \varphi) = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta$, где $\cos \theta = P_1(\cos \theta)$ является Полиномом Лежандра первого порядка. [2.с.74]

Путь решения: вы можете определить полиномы Лежандра, разобрав уравнение Шредингера и установив соответствующие граничные условия.

Электростатика: аппроксимирует потенциал точечного заряда за счет многоатомного расширения. Также используется при моделировании геопотенциала земли.

Пример: дипольный потенциал:

$V(r, \theta) \approx \frac{(p \cos \theta)}{(4\pi\epsilon_0 r^2)}$, где p — дипольный момент, θ — угол, r — расстояние.

4. Полиномы Эрмита ($H_n(x)$):

Определение: решения уравнения Эрмита: $y'' - 2xy' + 2ny = 0$.

Свойства: свойства ортогональности, рекуррентные отношения, генерирующая функция.

Использование:

Квантовая механика: в описании квантовых состояний гармонического осциллятора, как решения уравнения Шредингера. Используется в квантовой теории поля при описании мод бозонов.

Например: волновая функция основного состояния гармонического осциллятора: $\psi_0(x) = \left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{1/4} e^{-m\omega x^2/(2\hbar)}$, где константа перед экспонентой связана с полиномом Эрмита. [6, с. 95]

Путь решения: вы можете определить энергетические уровни и волновые функции, решив уравнение Шредингера с помощью полиномов Эрмита.

Оптика: в описании мод гауссовых лучей. Поперечное сечение постоянных лучей в лазерах характеризуется Эрмитово-Гауссовскими функциями.

Пример: интенсивность излучения Эрмита-Гаусса: $I(x, y, z) = I_0 \left(\frac{w_0}{w(z)}\right) e^{\frac{-2(x^2 + y^2)}{w(z)^2}} * [H_n(\sqrt{2} \frac{x}{w(z)}) H_m(\sqrt{2} \frac{y}{w(z)})]^2$,

где $w(z)$ — радиус луча, $H_n(x)$ и $H_m(y)$ — полиномы Эрмита.

5. Полиномы Лагерра ($L_n(x)$):

Определение: решения уравнения Лагерра: $xy'' + (1 - x)y' + ny = 0$.

Свойства: свойства ортогональности, рекуррентные отношения, генерирующая функция.

Использование:

Квантовая механика: при описании радиальной части при решении уравнения Шредингера атома водорода.

Например: волновая функция атома водорода ($n = 2, l = 1$): $\psi_{210}(r, \theta, \varphi) \propto r e^{-r/2a_0} \cos \theta$, где $r e^{-r/2a_0}$ связан с полиномом Лагерра, a_0 — радиус бора.

Путь решения: вы можете определить полиномы Лагерра, разобрав уравнение Шредингера и установив соответствующие граничные условия. [7, с. 87]

Оптика: в описании мод лучей Лагерра-Гаусса. Эти лучи используются в оптических устройствах для улавливания частиц (оптический пинцет) и передачи информации.

Вывод. Специальные функции являются неотъемлемой частью математической физики и играют важную роль в решении физических задач. Их использование в квантовой механике и оптике подчеркивает их практическое значение. Глубокое понимание их свойств и областей применения позволяет моделировать и анализировать физические явления. В данной статье рассмотрены основные виды специальных функций и примеры их применения в квантовой механике и оптике, а также показаны пути решения конкретных задач. Проведение более глубоких исследований по этой теме позволит полностью понять важность специальных функций в математической физике.

Литература:

1. Арфкен, Г. Б. Математические методы для физиков / Г. Б. Арфкен, Х. Вебер. — М.: Бином, 2001. — 1024 с. — Текст: непосредственный.
2. Снитко, В. А. Специальные функции и их применение в физике / В. А. Снитко. — М.: МГУ, 2007. — 248 с. — Текст: непосредственный.
3. Полянский, А. А. Специальные функции в физике / А. А. Полянский. — М.: Лань, 2019. — 320 с. — Текст: непосредственный.
4. Байкулов, К. А. методы математической физики / К. А. Байкулов, А. Ж. Нураев. — Алматы: КазНУ, 2010. — 356 с. — Текст: непосредственный.
5. Lebedev, N. N. Special Functions and Their Applications / N. N. Lebedev. —: Dover Publications, 1972. — Текст: непосредственный.
6. Olver, F W J NIST Handbook of Mathematical Functions / F W J Olver. — Cambridge: Cambridge University Press, 2010. — Текст: непосредственный.
7. Morse, P. M. Methods of Theoretical Physics, Vol. I & II / P. M. Morse, H. Feshbach. —: McGraw-Hill, 1953. — Текст: непосредственный.

О свойствах подгрупповых функторов

Сорокина Валерия Николаевна, аспирант;

Кравченко Кирилл Иванович, аспирант

Научный руководитель: Сорокина Марина Михайловна, доктор физико-математических наук, профессор
Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского

В работе рассматриваются только конечные группы; — непустое множество простых чисел, — подгрупповой функтор. Рассматривается класс групп, состоящий из всех групп, в каждой из которых любая подгруппа является подгруппой. В работе установлены свойства подгруппового функтора, влияющие на свойства класса групп.

Ключевые слова: группа, конечная группа, класс групп, подгрупповой функтор.

Подгрупповые функторы, представляющие собой функции, согласованные с изоморфизмами групп и выделяющие в них системы подгрупп, изначально возникли в теории радикалов колец. В теории конечных групп они применялись для обобщения конкретных теоретико-групповых объектов, аксиоматизируя их ключевые свойства. Систематическое изучение подгрупповых функторов началось в начале XX века (см., например, [1, 2]). Позднее было показано, что подгрупповые функторы являются удобным инструментом для изучения классов групп. Значительный вклад в развитие теории подгрупповых функторов внесли С. Ф. Каморников, А. Н. Скиба, М. В. Селькин и другие алгебраисты (см., например, [3–6]). Обзор основных результатов в этой области, классификация подгрупповых функторов и разработанные связи подгрупповых функторов с различными классами групп представлены в монографии [5].

Рассматриваются только конечные группы. Обозначения и определения, используемые в статье, являются стандартными (см., например, [5, 7]). Приведем лишь некоторые из них. Через \mathbb{P} обозначается множество всех простых чисел, ω — непустое подмножество множества \mathbb{P} . Через $|G|$ обозначается порядок конечной группы G , т. е. количество элементов группы G , $\pi(G)$ — совокупность всех простых делителей порядка группы G . Группа G называется ω -группой, если $\pi(G) \cap \omega \neq \emptyset$. Подгруппа H группы G называется ωd -подгруппой группы G , если H является ωd -группой.

Классом групп называется всякая совокупность групп, которая с каждой своей группой содержит и все группы, ей изоморфные [7, с. 161]. Через \mathfrak{G} обозначается класс всех конечных групп, \mathfrak{S} — класс всех конечных разрешимых групп.

Определение 1. Отображение τ , ставящее в соответствие каждой группе G непустую совокупность $\tau(G)$ её подгрупп, называется подгрупповым функтором, если для любого изоморфизма φ каждой группы G выполняется условие:

$$(\tau(G))^\varphi = \tau(G^\varphi) \quad [5, \text{с. 13}].$$

Подгруппа группы G , принадлежащая $\tau(G)$, называется τ -подгруппой группы G . Если τ_1, τ_2 — подгрупповые функторы, то запись $\tau_1 \leq \tau_2$ означает, что $\tau_1(G) \subseteq \tau_2(G)$ для любой группы G .

Определение 2. Следя [5, с. 14], подгрупповой функтор τ назовём ωd -регулярным, если для любой группы G и любой ее нормальной ωd -подгруппы N выполняются следующие условия:

из того, что $H \in \tau(G)$ следует $HN/N \in \tau(G/N)$;

из того, что $K/N \in \tau(G/N)$ следует $K \in \tau(G)$.

Определение 3. Следя [5, с. 16], подгрупповой функтор τ назовём ωd -радикальным, если для любой группы G и любой ее нормальной ωd -подгруппы N имеет место равенство $N \cap \tau(G) = \tau(N)$, где $N \cap \tau(G) = \{N \cap L \mid L \in \tau(G)\}$.

Определение 4. Следя [5, с. 15], подгрупповой функтор τ назовём ω -включающим, если для любой группы G справедливо: из того, что $H \in \tau(G)$, $H \subseteq K$ и K — ωd -подгруппа группы G , следует, что $H \in \tau(K)$.

Замечание 1. В случае, когда $\omega = \mathbb{P}$, перечисленные виды подгрупповых функторов совпадают с хорошо известными регулярными, радикальными, включающими подгрупповыми функторами соответственно (см., например, [5, гл. 1]).

Определение 5. Пусть τ — подгрупповой функтор. Следя [8, с. 34], класс групп \mathfrak{F} назовём:

— $Q^{\omega d}$ -замкнутым, если из того, что $G \in \mathfrak{F}$ и N — нормальная ωd -подгруппа группы G , следует, что $G/N \in \mathfrak{F}$;

— $S_n^{\omega d}$ -замкнутым, если из того, что $G \in \mathfrak{F}$ и N — нормальная ωd -подгруппа группы G , следует, что $N \in \mathfrak{F}$;

— $S^{\omega d}$ -замкнутым, если из того, что $G \in \mathfrak{F}$ и H — ωd -подгруппа группы G , следует, что $H \in \mathfrak{F}$.

Через $S, S_n, S^{\omega d}, S_n^{\omega d}$ обозначаются подгрупповые функторы, сопоставляющие каждой группе G множество $S(G)$ всех подгрупп группы G , множество $S_n(G)$ всех нормальных подгрупп группы G , множество $S^{\omega d}(G)$ всех ωd -подгрупп группы G , множество $S_n^{\omega d}(G)$ всех нормальных ωd -подгрупп группы G соответственно.

В работе [3] для подгруппового функтора τ , заданного на классе групп \mathfrak{S} , введен в рассмотрение и исследован totally собственный класс \mathfrak{S}_τ^s подгруппового функтора τ , а именно, класс групп вида

$$\mathfrak{S}_\tau^s = \{G \in \mathfrak{S} \mid S(G) \subseteq \tau(G)\}.$$

Следуя [3], для произвольного подгруппового функтора τ , введем в рассмотрение следующий класс групп:

$$\mathfrak{S}_\tau^{\omega d} = \{G \in \mathfrak{S} \mid S^{\omega d}(G) \subseteq \tau(G)\}.$$

В теореме 1 установлены свойства подгруппового функтора τ , влияющие на свойства класса групп $\mathfrak{S}_\tau^{\omega d}$.

Теорема 1. Пусть τ — подгрупповой функтор, $\mathfrak{F} = \mathfrak{S}_\tau^{\omega d}$. Тогда справедливы следующие утверждения:

Если τ — ωd -регулярный подгрупповой функтор, то \mathfrak{F} — $Q^{\omega d}$ -замкнутый класс групп.

Если τ — ωd -радикальный подгрупповой функтор, то $S_n^{\omega d}$ -замкнутый класс групп.

Если τ — ωd -включающий подгрупповой функтор, то \mathfrak{F} — $S^{\omega d}$ -замкнутый класс групп.

Доказательство.

1. Пусть τ — ωd -регулярный подгрупповой функтор. Покажем, что класс групп \mathfrak{F} является $Q^{\omega d}$ -замкнутым. Пусть $G \in \mathfrak{F}$ и N — нормальная ωd -подгруппа группы G . Согласно определению 5, достаточно проверить, что $G/N \in \mathfrak{F}$. Установим, что

$$S^{\omega d}(G/N) \subseteq \tau(G/N).$$

Пусть H/N — произвольная ωd -подгруппа группы G/N . Поскольку N — ω -подгруппа группы G , то, ввиду теоремы Лагранжа, H является ωd -подгруппой группы G , т. е. $H \in S^{\omega d}(G)$. Так как $G \in \mathfrak{F}$, то по заданию класса групп \mathfrak{F} , $H \in \tau(G)$. Следовательно, по определению 2 справедливо $H/N \in \tau(G/N)$. Тем самым установлено, что каждая ωd -подгруппа группы G/N принадлежит множеству $\tau(G/N)$. Поэтому $S^{\omega d}(G/N) \subseteq \tau(G/N)$. Это означает, что $G/N \in \mathfrak{F}$. Тем самым установлено, что класс групп \mathfrak{F} является $Q^{\omega d}$ -замкнутым. Утверждение (1) доказано.

2. Пусть τ — ωd -радикальный подгрупповой функтор. Докажем, что класс групп \mathfrak{F} является $S_n^{\omega d}$ -замкнутым. Пусть $G \in \mathfrak{F}$ и N — нормальная ωd -подгруппа группы G . Согласно определению 5, достаточно проверить, что $N \in \mathfrak{F}$.

Пусть $H \in S^{\omega d}(N)$, т. е. H — произвольная ωd -подгруппа группы N . Тогда H является ωd -подгруппой группы G . Так как $G \in \mathfrak{F}$, то $S^{\omega d}(G) \subseteq \tau(G)$ и поэтому $H \in \tau(G)$. Тогда по определению 3, справедливо следующее:

$$H = N \cap H \in N \cap \tau(G) = \tau(N),$$

т. е. $H \in \tau(N)$. Таким образом, установлено, что каждая ωd -подгруппа группы N принадлежит множеству $\tau(N)$. Поэтому справедливо включение $S^{\omega d}(N) \subseteq \tau(N)$. Это означает, что $N \in \mathfrak{F}$. Следовательно, класс групп \mathfrak{F} является $S_n^{\omega d}$ -замкнутым. Утверждение (2) доказано.

3. Пусть τ — ωd -включающий подгрупповой функтор. Покажем, что класс групп \mathfrak{F} является $S^{\omega d}$ -замкнутым. Пусть $G \in \mathfrak{F}$ и H — ωd -подгруппа группы G . Докажем, что $H \in \mathfrak{F}$. Отметим, что, согласно заданию класса групп \mathfrak{F} , имеет место $H \in \tau(G)$.

Рассмотрим произвольную подгруппу K группы H . Поскольку H — ωd -подгруппа группы G , то K также является ωd -подгруппой группы G и поэтому $K \in \tau(G)$. Поскольку τ — ωd -включающий подгрупповой функтор, то, согласно определению 4, $K \in \tau(H)$. Таким образом, каждая ωd -подгруппа группы H принадлежит $\tau(H)$, то есть $S^{\omega d}(H) \subseteq \tau(H)$. Это, в силу задания класса групп \mathfrak{F} , означает, что $H \in \mathfrak{F}$. Тем самым установлено, что класс групп \mathfrak{F} является $S^{\omega d}$ -замкнутым. Утверждение (3) доказано.

Теорема доказана.

Замечание 2. В случае, когда $\omega = \mathbb{P}$, перечисленные свойства подгрупповых функторов совпадают с хорошо известными свойствами регулярного, радикального и включающего подгрупповых функторов.

Литература:

1. Amitsur S. A. General Theory of Radicals // Amer. J. Math. — 1952. — V. 74. — P. 774–786.
2. Amitsur S. A. General Theory of Radicals // Amer. J. Math. — 1954. — V. 76. — P. 100–136.
3. Каморников С. Ф. Включающие подгрупповые функторы // Сибирский математический журнал. — 2015. — Т. 56. — С. 1057–1067.
4. Каморников С. Ф. Радикальные дистрибутивные функторы // Математические заметки. — 2000. — Т. 68. — № 1. — С. 91–97.
5. Каморников С. Ф., Селькин М. В. Подгрупповые функторы и классы конечных групп. — Минск: Беларуская наука. — 2003. — 254 с.

-
6. Скиба А. Н. Алгебра формаций. — Минск: Беларуская навука. — 1997. — 240 с.
 7. Монахов В. С. Введение в теорию конечных групп и их классов. — Минск: Вышэйшая школа, 2006. — 207 с.
 8. Шеметков Л. А. Формации конечных групп. — М.: Наука, 1978. — 272 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Управление ИТ-проектами в среде «Битрикс24»: анализ лучших практик и инструментов Agile (Scrum/Kanban)

Палачёв Константин Сергеевич, студент

Научный руководитель: Пелешенко Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент
Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (г. Москва)

Актуальность. Современное управление информационно-технологическими (ИТ) проектами характеризуется парадигмальным сдвигом от предсказательных (например, Waterfall) к адаптивным (Agile) методологиям. Необходимость быстрой реакции на меняющиеся требования рынка и высокая степень неопределенности в процессе разработки обуславливают критическую роль гибких подходов, таких как Scrum и Kanban. Эффективное внедрение этих методологий требует использования комплексных корпоративных систем, которые могут интегрировать управление проектами, коммуникации, и внутренние бизнес-процессы.

Битрикс24 позиционируется как единая цифровая рабочая среда, которая объединяет в себе функционал CRM, коммуникационных инструментов и полномасштабной системы управления задачами и проектами. Анализ того, как эта платформа поддерживает и масштабирует гибкие методологии, представляет собой актуальную задачу для специалистов по управлению проектами.

Цель настоящего эссе состоит в проведении аналитического исследования реализации Scrum и Kanban в Битрикс24 и определении набора лучших практик для эффективного использования данной платформы в контексте гибкого управления проектами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать архитектурные особенности Битрикс24, которые обеспечивают гибкость управления задачами.
2. Детально рассмотреть имплементацию ключевых элементов методологий Scrum и Kanban.
3. Исследовать и дать интерпретацию ключевым Agile-метрикам, реализованным в системе, в частности, Графику Сгорания (Burndown Chart) и Скорости Команды (Velocity).
4. Синтезировать полученные данные в рекомендации по лучшим практикам управления ИТ-проектами на базе платформы.

Методология

Исследование основано на аналитическом подходе, включающем функциональный обзор инструментов управления проектами в Битрикс24, сравнительный анализ их соответствия ортодоксальным Agile-стандартам и интерпретацию метрических данных. Структура и оформление текста, включая цитирование и библиографию, соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.100–2018.

Архитектура проектного менеджмента в Битрикс24: основы гибкости

Универсальность платформы и адаптивность режимов. Ключевым архитектурным преимуществом Битрикс24 является его способность поддерживать широкий спектр рабочих процессов, обеспечивая тем самым высокую адаптивность. В модуле «Задачи и Проекты» пользователи могут выбирать из нескольких визуальных представлений для управления работой: традиционные Списки, Календарь, Планировщик (настраиваемые стадии), Диаграмма Ганта, а также специализированные инструменты — Kanban-доски и Scrum-доски.

Данная мультимодальность имеет стратегическое значение для организаций, управляющих сложным портфелем проектов. Если проекты с жесткими временными рамками и четкой иерархией лучше отслеживать с помощью диаграммы Ганта, то высокоинтегративные и адаптивные проекты требуют режима Scrum или Kanban. Платформа позволяет унифицировать инструментарий управления, что является критически важным для компаний, поддерживающих как ИТ-проекты, так и нетехнические задачи (например, маркетинг, HR). Ориентация на принцип «Non-tech friendly» позволяет распространить лучшие практики прозрачности и контроля на все подразделения, используя единую корпоративную культуру управления задачами.

Интеграция с экосистемой совместной работы. Эффективность Agile-методологий прямо зависит от непрерывной и контекстно-зависимой коммуникации. Битрикс24 решает эту задачу через глубокую интеграцию управления проектами с внутренними коммуникационными инструментами. Платформа включает встроенный мессенджер, функционал онлайн-митингов, способный вместить более 100 участников, общий календарь, корпоративный диск и Базу знаний для хранения проектной документации.

Такая интеграция является лучшей практикой, поскольку она снижает когнитивную нагрузку на команду. Вместо того чтобы переключаться между внешними программами для планирования, обмена файлами и проведения Daily Scrum Meetings, команда может выполнять все эти действия в контексте самого проекта. Это способствует повышению вовлеченности, дисциплины и качества проведения обязательных церемоний. Более того, доступность настроек ролей и прав доступа гарантирует, что команды могут проводить планирование проектов, управление рабочими группами и соблюдать необходимые уровни конфиденциальности. Дополнительно, использование AI-ассистента CoPilot для создания резюме задач, описаний или комментариев позволяет автоматизировать рутинные процессы документирования, что, в свою очередь, способствует поддержанию актуальности проектной информации.

Имплементация методологий Scrum и Kanban: функциональный анализ

Поддержка ортодоксального Scrum. Битрикс24 предлагает полный набор инструментов, необходимых для реализации классического Scrum-фреймворка. Это подтверждает способность платформы поддерживать итеративный подход даже в не-ИТ компаниях.

Управление бэклогом и планирование спринтов. Платформа предоставляет специальные режимы для работы с Бэклогом продукта, где возможно структурирование требований на уровне Epics, User Stories и отдельных Задач. Ключевым элементом планирования является оценка объема работ. Битрикс24 поддерживает использование Story Points, метрики, основанной на относительной сложности задачи, а не на фиксированном времени. Внедрение Story Points как нативного инструмента оценки поощряет команды к более точному и деперсонализированному планированию, снижая зависимость от субъективных временных оценок.

Помимо этого, для обеспечения качества и завершенности работ, платформа позволяет настраивать Definition of Done (DoD) — четкий набор критериев, которому должна соответствовать задача, прежде чем она будет считаться выполненной. DoD может быть интегрирован через специальные настройки в разделе Scrum или с использованием встроенных чек-листов и подзадач.

Kanban и Scrumban: визуализация потока (Flow). Для команд, которые работают с непрерывным потоком задач или операционной деятельностью, Битрикс24 предлагает удобные Kanban-доски. Этот инструмент позволяет визуализировать рабочий процесс, управлять лимитами незавершенной работы (WIP limits) и быстро идентифицировать узкие места (bottlenecks).

Важным показателем зрелости платформы является поддержка Scrumban. Scrumban является гибридным подходом, который сочетает итеративные циклы Scrum (например, планирование и ретроспективы) с фокусом Kanban на управлении непрерывным потоком. Наличие этого режима указывает на то, что Битрикс24 способен адаптировать гибкие методологии к различным организационным контекстам, включая среды с высоким уровнем прерываний или смешанные команды (разработка и техническая поддержка).

Таблица 1

Элемент Scrum	Основная цель	Реализация в Битрикс24	Ценность для проектного менеджмента
Бэклог продукта	Управление требованиями и объемом работ	Отдельный режим, поддержка Epics, Story Points, инструменты приоритизации	Обеспечение единого источника истины для всех работ в проекте
Спринт	Фиксированный, ограниченный по времени цикл выполнения работ	Специальные настройки группы/задачи, автоматизированный тайминг	Установление стабильного ритма работы и повышение предсказуемости
Definition of Done (DoD)	Четкий набор критериев для завершения работы	Настройка в разделе Scrum/Project; использование встроенных чек-листов и подзадач	Гарантия качества, снижение технического долга и исключение неоднозначности
Scrumban	Объединение итерационного цикла с управлением потоком	Поддержка гибридного режима, сочетающего Kanban-доску с ограничениями по времени спринта	Гибкость, применимость в смешанных средах с высокой степенью неопределенности

Ключевые метрики Scrum: Burndown Chart и Velocity

Для эффективного управления и прогнозирования в рамках гибких методологий требуется инструментарий для объективного измерения прогресса. Битрикс24 включает два ключевых Agile-артефакта: График Сгорания и метрику Скорости.

График сгорания (Burndown Chart): инструмент диагностики прогресса. График сгорания (Burndown Chart), изобретенный Кеном Швабером в 2000 году, является графическим инструментом Agile, предназначенный для визуализации прогресса команды в обработке пользовательских историй (User Stories). Он наглядно сопоставляет совокупное усилие, приложенное командой, с оставшимся объемом работы в рамках каждой итерации.

Структура и интерпретация. Вертикальная ось графика отражает объем работы, который предстоит выполнить (обычно в Story Points), а горизонтальная ось — прошедшее время. График начинается в «нулевой день» и в идеале должен закончиться в правом нижнем углу, когда продукт готов или спринт завершен. Идеальный темп работы представляется прямой линией. Фактический прогресс отображается изогнутой линией, которая строится ежедневно на основе вычета выполненных усилий из общего оставшегося объема.

Интерпретация отклонений критически важна для своевременной диагностики:

— Если фактическая линия прогресса находится выше идеальной линии, это означает, что проект отстает от графика по объему оставшейся работы.

— Если линия находится ниже идеальной, проект опережает график.

График доступен в двух разновидностях: продуктовая версия (отражающая объем работы до поставки всего продукта) и спринтовая версия (отражающая задачи, оставшиеся в пределах одной итерации). Использование Burndown Chart дает всем членам команды одинаковое видение ситуации, что позволяет оперативно предпринимать корректирующие действия в случае отставания. Кроме того, этот инструмент имеет «блестящий психологический эффект», поскольку он способствует формированию коллективной ответственности. Вся команда несет равную ответственность за проблемы и разделяет достижения, что исключает «поиск козла отпущения».

Критическое ограничение. Необходимо учитывать, что Burndown Chart по своей сути прост и отражает только количество завершенных Story Points. Он не отражает изменения в объеме работ (Scope Creep) в течение спринта. Если в бэклог спринта добавляются новые задачи, линия сгорания резко поднимается вверх. Это может создать ложное впечатление о неэффективности команды. В связи с этим, лучшая практика управления проектами в Битрикс24 требует использования Burndown Chart в сочетании со строгим контролем изменений в объеме работ, принятых на спринт.

Метрика скорости (Velocity): Предсказуемость и Стабильность. Velocity (Скорость) является ключевой метрикой в Scrum, представляющей собой меру объема работы, который команда способна завершить за стандартный спринт, обычно измеряемый в Story Points. Эта метрика рассчитывается путем суммирования оценок работы, выполненной в предыдущих спринтах, и предоставляет надежный и предсказуемый ориентир для планирования будущих итераций.

Velocity как инструмент оценки, а не KPI. Критически важно понимать, что Velocity — это инструмент оценки и прогнозирования, а не ключевой показатель эффективности (KPI). Использование Velocity для сравнения производительности разных команд или для оценки индивидуальных сотрудников приводит к искажению метрики. Каждая команда обладает уникальной скоростью, и попытки искусственно увеличить ее, используя ее как KPI, обычно приводят к манипуляциям с оценками Story Points, что полностью разрушает ее ценность как инструмента прогнозирования.

Для здорового процесса график Velocity должен стремиться к горизонтальному среднему. Нестабильность Velocity в Битрикс24 служит четким индикатором проблем процесса (например, неточные оценки, высокий уровень технического долга, частые блокировки или изменения в составе команды), которые должны быть подробно проанализированы на ретроспективе. Velocity используется для определения пропускной способности команды и позволяет менеджеру проекта реалистично определить объем работы, который может быть взят на следующий спринт.

Взаимосвязь метрик. Burndown Chart и Velocity являются взаимодополняющими инструментами, обеспечивающими комплексное видение прогресса. Velocity измеряет емкость команды, тогда как Burndown Chart визуализирует оставшуюся работу относительно времени.

Таблица 2

Состояние	Velocity	Burndown Chart	Диагностика проблемы в Битрикс24
Идеальное	Стабильная, предсказуемая	Близко к идеальной линии сгорания	Процесс стабилен, планирование и исполнение синхронизированы
Неэффективное исполнение	Стабильная	Постоянно выше идеальной линии	Проблема не в планировании (емкость известна), а в исполнении. Необходим анализ Daily Scrum, блокировок и отвлечений

Таблица 2 (продолжение)

Состояние	Velocity	Burndown Chart	Диагностика проблемы в Битрикс24
Неточное планирование	Нестабильная, резкие колебания	Резкие колебания линии сгорания	Проблема в оценочной способности команды или нестабильности требований. Требуется обучение и улучшение оценки Story Points
Scope Creep	Стабильная	Резкий скачок вверх линии сгорания	Проблема управления требованиями; необходимость усиления контроля над спринтовым бэклогом

Лучшие практики проектного управления с использованием инструментов Битрикс24

Эффективное использование Битрикс24 требует не только освоения его технического функционала, но и интеграции его возможностей со строгим соблюдением Agile-принципов.

Максимизация прозрачности через интегрированные коммуникации. Лучшая практика заключается в том, чтобы проводить ключевые Agile-церемонии в контексте платформы. Встроенные чаты и онлайн-митинги должны использоваться для Daily Scrum. Обсуждение прогресса и препятствий (impediments) должно происходить непосредственно рядом с визуальными инструментами — Burndown Chart и Kanban-доской, что обеспечивает немедленную контекстуальную связь между обсуждением и реальным положением дел.

Использование AI-ассистента CoPilot является продвинутой практикой. CoPilot может генерировать описания задач, сводки и комментарии. Это повышает качество документации, обеспечивает единообразие формулировок и экономит время команды, которое может быть направлено на работу над продуктом.

Управление Рабочей Нагрузкой и Эффективностью. Проектные менеджеры должны активно использовать функционал управления рабочей нагрузкой (Workload Management) и детальные отчеты о задачах. Стабильность Velocity напрямую зависит от предсказуемости ресурсов. Если один или несколько сотрудников регулярно перегружены, это приводит к нестабильности Velocity, что, в свою очередь, разрушает способность к точному прогнозированию.

Лучшая практика состоит в использовании Workload Management как превентивного инструмента: до начала спринта РМ должен проверить доступность ресурсов и избежать перегрузки отдельных членов команды, чтобы предотвратить выгорание и обеспечить равномерный и предсказуемый темп работы.

Жесткий контроль Scope и Definition of Done (DoD). Поскольку было установлено, что Burndown Chart не может самостоятельно отражать Scope Creep, критически важно использовать функционал управления доступом и разрешениями для «защиты» спринта. Это означает, что после планирования спринта только владелец продукта или

скрам-мастер (при определенных разрешениях) должен иметь право добавлять или удалять задачи.

Дополнительно, для обеспечения единого стандарта качества, необходимо использовать базу знаний, связанную с рабочей группой проекта, для хранения и закрепления Definition of Done. Это гарантирует, что каждый член команды имеет единое понимание критериев завершенности работы, что минимизирует технический долг.

Автоматизация и повторяемость процессов. Для повышения согласованности процессов и снижения административной нагрузки рекомендуется использовать инструменты автоматизации, такие как автоматическое создание повторяющихся задач (recurring tasks) и автоматизация рабочих процессов (Workflow Automation).

Пример практики: Настройка автоматического создания задач-напоминаний о Daily Scrum или еженедельных отчетах, а также автоматический переход задач по стадиям на Kanban-доске после выполнения определенных условий (например, завершения подзадач или одобрения руководителя) обеспечивает согласованность процесса и высвобождает время команды.

Заключение

Битрикс24 представляет собой зрелую и многофункциональную платформу, которая не просто имитирует, но и полноценно реализует инструменты, необходимые для поддержки гибких методологий Scrum и Kanban. Ее архитектурная гибкость, выраженная в мультимодальности управления задачами и ориентации на пользователей разной технической квалификации, позволяет масштабировать Agile-подход на всю организацию.

Инструменты Burndown Chart и Velocity являются основой для прогнозирования и диагностики состояния проекта. График Сгорания обеспечивает высокий уровень прозрачности, стимулируя коллективную ответственность, а Velocity служит критически важным инструментом для оценки пропускной способности команды и планирования.

Успешное управление ИТ-проектами в среде Битрикс24 требует не только технического освоения платформы, но и строгого соблюдения лучших Agile-практик, а именно:

1. Защита Метрики Velocity: Velocity должна использоваться исключительно как инструмент прогнозирования, а не как KPI, чтобы избежать манипулирования оценками.

2. Комплексный Контроль Scope: Необходимо использовать Burndown Chart в сочетании с жестким контролем изменений объема работ спринта, поскольку сам график не отражает Scope Creep.

3. Контекстная Коммуникация: Использование встроенных инструментов для Daily Scrum и CoPilot для документирования гарантирует, что обсуждения всегда происходят в контексте текущего прогресса.

Битрикс24 предоставляет организациям robust-решение для управления адаптивными проектами, позволяя компаниям любого масштаба эффективно повышать темпы выпуска продукта и его качество.

Литература:

1. Agile Project Management. — Текст: электронный // atlassian.com: [сайт]. — URL: <https://www.atlassian.com/agile/project-management> (дата обращения: 11.11.2025).
2. Битрикс24. Руководство пользователя. — Текст: электронный // Битрикс24: [сайт]. (дата обращения: 18.12.2025).
3. Битрикс24. Официальный сайт. — Текст: электронный // bitrix24.ru: [сайт]. (дата обращения: 18.12.2025).
4. Майк, Кон. Agile Оценка и планирование проектов / Кон Майк. — М. : Альпина Паблишер, 2018. — Текст: непосредственный.
5. Beck, K. Manifesto for Agile Software Development / K. Beck. — Текст: электронный (дата обращения: 18.12.2025).
6. Digital Transformation in Project Management: A Systematic Review and Research Agenda. Control Systems and Information Security, 13(8), 625. — Текст: электронный (дата обращения: 01.12.2025)

Особенности взаимодействия с абитуриентами и его автоматизация

Погосова Жанна Григорьевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Гальчич Максим Александрович, кандидат экономических наук, доцент
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматриваются особенности взаимодействия вуза с абитуриентами, анализируется текущее состояние цифровых сервисов приемной комиссии МГТУ «СТАНКИН» и обосновывается целесообразность применения CRM-технологий для автоматизации данных процессов.

Ключевые слова: взаимоотношения с абитуриентами, CRM-системы, цифровизация высшего образования, автоматизация процессов приемной комиссии, персональные данные.

Современная система высшего образования функционирует в условиях возрастающей конкуренции между университетами за привлечение абитуриентов. Снижение демографических показателей, расширение выбора образовательных траекторий и активное развитие онлайн-коммуникаций формируют новые требования к организации приемной кампании [1]. Для абитуриента важным становится не только содержание образовательных программ, но и качество взаимодействия с вузом на всех этапах поступления.

В этой связи процессы работы приемной комиссии приобретают стратегическое значение. Университету необходимо обеспечивать оперативную обратную связь, прозрачность процедур и доступность информации, одновременно соблюдая нормативные требования и обеспечивая защиту персональных данных. Одним из перспективных направлений развития является внедрение технологий управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), адаптированных под специфику образовательной организации [2].

Взаимодействие вуза с абитуриентом представляет собой многоэтапный процесс, включающий информационные, консультационные и административные компоненты. В отличие от классических моделей клиентского сервиса, данный процесс регламентирован государственными требованиями и сопровождается формированием значительного объема персональных данных [4].

Абитуриентский путь начинается с первичного ознакомления с университетом и продолжается через этапы консультирования, принятия решения о поступлении, подачи документов и участия в конкурсных процедурах. Завершающей стадией является зачисление и переход абитуриента в статус студента. Данный жизненный цикл носит последовательный характер и предполагает множественные точки контакта между абитуриентом и вузом. Схематично основные этапы взаимодействия представлены на рис. 1 [5].

Отсутствие системного подхода к управлению этими этапами приводит к фрагментации информации и снижению качества коммуникаций. В научных исследованиях отмечается, что эффективность работы с абитуриентами

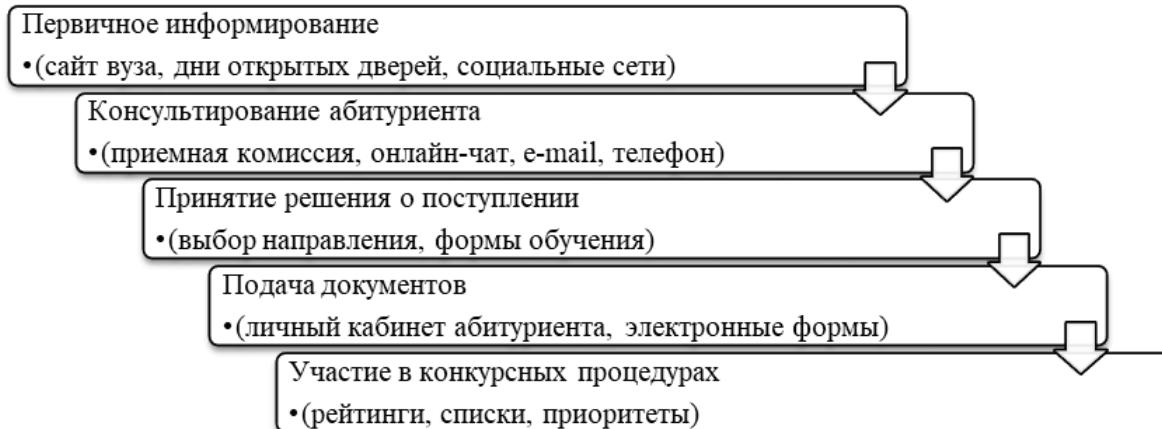


Рис. 1. Жизненный цикл взаимодействия образовательной организации с абитуриентом

напрямую зависит от способности образовательной организации аккумулировать и анализировать данные о взаимодействиях, а также оперативно реагировать на запросы поступающих [6].

МГТУ «СТАНКИН» располагает развитой цифровой инфраструктурой, включающей официальный сайт для абитуриентов, электронные формы подачи документов и личный кабинет поступающего. Данные инструменты обеспечивают автоматизацию ключевых административных процедур и соответствуют современным требованиям к электронному приему.

В то же время коммуникационная составляющая процесса характеризуется использованием множества разрозненных каналов. Вопросы абитуриентов поступают через электронную почту, телефон, формы обратной связи и социальные сети. Обработка таких обращений во многом осуществляется вручную, а информация о взаимодействиях не всегда агрегируется в единой системе. Это затрудняет анализ обращаемости, увеличивает нагрузку на сотрудников приемной комиссии и снижает возможность персонализации ответов [4].

Существующая модель информационных потоков взаимодействия с абитуриентами представлена на рис. 2.

Выявленные особенности указывают на необходимость перехода от частичной цифровизации к комплексной автоматизации, основанной на единой платформе управления взаимоотношениями.

CRM-системы изначально разрабатывались для коммерческих организаций, однако их функциональные возможности позволяют эффективно адаптировать данные решения под задачи образовательных учреждений. В контексте приемной кампании CRM может рассматриваться как инструмент, обеспечивающий централизованный учет абитуриентов, фиксацию всех каналов взаимодействия и автоматизацию типовых процессов.

Использование CRM позволяет сформировать единый профиль абитуриента, содержащий не только персональные данные и документы, но и историю коммуникаций, статусы заявлений и результаты конкурсных процедур. Это создает предпосылки для повышения прозрачности работы приемной комиссии и снижения риска ошибок при обработке информации.

Особое значение имеет аналитический потенциал CRM-систем. Накопленные данные могут использоваться для оценки эффективности каналов привлечения, прогнозирования нагрузки на сотрудников и оптими-

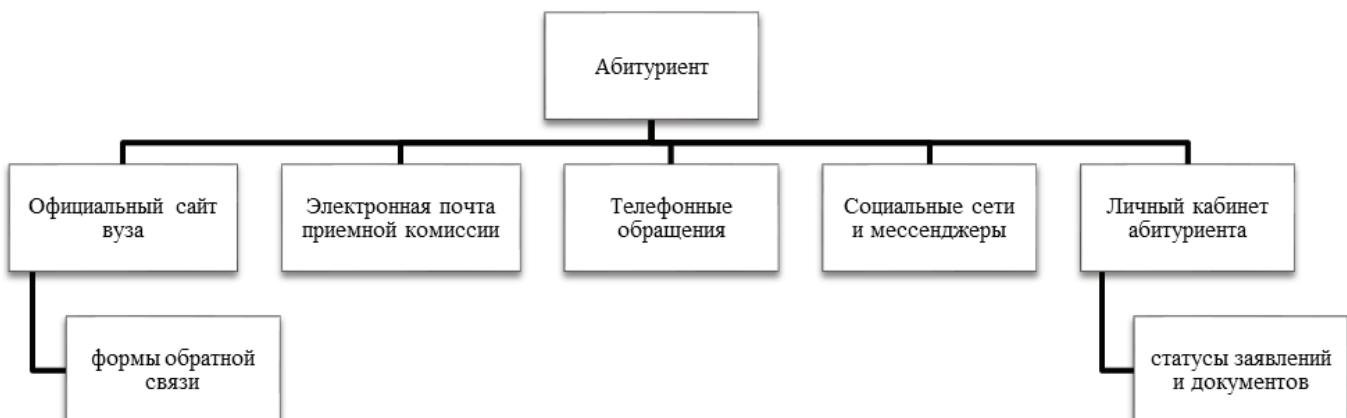


Рис. 2. Существующая модель информационных потоков взаимодействия с абитуриентами

зации организационных решений в период приемной кампании.

Предлагаемая концепция CRM-системы для МГТУ «СТАНКИН» предполагает использование CRM в качестве интегрирующего ядра цифровой экосистемы приемной комиссии. Система объединяет внешние каналы коммуникации, внутренние информационные ресурсы и инструменты аналитики в единое информационное пространство [6].

Концептуальная модель CRM-системы взаимодействия с абитуриентами представлена на рис. 3.

Центральным элементом модели является профиль абитуриента, в котором аккумулируются данные, поступающие из различных источников. CRM обеспечивает автоматическую регистрацию обращений, маршрутизацию запросов ответственным сотрудникам и формирование уведомлений для абитуриентов. Это позволяет существенно сократить время ответа и повысить качество информационного сопровождения.

В модели особое внимание уделено контуру безопасности, обеспечивающему соответствие требованиям законодательства о персональных данных.

Таким образом, CRM-система выступает не только как технологическое решение, но и как инструмент организационного управления процессами приема.

В качестве CRM-системы для автоматизации деятельности приемной комиссии предложено использование платформы Bitrix24, обеспечивающей централизованный учет обращений абитуриентов, автоматизацию коммуникаций и аналитическую поддержку управлеченческих решений. Экономическая результативность внедрения CRM-системы Bitrix24 оценивается на основе снижения трудозатрат сотрудников и повышения операционной эффективности процессов взаимодействия с абитуриентами. При численности приемной комиссии 5 человек

и среднемесячной заработной плате с учетом начислений 70 тыс. руб. годовой фонд оплаты труда составляет 4,2 млн руб. Сокращение трудозатрат на 30 % за счет автоматизации обеспечивает годовую экономию в размере 1,26 млн руб. при разовых затратах на внедрение CRM-системы 650 тыс. руб., что формирует чистый экономический эффект 760 тыс. руб. в первый год эксплуатации и срок окупаемости около 6 месяцев.

Для оценки успешности внедрения CRM-системы Bitrix24 в деятельность приемной комиссии используются количественные показатели, отражающие изменения в скорости и качестве обработки обращений абитуриентов до и после внедрения системы. Данные показатели представлены в таблице 1.

Для МГТУ «СТАНКИН» внедрение CRM-системы Bitrix24 создает условия для масштабирования приемной кампании без пропорционального увеличения кадровых ресурсов и формирует основу для развития персонализированных цифровых сервисов и каналов взаимодействия с абитуриентами.

В ходе исследования установлено, что автоматизация взаимоотношений с абитуриентами на основе CRM-технологий является актуальным направлением развития цифровой инфраструктуры вуза, а анализ текущего состояния взаимодействия выявил предпосылки для внедрения CRM при одновременном сохранении проблем фрагментации данных и коммуникаций. Полученные результаты расчета показателей эффективности свидетельствуют о повышении операционной и экономической результативности работы приемной комиссии после внедрения CRM-системы Bitrix24, что подтверждает целесообразность ее использования в процессах взаимодействия образовательной организации с абитуриентами и способствует усилению конкурентных позиций университета на рынке образовательных услуг.

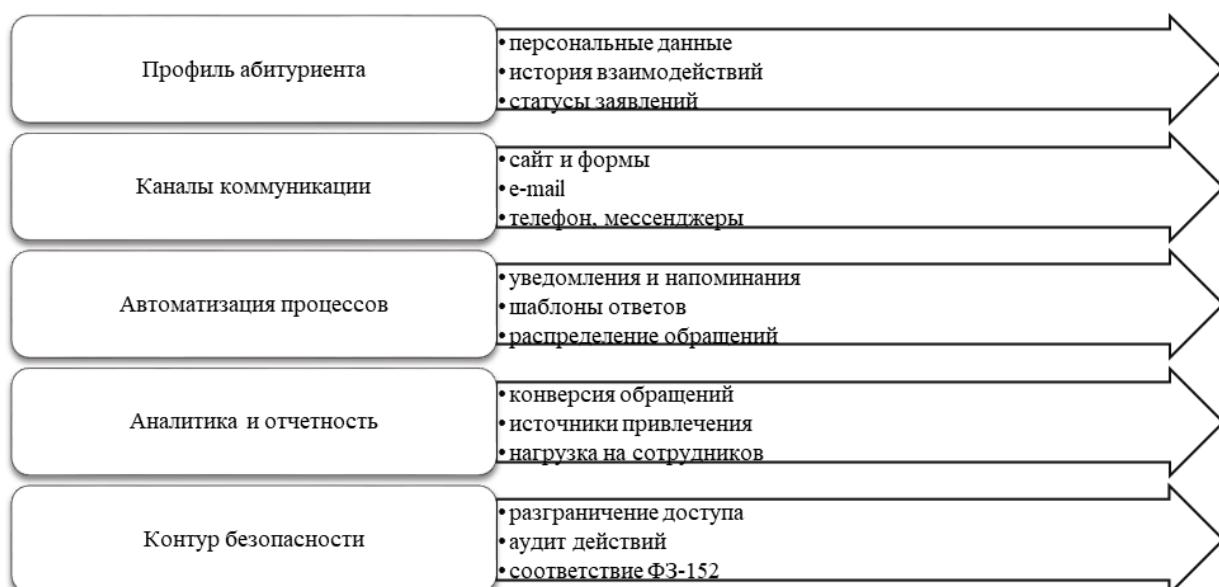


Рис. 3. Концептуальная модель CRM-системы взаимодействия с абитуриентами

Таблица 1. Показатели эффективности взаимодействия с абитуриентами до и после внедрения CRM-системы Bitrix24

Метрика	Формула расчета	До внедрения CRM	После внедрения CRM
Среднее время обработки обращения	Σ времени обработки / количество обращений	4,5 ч	2,0 ч
Доля обращений, обработанных в регламентированный срок	Кол-во обращений в срок / общее кол-во $\times 100\%$	62 %	85 %
Количество обращений на одного сотрудника	Общее кол-во обращений / численность сотрудников	420	600
Доля повторных обращений по одному вопросу	Кол-во повторных обращений / общее кол-во $\times 100\%$	28 %	15 %

Литература:

1. Развитие CRM-платформ в 2022–2023: 15 тенденций и прогнозов. — Текст: электронный // spark.ru: [сайт]. — URL: <https://clck.ru/3CxpX2> (дата обращения: 10.12.2025).
2. Смирнов, В. Н. Управление взаимоотношениями с клиентами / В. Н. Смирнов. — Владимир: Изд-во ВлГУ, 2022. — 171 с. — Текст: непосредственный.
3. Тренды на рынке CRM-систем в 2024 году. — Текст: электронный // ПростоСофт: [сайт]. — URL: <https://prostoyssoft.ru/Articles/TrendsInCRMMarketIn2024.htm> (дата обращения: 10.12.2025).
4. Усачев, А. С. CRM-системы как основной инструмент цифрового менеджмента / А. С. Усачев. — Текст: непосредственный // Вестник Таганрогского института управления и экономики. — 2024. — № 4 (44). — С. 46–49.
5. Черкашин, П. А. Стратегия управления взаимоотношениями с клиентами (CRM): учебное пособие / П. А. Черкашин. — 4-е изд. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 420 с. — Текст: непосредственный.
6. Шапран, В. В. CRM-рынок России: какую из CRM-систем поставить бизнесу в 2025 году / В. В. Шапран. — Текст: непосредственный // Дневник науки. — 2025. — № 2.

Концепция корпоративной информационной системы на базе облачных технологий

Романов Тимофей Николаевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Климова Дарья Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

В статье рассматривается концепция построения корпоративных информационных систем (КИС) для малых предприятий на основе облачных технологий. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения для небольших компаний высокой операционной эффективности и клиентоориентированности при ограниченных ресурсах. Основное внимание уделяется анализу облачных сервисных моделей, в частности SaaS, как оптимальной основы для внедрения специализированных подсистем. В качестве ключевого примера и объекта проектирования в рамках НИР исследуется система управления обращениями клиентов (Helpdesk). Рассматривается облачный подход, который позволяет малому предприятию быстро внедрить профессиональный инструмент клиентской поддержки, обеспечивающий централизацию коммуникаций, управление процессами и повышение качества сервиса.

Ключевые слова: облачные технологии, корпоративная информационная система (КИС), цифровая трансформация, малое предприятие, SaaS (программное обеспечение как услуга), система управления обращениями клиентов (Helpdesk), клиентский сервис, служба поддержки, клиентоориентированность.

Concept of a cloud-based corporate information system

Romanov Timofey Nikolayevich, master's student

Scientific advisor: Klimova Darya Nikolaevna, candidate of pedagogical sciences, associate professor
Don State Technical University (Rostov-on-don)

The article discusses the concept of building corporate information systems (CIS) for small enterprises based on cloud technologies. The relevance of the study is due to the need to ensure high operational efficiency and customer focus for small companies with limited

resources. The main focus is on analyzing cloud service models, particularly SaaS, as an optimal basis for implementing specialized subsystems. As a key example and object of research, the article examines the customer service management system (Helpdesk). A cloud-based approach is being considered, which allows a small business to quickly implement a professional customer support tool that provides centralized communication, process management, and improved service quality.

Keywords: cloud computing, enterprise information system (EIS), digital transformation, small business, SaaS (software as a service), Helpdesk, customer service, help desk, customer focus.

Введение

Цифровая трансформация бизнеса перестала быть привилегией крупных корпораций и стала императивом для организаций любого масштаба. Для малых предприятий, работающих в условиях высокой конкуренции и ограниченности ресурсов, внедрение эффективных корпоративных информационных систем является критически важным для обеспечения выживания и роста. Однако традиционный подход к построению КИС, связанный со значительными денежными затратами на серверное оборудование, лицензионное программное обеспечение и штат технических специалистов, часто оказывается экономически нецелесообразным или недоступным.

В этой парадигме облачные технологии представляют собой ключевой фактор свободного доступа к современным информационным системам. Они предлагают модель, при которой вычислительные ресурсы, платформы и готовое программное обеспечение предоставляются удаленно через Интернет по подписке. Это позволяет малым предприятиям использовать сложные бизнес-приложения, ранее доступные лишь крупным предприятиям, переведя высокие первоначальные инвестиции в предсказуемые операционные расходы и получив преимущества в скорости внедрения и масштабируемости.

В рамках данного исследования фокус смещается с общей концепции облачной КИС на одну из ее наиболее критичных для малого бизнеса функциональных подсистем — систему управления обращениями клиентов (Helpdesk). Качественное и оперативное клиентское обслуживание является прямым источником лояльности и репутации, а его отсутствие — одной из частых причин неудач небольших компаний. Целью работы является разработка концепции корпоративной информационной системы для малого предприятия, основанной на облачных технологиях, и разработка ключевых компонентов Helpdesk-системы.

Основная часть. Сущность облачных технологий заключается в предоставлении по запросу через сеть общих и конфигурируемых вычислительных ресурсов. Ключевым для бизнеса является переход от модели владения инфраструктурой к модели сервиса. В зависимости от уровня, предоставляемого абстракцией, выделяют три основные сервисные модели: IaaS (инфраструктура как услуга), PaaS (платформа как услуга) и SaaS (программное обеспечение как услуга). Для малого предприятия, лишенного глубокой IT-экспертизы, наиболее релевантной является модель SaaS, где провайдер не только предоставляет

доступ к готовому приложению, но и полностью управляет всей лежащей в его основе инфраструктурой, обновлениями и безопасностью [1].

Перенос корпоративной информационной системы в облако приносит малому бизнесу ряд стратегических преимуществ. Во-первых, это существенное снижение барьеров для входа: исчезает необходимость в единовременных крупных инвестициях в «железо» и софт, затраты приобретают характер регулярной подписки, масштабируемой в зависимости от текущих потребностей (количество сотрудников, объем данных). Во-вторых, обеспечивается беспрецедентная доступность: доступ к системе возможен с любого устройства, подключенного к Интернету, что критично для поддержания операционной деятельности вне офиса. В-третьих, ответственность за техническую исправность, безопасность данных и регулярные обновления ложится на провайдера, что позволяет компании сосредоточиться на своей основной деятельности. Наконец, облако обеспечивает встроенную надежность и резервное копирование, уровень которых сложно и дорого организовать самостоятельно в рамках малого предприятия [2].

В структуре корпоративной информационной системы Helpdesk относится к классу систем, ориентированных на управление взаимодействием с внешней и внутренней средой, выступая специализированным инструментом в рамках более широкой концепции управления отношениями с клиентами (CRM). Его основное назначение — автоматизация процессов приема, регистрации, классификации, назначения исполнителей, контроля исполнения и анализа обращений клиентов.

Для малого предприятия внедрение такой системы решает ряд острых проблем. Без единого централизованного инструмента обращения клиентов, приходящие по электронной почте, через социальные сети, мессенджеры или телефон, легко теряются, дублируются или остаются без своевременного ответа. Это напрямую ведет к потере клиентов и ущербу для репутации. Helpdesk-система структурирует этот хаотичный поток, превращая каждый запрос в тикет (заявку) с уникальным номером, четким статусом, приоритетом и ответственным. Это исключает потерю обращений и обеспечивает прозрачность для всех участников процесса, включая самого клиента, который может отслеживать статус своего запроса через клиентский портал.

Кроме того, система накапливает историю всех взаимодействий, что позволяет строить базу знаний (Knowledge Base) с ответами на часто задаваемые вопросы. Это не

только ускоряет обработку типовых запросов, но и позволяет клиентам самостоятельно находить решения, разгружая службу поддержки. Интеграция с популярными каналами коммуникации (соцсети, e-mail и так далее) в рамках единого интерфейса оператора позволяет вести диалог с клиентом там, где ему удобно, не теряя контекста. Таким образом, даже небольшая команда может обеспечить уровень сервиса, сравнимый с крупными компаниями, повышая удовлетворенность и лояльность клиентов [6].

Архитектура системы для малого предприятия должна базироваться на принципах простоты внедрения, минимальных затрат на поддержку и максимальной практической полезности. Ядром является SaaS-решение, развернутое в публичном облаке провайдера. Такой выбор полностью снимает с предприятия заботы об аренде или

покупке серверов, установке и обновлении программного обеспечения, настройке сетевой безопасности и резервного копирования.

Ключевыми функциональными требованиями к системе являются: поддержка многоканальности приема заявок (e-mail, веб-форма, виджет на сайте, интеграция с мессенджерами), гибкая система правил для автоматической маршрутизации и назначения заявок, встроенная база знаний, инструменты для формирования отчетов и аналитики (например, время первого ответа, общее время решения, нагрузка на операторов). Важным аспектом является возможность ограниченной кастомизации — например, добавление пользовательских полей в заявку для учета специфики бизнеса без необходимости сложного программирования (no-code/low-code подход).

Таблица 1. Сравнительный анализ ключевых модулей облачной Helpdesk-системы e-commerce предприятия*

Функциональный модуль	Примеры угроз (проблемы без автоматизации)	Технологическая основа и ожидаемый эффект
Управление обращениями (тикетами)	Потеря обращений, дублирование ответов, невозможность отследить статус, низкая скорость реакции	SaaS-платформа с системой статусов, приоритетов и назначения ответственных. Эффект: централизация всех обращений, сокращение времени реакции на 30 %, исключение потерь
База знаний (Knowledge Base)	Повторяющиеся однотипные запросы перегружают операторов, клиенты не могут найти ответ самостоятельно	Встроенный редактор базы знаний с возможностью публикации статей и интеграцией в чатбота. Эффект: снижение нагрузки на операторов до 40 %, повышение удовлетворенности клиентов
Многоканальность и коммуникации	Разрозненность каналов (email, соцсети, телефон), потеря контекста при переключении между ними	Единый инбокс с интеграцией популярных каналов (соцсетей и e-mail) и шаблонами ответов. Эффект: упрощение работы оператора, целостный вид диалога с клиентом
Аналитика и отчетность	Отсутствие данных для анализа качества работы, невозможность выявить проблемные зоны	Встроенные дашборды и отчеты по ключевым метрикам (среднее время решения, нагрузка, оценка клиентов). Эффект: управление сервисом на основе данных, повышение эффективности процессов
Экосистемная интеграция	Ручной перенос данных между Helpdesk, CRM, сайтом и системой учета, рост ошибок и затрат времени	Использование открытых API, вебхуков и готовых коннекторов для синхронизации с другими облачными сервисами. Эффект: автоматизация рутинных операций, повышение качества данных

* - составлено автором на основе источников [1–6]

Анализ технологических и рыночных факторов указывает, что основная сложность цифровизации малых предприятий заключается не в дефиците облачных систем управления обращениями (Helpdesk), а в их изолированности от других бизнес-процессов. Российский рынок предлагает множество облачных сервисов для клиентской поддержки, однако для малого бизнеса критически важной становится задача интеграции Helpdesk с облачной бухгалтерией, CRM, инструментами маркетинга и платформой электронной коммерции. Для повышения эффективности клиентского сервиса необходима

адаптация low-code платформ для быстрой настройки Helpdesk-систем под узкие задачи предприятия, развитие открытых API для упрощения интеграции и формирование кадровых компетенций по управлению сквозными процессами обслуживания клиентов.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что современные подходы к разработке облачных Helpdesk-систем для малых предприятий постепенно формируют целостную платформенную модель. Эта модель базируется на принципах SaaS, микросервисной архитектуре и глубокой интеграции в экосистему бизнес-сервисов. Несмотря на

сохраняющиеся сложности, связанные с фрагментацией инструментов, положительная динамика развития российского облачного рынка, рост числа специализированных решений для малого бизнеса и повышение цифровой грамотности предпринимателей позволяют рассматривать облачную систему управления обращениями как одно из наиболее эффективных и перспективных ядер для цифровой трансформации клиентского сервиса.

Заключение

Проведенный анализ подтверждает, что облачные технологии кардинально меняют парадигму создания корпоративных информационных систем для малого бизнеса. Они позволяют преодолеть ключевые ограничения — финансовые, кадровые и инфраструктурные — предоставляя доступ к профессиональным ИТ-инструментам по модели операционных расходов.

Специализированная подсистема управления обращениями клиентов (Helpdesk), реализованная как облачный SaaS-сервис, является одним из наиболее эффективных

и быстрых в реализации элементов такой КИС. Она напрямую влияет на ключевой бизнес-результат — удовлетворенность клиентов, обеспечивая порядок, прозрачность и оперативность в работе службы поддержки. Малое предприятие получает возможность централизовать все каналы коммуникации, накапливать знания о клиентах и их проблемах, а также анализировать эффективность своей сервисной деятельности.

Таким образом, концепция корпоративной информационной системы на базе облачных технологий, с фокусом на клиентоориентированные компоненты, такие как Helpdesk практическую дорожную карту цифровизации для малого бизнеса. Она позволяет даже небольшой компании конкурировать на уровне качества сервиса, строить долгосрочные отношения с клиентами и закладывать технологический фундамент для будущего роста. Дальнейшие исследования в рамках темы могут быть направлены на изучение интеграции облачного Helpdesk с другими SaaS-сервисами (например, CRM, бухгалтерией) для формирования целостной цифровой экосистемы малого предприятия.

Литература:

1. Паршков, А. Е. Информационные технологии и их применение в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Техника. Технологии. Инженерия. — 2018. — С. 14–17
2. Преимущества облачных технологий для малого и среднего бизнеса — Режим доступа: <https://synaptik.ru/blog/oblachnye-resheniya-i-virtualizaciya/preimushhestva-oblachnyh-tehnologij-dlya-malogo-i-srednego-biznesa>
3. Лапидус Л. В. Электронная коммерция: теория и практика // Экономика и управление. — 2020. — № 6. — С. 45–52.
4. Купельский С. А. Использование облачных сервисов: Учебно-методическое пособие. 2-е изд. // Москва: Флинта. — 2017. — 136 с.
5. Баранов А. А., Гаврилов Д. А. Облачные технологии как инструмент цифровой трансформации малого бизнеса // Вестник цифровой экономики. — 2021. — № 3. — С. 58–64.
6. Ведомости. На связи с облаком: как сервисы коммуникаций повышают эффективность бизнеса — Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/technologies/new_technologies/articles/2025/12/10/1161929-na-svyazi-s-oblakom-kak-servisi-kommunikatsii-povishayut-effektivnost-biznesa

Automation of architectural verification of RISC-V processor core based on the RiscoF framework

Smirnov Nazar Aleksandrovich, student

National Research University «Moscow Institute of Electronic Technology» (Zelenograd)

The article discusses the problem of high entry barriers to architectural verification of processor cores based on the open RISC-V architecture. It analyzes existing barriers that prevent the widespread use of compliance testing in educational and open-source projects. It proposes a universal verification environment architecture based on the official RiscoF framework, which automates the process of verifying the compliance of cores with the RISC-V International specification requirements. It describes the modular structure of the solution, which includes a parameterizable adapter, a library of testbench templates, and a report generation system.

Keywords: RISC-V, processor verification, compliance testing, RiscoF, test automation, instruction set architecture.

The open architecture of the RISC-V instruction set, developed at the University of California, Berkeley in 2010, has become widely used in academia and industry due to its lack of licensing

fees and modular structure [1]. According to RISC-V International, the organization has more than 3,000 members from leading technology companies and universities around the world.

However, the widespread adoption of RISC-V in educational and research projects faces a significant challenge: the high complexity and labor intensity of the verification process for developed processor cores. According to semiconductor industry statistics, verification accounts for 50 to 80 % of the total SoC development time, and the cost of undetected errors grows exponentially at each subsequent stage of the product life cycle [2].

The goal of this research is to develop a universal verification environment that lowers the entry threshold for developers into RISC-V core architectural verification by maximizing the automation of the compliance testing process.

Analysis of existing approaches to verification

Modern approaches to processor verification include several methods. Formal verification uses mathematical tools (model checking, theorem proving) to prove the correctness of the system. However, complete formal verification of a real processor core remains unattainable due to the problem of state space explosion.

Simulation verification based on UVM (Universal Verification Methodology) is an industry standard, but it requires deep expertise in SystemVerilog and significant time to create a testbench for each core.

Compliance testing focuses on confirming compliance with the official ISA specification through a set of riscv-arch-test architectural tests approved by RISC-V International. RiscoF (RISC-V Compatibility Framework) automates the process of running architectural tests through a modular architecture: the framework core manages testing, and adapter plugins provide an interface to specific processor implementations.

The analysis revealed the following critical barriers to the implementation of verification:

1. High entry threshold: professional EDA tools cost tens of thousands of dollars. Open-source alternatives require significant effort to set up.
2. Manual environment setup: integrating a new core with RiscoF requires creating a unique plugin and testbench, which can take weeks or months of work.
3. Lack of universal solutions: each team creates its own environment without the possibility of reusing components.
4. Fragmented documentation: information is scattered across various sources without a centralized guide.

Architecture of the proposed solution

The developed verification environment is based on the principles of modularity and configurability. Key components of the system include:

- a universal adapter (plugin) for RiscoF, parameterized via a YAML file;
- a library of SystemVerilog testbench templates for various interfaces;
- an automation system based on Make/Python scripts;
- an HTML report generator with detailed test results.

The design principles are based on configuration through declarative description: the user describes the parameters of the target core (ISA, bus type, paths to RTL) in a YAML file. The system automatically generates the necessary components. The testbench library covers common protocols (AXI4, Wishbone), allowing cores to be connected without writing code from scratch.

The system's algorithm includes the following steps:

1. Parsing the YAML configuration file with core parameters.
2. Automatic generation of the RiscoF plugin and testbench.
3. Compiling riscv-arch-test tests for the target ISA configuration.
4. Running a simulation for each test using Verilator.
5. Extracting signatures and comparing them with reference values.
6. Generating a detailed HTML report with coverage metrics.

Implementation and technical stack

The technical stack for implementation includes:

- Adapter implementation language: Python 3.8+;
- RTL simulator: Verilator (open-source);
- Hardware description languages: SystemVerilog for testbenches;
- Configuration: YAML;
- automation: Make, Bash/Python scripts.

The implementation supports the following ISA configurations: RV32I, RV32IM, RV32IMC (with the possibility of expansion); interfaces: AXI4 (priority for SoC integration); simulators: Verilator, with the possibility of adding commercial ones.

The structure of the configuration file is as follows:

core:

```
name: «example_core»
isa: «RV32IMC»
bus_interface: «axi4»
paths:
rtl_dir: «./rtl»
top_module: «core_top»
```

simulation:

```
simulator: «verilator»
timeout: 10000
clock_period: 10ns
```

Experimental evaluation

The following quantitative metrics were defined to evaluate the effectiveness of the developed solution:

1. Configuration time: the time from receiving the RTL code to the first successful run of the compliance test. Target value: no more than 8 hours.
2. Degree of automation: the proportion of stages performed without manual intervention. Target value: $\geq 40\%$.
3. Coverage completeness: the proportion of successfully run official RiscoF tests. Target value: 100 % (with correct core implementation).

Testing is performed on a set of open-source RISC-V cores of varying complexity: PicoRV32 (basic RV32I), SCR1 (RV32IMC), Rocket (RV64GC). For each core, the time spent on the configuration stages, the number of manual interventions required, and the final coverage of the test set are recorded.

Expected results:

The application of the developed verification environment should ensure:

1. Lowering the entry threshold: students and researchers without deep expertise in verification will be able to check the compliance of their cores.
2. Reducing configuration time: from weeks of manual work to a few hours of automatic configuration.
3. Standardization of the process: a unified approach to verifying different cores based on the official RiscoF framework.

4. Improved quality: objective verification of compliance with the RISC-V International specification increases the reliability of the processors being developed.

The developed universal verification environment for automated testing of RISC-V processor cores solves the critical problem of high entry barriers to architectural verification. The modular architecture based on the official RiscoF framework, a parameterizable adapter, and a library of template components enable rapid integration of various cores with minimal time expenditure.

The proposed solution is particularly relevant for educational institutions, research laboratories, and the open-source community, where limited resources do not allow the use of expensive commercial verification tools. Future research directions include expanding support for additional ISA extensions (F, D, V), integration with coverage-driven verification methodologies, and development of a template library for specialized applications.

References:

1. The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: Unprivileged ISA. RISC-V International, 2023.
2. Aouadja R. SoC Regression Strategy Development. Master's Thesis. University of Oulu, Degree Programme in Computer Science and Engineering, 2023. 52 p.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Анализ напряженно-деформированного состояния в висячих и вантовых мостах

Абдуазизов Иномжон Алишерович, аспирант

Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени М. Улугбека (Узбекистан)

В статье систематически анализируются состояния напряжений и деформаций, а также внутренние напряжения основных конструктивных элементов (стальные канаты, пилоны и опоры) висячих и вантовых мостов под воздействием статических и динамических нагрузок. В исследовании в качестве практических примеров рассмотрены три моста, расположенные в городе Самарканде: 132-метровый висячий вантовый мост через Даргомский канал, 101-метровый вантовый мост на улице Иджодкор и 50-метровый висячий мост через реку Ок Дарья. Прочность, устойчивость и геометрически нелинейное поведение канатов и анкерных конструкций этих мостов оценивались с помощью программного комплекса ЛИРА-САПР и аналитических расчетов. Полученные результаты позволяют сравнивать внутренние напряжения, прогибы и деформации в стальных канатах мостов различных длины и конструктивных решений, а также показывают влияние склонности опор к упругим смещениям на общую прочность и эксплуатационную надежность. Результаты исследования служат научно-практической основой для проектирования висячих и вантовых мостов, обеспечивающих их безопасную, надежную и долговечную эксплуатацию.

Ключевые слова: висячий, мост, жёсткость, прочность, консоль, пространственный, нелинейный, пролёт, сталь, узел, напряжение, нагружение, гибкость, деформация, усилие.

Введение. В настоящее время проектирование и строительство висячих мостов с высокой прочностью, эффективностью и в кратчайшие сроки является актуальной научно-практической задачей. Такое проектирование повышает надежность конструкций, снижает их стоимость, сокращает сроки строительства и позволяет внедрять современные архитектурные решения в городскую и сельскую среду [1].

При проектировании висячих мостов одних теоретических знаний недостаточно. Автоматизация расчетных процессов с использованием компьютерных технологий способствует созданию надежных и безопасных конструктивных решений [6]. Поскольку пролеты этих конструкций обычно большие, а основные несущие элементы изготовлены из высокопрочной стали, в таких конструкциях естественно возникают значительные прогибы.

Появление больших прогибов объясняется тем, что расчетное сопротивление канатов (стальных тросов), используемых в висячих мостах, в 4–7 раз больше, чем у традиционных профильных конструкций, а модуль упругости на 25 % меньше. Согласно закону Гука, напряжение в конструкции прямо пропорционально модулю упругости материала и относительным деформациям. Следо-

вательно, канаты из высокопрочной стали под действием нагрузки обладают большей растяжимостью по сравнению с профильными элементами [9].

Цель и задачи исследования. Основная цель исследования-изучение основных принципов расчета висячих мостов с использованием аналитических и численных методов и их оценка на практических примерах. Это позволяет исследовать напряженно-деформационные состояния канатов и анкерных конструкций мостов, а также определить их геометрически нелинейное поведение.

Основные задачи исследования:

— Исследование трех типов мостов, расположенных в городе Самарканде, в качестве практических примеров: 132-метровый висячий вантовый мост через Даргомский канал, 101-метровый вантовый мост на улице Иджодкор и 50-метровый висячий мост через реку Ок Дарья.

— Оценка прочности и устойчивости канатов и анкерных конструкций.

— Использование программного комплекса ЛИРА-САПР и аналитических методов для анализа геометрически нелинейного поведения конструкций.

— Сравнение результатов аналитических и численных расчетов и предоставление практических рекомендаций.

Экспериментальные исследования и анализ результатов. В исследовании проанализированы реакции висячих мостов на статические и динамические нагрузки. Расчеты проводились с использованием следующих методов:

Методы расчета: При аналитическом (ручном) расчете висячих мостов и расчетах с помощью программ-

ного комплекса ЛИРА-САПР сравнивались стальные канаты с пролетами 30, 50, 80, 100, 120, 150, 170 и 200 метров. Для каждого каната определялись напряжения, прогибы до и после деформации.

а) **Классический (аналитический) инженерный метод расчета [8].**

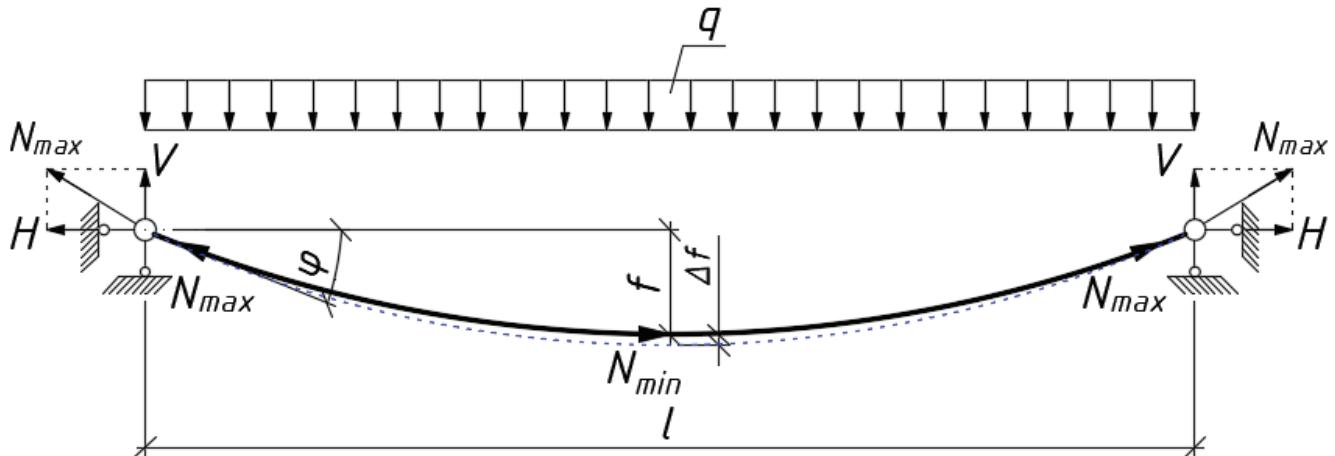


Рис. 1. Геометрическая схема стальных канатов висячего моста

Начальное прогибание каната:

$$f = \frac{1}{10} \cdot l; \text{ здесь: } f \text{ — начальное прогибание, } l \text{ — пролёт. (1)}$$

Без учета деформации каната формула для определения горизонтальной реакции опор H , вызванной напряжением в канате, определяется следующим образом:

$$H = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot f}; \text{ здесь: } q \text{ — постоянная нагрузка. (2)}$$

Вертикальная опорная реакция V , возникающая в канате, определяется следующим образом:

$$V = \frac{q \cdot l}{2}; \quad (3)$$

Максимальные N_{max} и минимальные N_{min} напряжения в канате вычисляются по формулам:

$$N_{max} = \sqrt{H^2 + V^2} \sqrt{1 + \frac{16 \cdot f^2}{l^2}}$$

$$N_{min} = H; \quad (4)$$

Поперечное сечение каната A определяется следующим образом:

$$A = \frac{1.6 \cdot N_{max}}{k_n \cdot R_{un}} \text{ здесь: } R_{un} \text{ — временное сопротивление стальных канатов,} \quad (5)$$

k_n — коэффициент, учитывающий растяжимость стальных канатов.

Прогиб Δf каната от равномерно распределенной нагрузки определяется как:

$$\Delta f = \frac{3}{128} \cdot \frac{\mu^2}{f^2} \cdot \frac{q \cdot l^4}{EA}; \mu = 1 + \frac{8 \cdot f^2}{3 \cdot l^2}; \quad (6)$$

здесь: μ — коэффициент, учитывающий увеличение начального прогиба стальных канатов; E — модуль упругости стальных канатов; A — поперечное сечение стальных канатов.

Длина каната до деформации при нахождении опор на одной плоскости:

$$S_1 = l \cdot \left[1 + \frac{8 \cdot f^2}{3 \cdot l^2} - \frac{H}{EA} \right]; \quad (7)$$

Длина каната после деформации при нахождении опор на одной плоскости:

$$S_2 = l \cdot \left[1 + \frac{8 \cdot (f + \Delta f)^2}{3 \cdot l^2} - \frac{H}{EA} \right]; \quad (8)$$

Угол наклона φ каната относительно горизонтали определяется как:

$$\cos \varphi = \frac{H}{N}; \quad (9)$$

б) Численные методы (моделирование на компьютере).

С помощью данного метода конструкцию можно разделять на мелкие элементы, что позволяет точно вычислять и анализировать силы, смещения и деформации в каждом элементе. Для расчета современных висячих мостов применяются следующие численные методы [8].

В качестве примера рассмотрим процесс расчета стальных канатов висячего моста с пролетом 80 метров. Геометрическая схема стального каната представлена на рис. 2. Расчет каната под распределенную нагрузку 2 кН/м выполнялся с помощью программного комплекса ЛИРА-САПР, а результаты аналитического расчета представлены на рис. 3 и 4 [3].

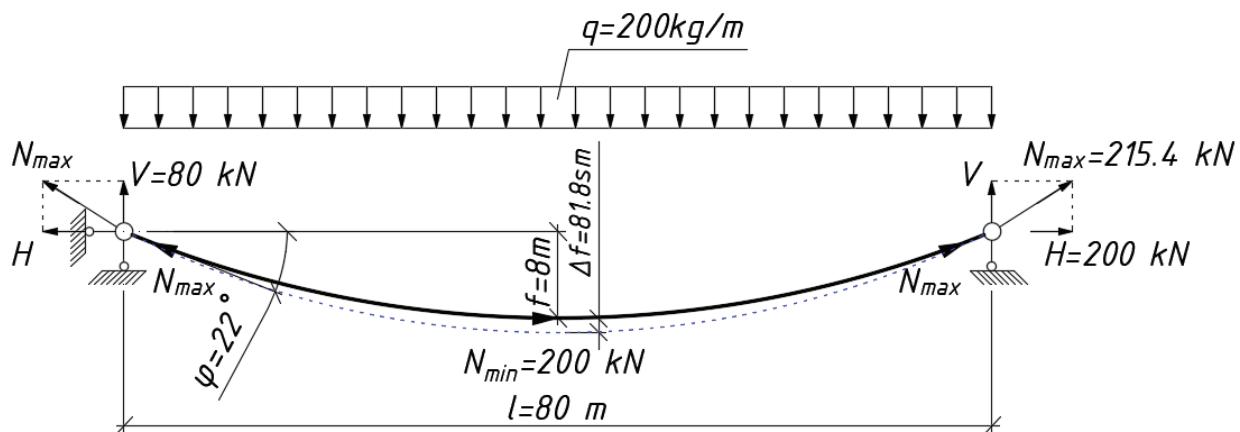


Рис. 2. Геометрическая схема висячего каната

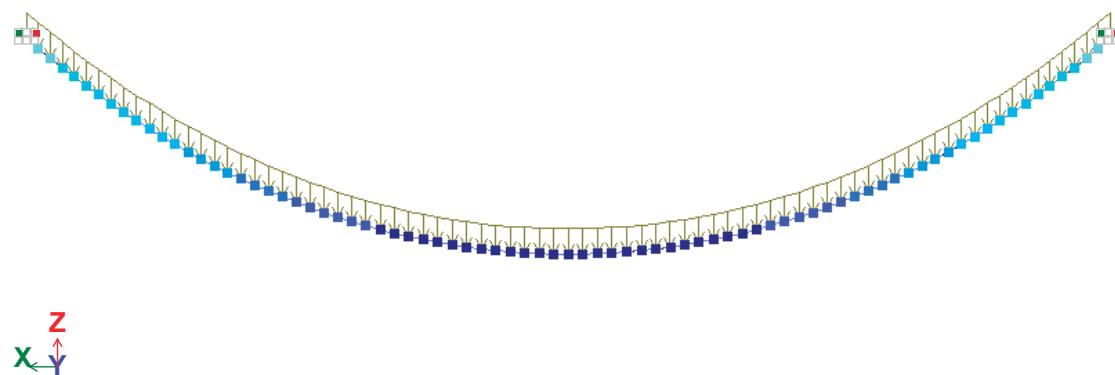


Рис. 3. Прогиб висячего каната после деформации

Нелинейная история 1
Эпюра N
Единицы измерения - т

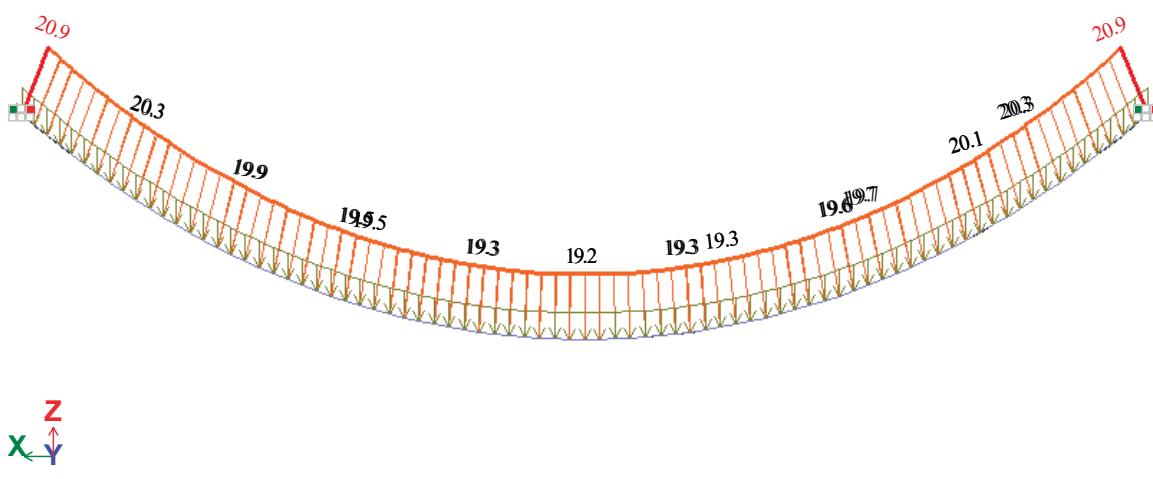


Рис. 4. Продольное напряжение N висячего каната после деформации

Таблица 1

Аналитический и расчет по ЛИРА-САПР висячих канатов						
Расчетные нагрузки Собственный вес (коэф. — 1,05) Пост.нагрузка 200 кг/м ²	Методы расчета	Значение напря- жений (Мах/Мин)	Прогиб (на середине пролета l/2)	Длина каната (до деформации и после деформации)		Марка и диаметр каната
Пролёт		N, (кН)	Δ f, (мм)	S1, (м)	S2, (м)	ГОСТ 3064- 80/7669-80
Для пролета 30 м	аналитический	80.8/75	307	30.65	30.82	ТК. Ø14
	компьютерный	81/74.9	76	30.79	30.83	ТК. Ø12.5
Для пролета 50 м	аналитический	134.6/125	511	51.08	51.36	ТК. Ø17
	компьютерный	133/123	207	51.32	51.43	ТК. Ø17
Для пролета 80 м	аналитический	215.4/200	818	81.72	82.18	ТК. Ø21
	компьютерный	209/192	513	82.12	82.39	ТК. Ø21
Для пролета 100 м	аналитический	269.3/250	1020	102.15	102.72	ТК. Ø24
	компьютерный	261/239	793	102.65	103.08	ТК. Ø24
Для пролета 120 м	аналитический	323.1/300	1225	122.58	123.26	ТК. Ø27
	компьютерный	311/285	1130	123.18	123.80	ТК. Ø27
Для пролета 150 м	аналитический	403.9/375	1532	153.23	154.08	ЛК-Р0. Ø32.5
	компьютерный	387/354	1470	153.97	154.78	ЛК-Р0. Ø32.5
Для пролета 180 м	аналитический	457.7/425	1734	173.66	174.62	ЛК-Р0. Ø35.5
	компьютерный	436/398	1860	174.50	175.53	ЛК-Р0. Ø35.5
Для пролета 200 м	аналитический	538.5/500	2041	204.3	205.44	ЛК-Р0. Ø36.5
	компьютерный	508/463	2530	205.29	206.70	ЛК-Р0. Ø36.5

в) Мониторинг и экспериментальный метод расчета

Для подвесных и вантовых конструкций необходимо наличие устройств для натяжения тросов (Ø16, Ø26) в узлах их крепления к пylonам и конструкциям проезда, с целью предотвращения неэластичных удлинений тросов в этих узлах после испытаний моста на максимальные нагрузки и в процессе эксплуатации [10].

Обсуждение. Экспериментальные, численные и аналитические исследования показали, что в стальных канатах

висячих и вантовых мостов возникают различные напряжения и деформации в зависимости от длины моста, конструктивного решения и опорной системы. Результаты расчетов в программе ЛИРА-САПР и аналитические вычисления совпадают на высоком уровне, что подтверждает надежность методов расчета [2].

Например, на исследованном висячем вантовом мосту через канал Даргом (длина пролета 132 м) из-за большой длины пролета наблюдались максимальные удлинения



Рис. 5. Диаметр — 16 мм. Испытание каната LK-R0 6x36 (1+7+7/7+14) + 7·7(1+6) с помощью пресса

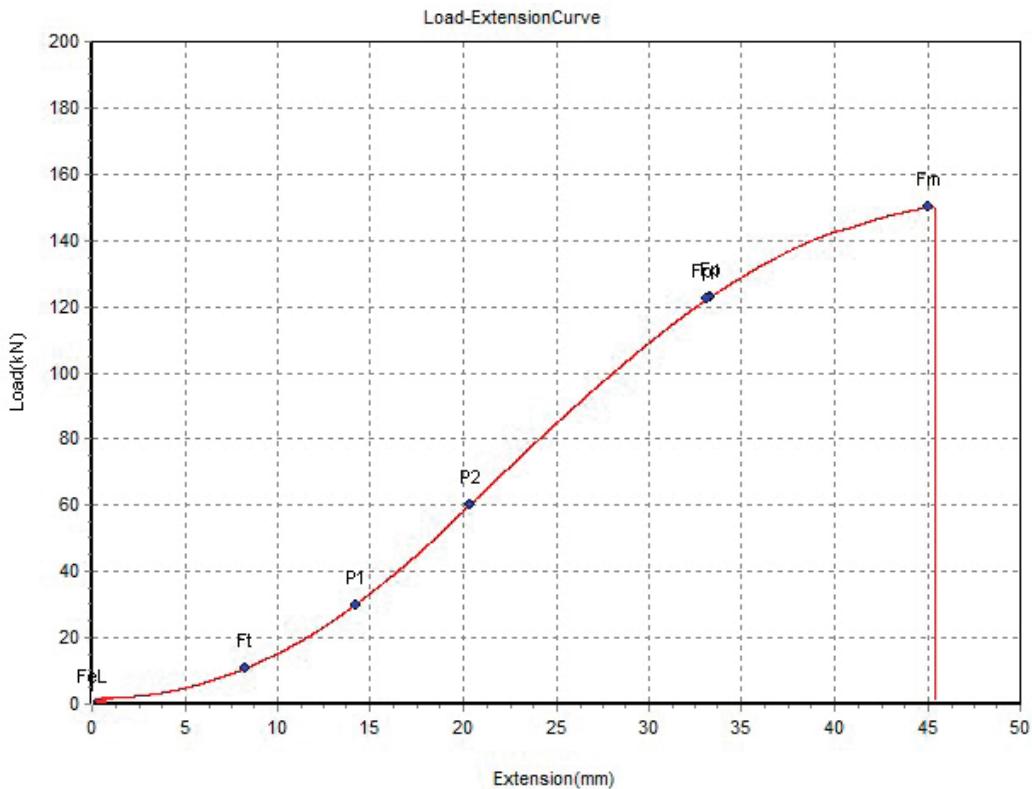


Рис. 6. График напряжение — деформация каната марки LK-R0 в процессе испытания

и нелинейные деформации в стальных канатах. На вантовом мосту на улице Иджодкор (длина пролета 101 м) деформации относительно небольшие, а прочность высокая, поскольку здесь конструкция моста однопролетная и основные конструкции подвешены на вантах. На ви- сячем мосту через Ок Дарья (длина пролета 50 м) дефор-

мации малы, однако конструктивная прочность требует проверки расчетом.

На такого рода мостах под воздействием различных нагрузок возникают значительные деформации. Сопоставление результатов расчетов в ЛИРА-САПР и аналитических данных подтверждает их соответствие и надежность методов.



Рис. 7. Мост через канал Даргом (132 м)



Рис. 8. Мост на улице Иджодкор (101 м)

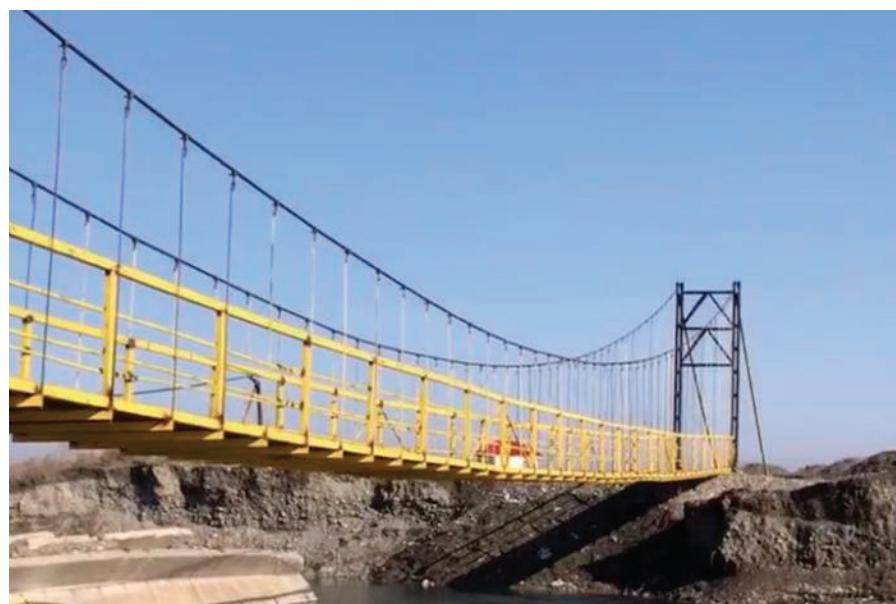


Рис. 9. Висячий мост через реку Ок Дарья (50 м)

Полученные результаты практически помогают глубже понять характеристики напряжение–деформация мостов, оптимизировать проектирование и обеспечить безопасную эксплуатацию.

Заключение

Для расчета мостов и анализа состояния напряжений и деформаций в конструктивных элементах только аналитических методов недостаточно; численные методы существенно повышают точность расчетов. Экспериментальные методы имеют важное значение для обеспечения работоспособности, приоритетности и долговременной надежности мостов.

Причиной нелинейной работы мостов являются несущие элементы — ванты. После первоначального на-

пряженения стальные канаты испытывают неупругое удлинение примерно на 4 %. При определении максимальной прогибаемости и напряжений канатов необходимо, чтобы аналитические формулы и результаты моделирования в программе ЛИРА-САПР совпадали.

Для уменьшения первоначального удлинения канатов их необходимо выдерживать в течение 72 часов под воздействием временного усилия, равного 50 % от расчетного сопротивления. Кроме того, для снижения прогибаемости висячих мостов можно уменьшить напряжение путем укорочения стержней, соединяющих проезжую часть с стальными канатами.

Современные компьютерные программы позволяют повысить безопасность и экономическую эффективность проектирования мостов.

Литература:

1. Вантовые мосты / А. А. Петропавловский [и др.]; под ред. А. А. Петропавловского. — М.: Транспорт, 1985. — 224 с.
2. Кирсанов Н. М. Висячие и вантовые конструкции / Н. М. Кирсанов. — М.: Стройиздат, 1981. — 158 с.
3. Сильницкий Ю. М. Расчет висячих мостов по деформированной схеме: учеб. пособие / Ю. М. Сильницкий. — Л.: ЛИИЖТ, 1967. — 207 с.
4. Барановский А. А. Мосты больших пролетов. Проектирование висячих и вантовых мостов: курс лекций / А. А. Барановский. — Санкт-Петербург: ПГУПС, 2005. — 272 с.
5. Бахтин С. А. Проектирование висячих и вантовых мостов: учеб. пособие / С. А. Бахтин. — Новосибирск: Сиб. ГАПС, 1995. — 121 с.
6. ШНК 2.05-02-07. Мосты и тоннели. «Автомобильные дороги», Госархитектстрой, г. Ташкент, 2008. — 90 с.
7. ШНК 2.03.05-13. «Металлоконструкции. Нормы проектирования» / Государственный комитет архитектуры и строительства Республики Узбекистан. — Ташкент, 2013. — 171 с.
8. Программный комплекс LIRA-SAPR®. Руководство пользователя. Под ред. академика РААСН Гордецкого А. С. — 2018. — 254 с.
9. Металлоконструкции. А. И. Холмуродов. (Часть 1. Расчет конструктивных элементов), учебное пособие. — Самарканд, 2023. — 182 с.
10. Металлоконструкции. А. И. Холмуродов. (Часть 2. Расчет и проектирование строительных конструкций), учебное пособие. — Самарканд, 2023. — 232 с.
11. Хасанов А. З., Хасанов З. А. Инженерная геология и механика грунтов. — Самарканд: Зарафшон, 2018.
12. Khasanov A. Z., Khasanov Z. A. Experimental and Theoretical Study of Strength and Stability of Soil. — 2020. Taylor & Francis Group, Boca Raton, London. — 139 р.
13. Дороган А. С. МГИУ для расчета балочно-комбинированных мостов // Современные технологии железнодорожного транспорта: материалы 44-й научной конференции. — Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2006. — Т.2. — С. 20–26.
14. Аналитические методы расчета висячих и вантовых мостов: учеб. пособие / Ю. В. Дмитриев, А. С. Дороган. — Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. — 194 с.: ил.
15. Товбоев Б., Юзбоев Р. К расчету элементов сельскохозяйственных сооружений, работающих в нестационарных условиях // Thematic Journal of Applied Sciences. — 2021. — Т. 1, № 1.

Структурная схема устройства для построения карты помещения

Акимов Александр Андреевич, студент;

Борсук Роман Александрович, студент магистратуры

Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

Автономные мобильные устройства, способные формировать карты окружающего пространства, находят широкое применение в самых разных сферах — от промышленной автоматизации и логистики до научных исследований и бытовой робототехники. Построение карты помещения в режиме реального времени требует комплексного сочетания различных технических средств: высокоточных датчиков расстояния, инерциальных навигационных систем, энергоэффективных приводов, надежных средств хранения данных и производительных вычислительных модулей.

Многие коммерческие решения на рынке оказываются либо избыточными по функциональности и стоимости, либо недостаточно гибкими для специфических задач. В таких условиях особую ценность представляет компактная аппаратно-программная платформа, оптимизированная по энергопотреблению, габаритам и набору возможностей.

Отличительной чертой рассматриваемого устройства является возможность не просто фиксировать данные, но и выполнять их первичную обработку в реальном времени — синхронизируя измерения дальномеров с информацией о перемещении и ориентации. Это требует точной согласованности всех подсистем: измерительных, управляющих, приводных и запоминающих.

Структура устройства базируется на модулях. Каждый модуль выполняет определённую задачу, а взаимодействие между ними обеспечивается через унифицированные интерфейсы передачи данных.

Блок управления выполняет координацию работы всех модулей устройства, а также отвечает за согласованное выполнение процессов измерения, обработки и сохранения данных.

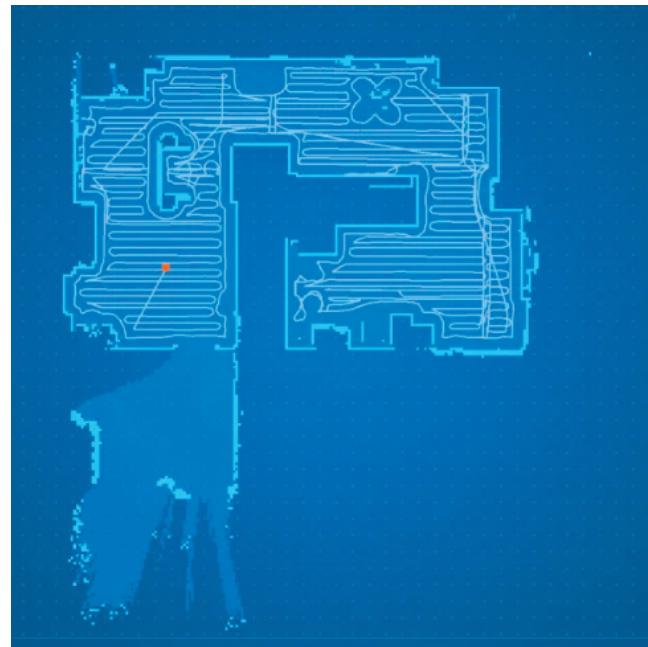


Рис. 1. Пример карты, построенной устройством-аналогом

Для получения точных измерений на больших дистанциях используется лидар, функционирующий по принципу лазерного дальномерирования. Благодаря узконаправленному лучу и высокой чувствительности приемной части он обеспечивает минимальную погрешность.

В ближнем диапазоне применяется ультразвуковой датчик. На небольших расстояниях лазерные системы могут давать искажённые данные из-за помех или сложных отражающих поверхностей, поэтому ультра-

звук оказывается более надёжным на дистанциях до 2 метров.

Для расширения и уточнения картографической информации используется модуль технического зрения. Он позволяет анализировать форму объектов, а также их текстурные особенности, дополняя данные дальномеров.

IMU-модуль необходим для определения положения и ориентации устройства в пространстве во время перемещения. Без этих данных невозможно корректно объедин-

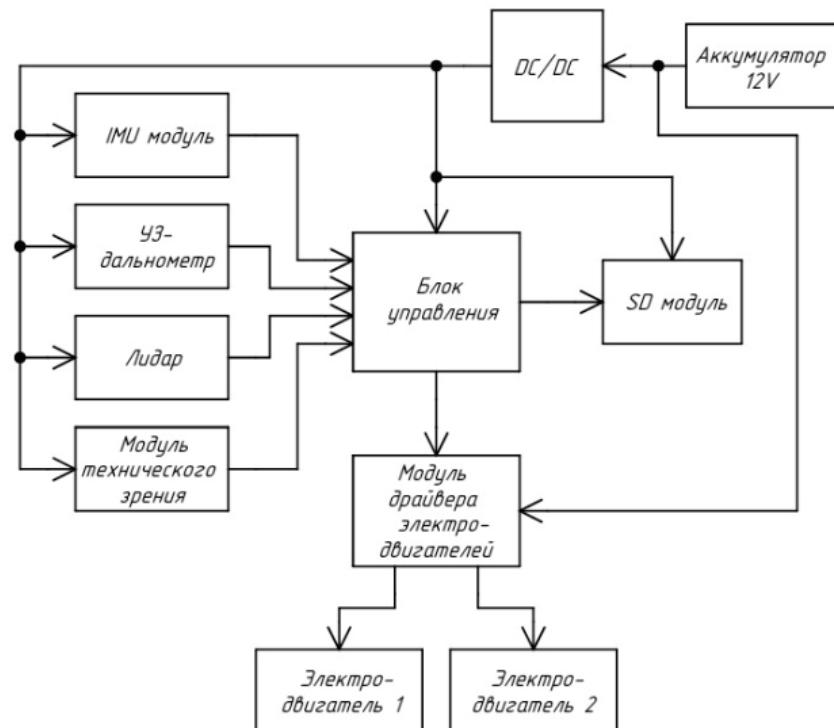


Рис. 2. Структурная схема устройства

нить результаты измерений в целостную карту. В состав модуля входят акселерометр, гироскоп и магнитометр.

SD-модуль предназначен для сохранения данных, поступающих от всех датчиков и IMU, с целью их дальнейшего анализа.

Автономность работы устройства обеспечивается собственной энергосистемой. Аккумулятор должен обладать достаточной ёмкостью для функционирования устройства не менее одного часа, а также включать защиту от перезаряда, глубокого разряда и короткого замыкания.

Для контролируемого перемещение устройства наилучшим вариантом являются двигатели постоянного тока с редукторами, которые снижают скорость вращения и увеличивают крутящий момент. Управление приводами осуществляется через драйвер электродвигателей.

Представленная структурная схема устройства демонстрирует возможность эффективного построения карты помещения на основе объединения данных дальномеров, технического зрения и инерциальной навигации. Согласованная работа всех модулей — от системы измерений и вычислительного блока до приводов и энергосистемы — обеспечивает точное получение пространственной информации и её надёжное сохранение для последующей обработки.

Модульная архитектура платформы и автономность её работы делают устройство практическим инструментом для дальнейших испытаний, экспериментов и адаптации под различные прикладные задачи. Предложенный подход может служить основой для создания более сложных навигационных и картографических систем.

Литература:

1. Дьяконов В. П. Микроконтроллеры и микропроцессоры. Архитектура, программирование, интерфейсы. — СПб.: Питер, 2021. — 560 с.
2. Алексеев А. Б. Сенсорные устройства: ультразвук, инерциальные модули, лидары. — М.: Солон-Пресс, 2020. — 288 с.

Структурная схема детектора «Медведь»

Борсук Роман Александрович, студент магистратуры

Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

В мире увлечений и хобби особое место занимают проекты, которые позволяют перенести любимые игровые вселенные в реальность. Одним из таких предметов является детектор «Медведь» из вселенной S. T. A.L. K. E.R. — устройство, без которого невозможно представить ни одного стalkerов, отважно исследующего аномальные зоны.

Детектор «Медведь» представляет собой портативное электронное устройство, предназначенное для обнаружения аномальных зон и артефактов на территории Зоны Отчуждения. Он впервые появляется в игре S. T. A.L. K. E. R. Чистое Небо и считается не самым плохим образцом среди всех детекторов, доступных стalkerам. По уровню чувствительности, радиусу действия и информативности он занимает промежуточное положение между базовой моделью «Отклик» и более продвинутыми «Велес» и «Сварог» [1].

Детектор будет выполнен в прочном пластиковом корпусе с характерным угловатым дизайном. Устройство удобно размещается в ладони и оснащено несколькими органами индикации: монохромным экраном, показывающим схематичную карту ближайшей местности, шкалу интенсивности сигнала, а также звуковой сигнализатор, который изменяется в зависимости от близости к аномалии или артефакту (рис. 1).

Прибор состоит из нескольких взаимосвязанных блоков (рис. 2), каждый из которых играет важную роль в работе всей системы. Вращающаяся антенна служит приёмным элементом и работает на частоте 2,4 ГГц [2]. Она устанавливается на моторизованную платформу и способна вращаться на 360°, последовательно сканируя окружающее пространство.

Для корректной работы поворотного механизма используется концевой выключатель, который служит ориентиром «нулевого» положения. При достижении этого положения микроконтроллер фиксирует начальную точку отсчёта, что обеспечивает точное позиционирование ан-

тенных и корректное измерение углов при последующем сканировании.

Радиоприёмный модуль фиксирует уровень принимающего сигнала (RSSI) при каждом положении антенны. Эти значения передаются в блок управления, где они преобразуются в удобный для анализа цифровой формат.

Блок управления выполняет основную аналитическую работу. Он сравнивает уровни сигнала, определяет направление с максимальной мощностью и формирует управляющие сигналы для световой и звуковой индикации. Также блок управления контролирует работу моторизованной платформы и концевого выключателя, корректируя пози-



Рис. 1. Внешний вид детектора «Медведь»

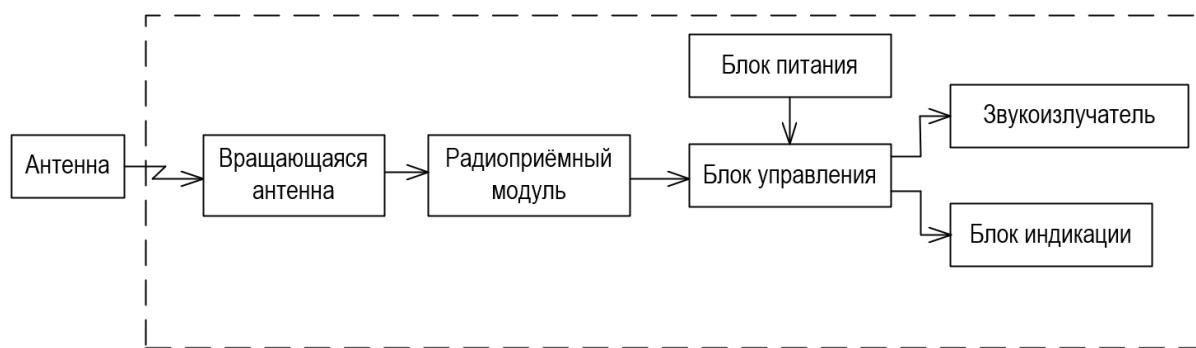


Рис. 2. Структурная схема устройства



Рис. 3. Кольцо из адресных светодиодов WS2812B

ционирование антенны и обеспечивая её точное возвратное позиционирование после включения или перезагрузки.

Блок индикации выполнен на базе кольца из адресных светодиодов (рис. 3). Он визуально отображает направление на источник сигнала: один яркий светодиод показывает точное направление, а два соседних горят тусклее, создавая эффект плавной направленности. Яркость подсветки изменяется автоматически в зависимости от уровня принимаемого сигнала.

Звукоизлучатель выполняет роль звукового оповещения. Частота генерируемого сигнала увеличивается по мере роста уровня принимаемого радиосигнала, что помогает пользователю ориентироваться без необходимости постоянно смотреть на индикатор.

Блок питания обеспечивает стабильное питание всех компонентов устройства.

Устройство наглядно показывает направление и относительную мощность сигнала с помощью световой и звуковой индикации.

В заключение можно отметить, разрабатываемое устройство представляет собой портативный прибор, способный определять направление и относительную силу радиосигнала. Применение круговой светодиодной индикации и звукового сигнала позволяет пользователю оперативно ориентироваться в пространстве и оценивать изменение уровня принимаемого сигнала. Конструкция с поворотной антенной и датчиком нулевого положения обеспечивает корректное сканирование сектора и формирование достоверных данных о направлении. Устройство может быть использовано в радиолюбительской практике, спортивной радиопеленгации, учебных целях, а также в играх живого ролевого действия.

Литература:

1. Детектор «Медведь» // S. T. A.L. K. E. R. Wiki: Zone Chronicles. — [Электронный ресурс].
2. Устройства СВЧ и антенны: учебник / под ред. А. А. Филонова; Сибирский федеральный университет. — Красноярск: СФУ, 2014.

Анализ обработки особого пускового органа устройством противоаварийной автоматики энергоузла

Гущина Анастасия Алексеевна, студент магистратуры
Самарский государственный технический университет

В статье рассматриваются принципы функционирования и особенности обработки сигналов особого пускового органа устройствами противоаварийной автоматики энергоузла. Показано, что корректная обработка сигналов пусковых органов, в особенности особого, играет ключевую роль в обеспечении селективности и надёжности противоаварийного управления в условиях аварийных и предаварийных режимов, что соответствует современным нормативным требованиям к автоматическому противоаварийному управлению режимами энергосистем [1].

Ключевые слова: противоаварийная автоматика, особый пусковой орган, обработка сигналов, аварийные режимы, надёжность, алгоритмы управления

Введение

Современные электроэнергетические системы характеризуются высокой сложностью, разветвлённой структурой и жёсткими требованиями к надёжности электроснабжения. Энергоузлы, объединяющие источники генерации, распределительные устройства и нагрузки, являются ключевыми элементами энергосистем различного масштаба. Усложнение режимов работы и рост установленной мощности повышают вероятность возникновения аварийных и предаварийных ситуаций, способных привести к значительным экономическим потерям.

Для предотвращения развития аварий в энергосистемах широко применяются устройства противоаварийной автоматики, предназначенные для автоматического выяв-

ления опасных режимов и формирования управляющих воздействий, направленных на сохранение устойчивости и работоспособности энергоузлов. Требования к структуре, функциям и надёжности противоаварийной автоматики регламентируются действующими нормативными документами Российской Федерации [1, 3].

Особое место в структуре противоаварийной автоматики занимают пусковые органы, формирующие сигналы о необходимости перехода к аварийному циклу управления. Среди них выделяются особые пусковые органы, предназначенные для выявления наиболее критических и специфических режимов работы. Ошибки при обработке их сигналов могут приводить как к несрабатыванию автоматики при реальной угрозе, так и к ложным отключениям оборудования, что недопустимо для энергоузлов с ответственными потребителями [1].

Целью статьи является анализ принципов обработки сигналов особого пускового органа устройством противоаварийной автоматики энергоузла и выявление факторов, влияющих на надёжность и селективность его работы.

1. Роль особого пускового органа в структуре УПАЭ

Устройство противоаварийной автоматики энергоузла представляет собой программно-аппаратный комплекс, реализующий селективное автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистемы. Центральным элементом перехода от доаварийного режима к аварийному циклу является пусковой орган.

Особый пусковой орган отличается от классических защит тем, что реагирует на критические комбинации параметров режима и их динамику, а не на превышение одного параметра. Применение многокритериальных пусковых органов соответствует современным требованиям к противоаварийной автоматике энергосистем и направлено на повышение устойчивости энергосистемы в аварийных режимах [1].

2. Источники входной информации особого пускового органа

Входная информация особого пускового органа формируется на основе телеметрий, телесигналов, а также сигналов от внешних устройств релейной защиты и автоматики. Разнородность входных данных требует их предварительной обработки и согласования.

Телеметрии характеризуют режим работы энергоузла и вводятся как через аналоговые измерительные каналы, так и в цифровом виде. Телесигналы отражают состояние оборудования и схемы сети. Требования к достоверности входной информации, резервированию каналов и устойчивости работы устройств автоматики при отказах отдельных элементов регламентированы нормативными документами в области релейной защиты и противоаварийного управления [2, 3].

3. Предварительная обработка сигналов

Предварительная обработка сигналов особого пускового органа направлена на исключение влияния помех, переходных процессов и недостоверных измерений. Она включает фильтрацию, временные выдержки и контроль достоверности каналов ввода.

Контроль исправности измерительных каналов и использование выдержек времени позволяют снизить вероятность ложных срабатываний и обеспечить выполнение требований к надёжности противоаварийной автоматики [1, 2].

4. Логические и временные алгоритмы обработки

Логическая обработка сигналов особого пускового органа основана на анализе совокупности условий, опреде-

ляющих факт наступления аварийного режима. Использование логических комбинаций параметров позволяет повысить селективность противоаварийной автоматики и исключить необоснованные управляющие воздействия.

Временные алгоритмы учитывают длительность существования опасного режима и скорость изменения параметров, что позволяет отличать устойчивые аварийные режимы от кратковременных возмущений. Применение таких алгоритмов соответствует нормативным требованиям к функционированию устройств противоаварийной автоматики и ЛАПНУ [1, 2].

5. Обработка особого пускового органа в режимах ЦСПА и ЛАПНУ

УПАЭ может функционировать в составе централизованной системы противоаварийной автоматики. В режиме ЦСПА при поступлении сигналов пусковых органов осуществляется выдача управляющих воздействий по таблицам управляющих воздействий ЦСПА в пределах интервала квазидновременности, после чего устройство переходит в состояние мёртвой зоны.

По окончании мёртвой зоны УПАЭ работает в режиме локальной автоматики предотвращения нарушения устойчивости, используя таблицы управляющих воздействий ЛАПНУ. После завершения аварийного цикла и перерасчёта управляющих воздействий устройство возвращается в режим ЦСПА, что соответствует нормативным принципам организации централизованного и локального противоаварийного управления [1–3].

В отличие от других пусковых органов, особый ПО всегда обрабатывается по таблицам управляющих воздействий ЛАПНУ, независимо от текущего режима работы УПАЭ. Это обусловлено тем, что особый пусковой орган предназначен для выявления наиболее критических и специфических режимов, требующих гарантированного и однозначного реагирования.

При поступлении сигнала особого пускового органа УПАЭ немедленно реализует управляющие воздействия, предусмотренные в ТУВ ЛАПНУ, и после этого автоматически переводится в режим работы ЦСПА. Такой механизм позволяет, с одной стороны, обеспечить мгновенное локальное противоаварийное воздействие, а с другой — инициировать централизованный перерасчёт управляющих воздействий для последующих этапов управления, что обеспечивает гарантированное быстродействие и надёжность управления в наиболее критических режимах [1].

6. Надёжность и отказоустойчивость

Для обеспечения отказоустойчивости в УПАЭ применяются резервирование, взаимный контроль полукомплектов и средства диагностики. Эти меры позволяют сохранять корректность работы противоаварийной автоматики при частичных отказах и соответствуют требованиям нормативных документов [2, 3].

Заключение

В статье выполнен анализ обработки сигналов особого пускового органа устройством противоаварийной автоматики энергоузла. Показано, что особый пусковой орган является ключевым элементом выявления наиболее опасных аварийных режимов и инициирования противоаварийных управляющих воздействий.

Литература:

1. ГОСТ 34045–2023. «Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования».
2. ГОСТ Р 55105–2019. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования».
3. ГОСТ Р 59979–2022. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства локальной автоматики предотвращения нарушения устойчивости. Нормы и требования».

Установлено, что надёжность и селективность работы УПАЭ обеспечиваются за счёт многоэтапной обработки входной информации и использования логико-временных алгоритмов. Рассмотренные принципы функционирования устройства соответствуют действующим нормативным требованиям в области автоматического противоаварийного управления режимами энергосистем [1, 2].

Проектирование устройства определения направления на источник звука

Картавый Евгений Сергеевич, студент магистратуры
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

В данной статье выполнено обоснование актуальности и представлены результаты проектирования устройства определения направления на источник звука на уровне структурной схемы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания компактных и энергоэффективных систем звукометрической разведки, обеспечивающих автоматическое обнаружение и локализацию источников акустических сигналов в условиях ограниченной видимости или для задач автоматического наведения. Решением данной проблемы является проектирование программируемого устройства на основе микроконтроллера, обеспечивающего секторное сканирование пространства с помощью трех микрофонных модулей, определение угла с максимальной интенсивностью звука, позиционирование в заданном направлении с помощью сервомотора и передачу данных измерений по беспроводному интерфейсу.

Ключевые слова: звукометрическая локация, определение направления, акустический датчик, микрофонный массив, микроконтроллерное управление, сервопривод, Bluetooth-интерфейс, секторное сканирование, обработка сигналов.

Проектирование систем определения направления на источник звука представляет собой актуальную задачу, направленную на повышение возможностей систем безопасности, робототехники, биоакустики и интеллектуального видеонаблюдения [1]. Современные исследования подтверждают, что традиционные методы визуального наблюдения обладают существенным недостатком — зависимостью от условий освещенности и прозрачности среды. В отличие от них, пассивные акустические системы, основанные на анализе сигналов от массива микрофонов, позволяют обнаруживать и классифицировать объекты по их акустическим сигнатурам в любое время суток и в сложных метеоусловиях [2]. Актуальность разработки заключается в создании автономного устройства, способного в реальном времени анализировать акустическую обстановку, определять направление на наиболее

мощный источник звука и обеспечивать возможность дистанционного контроля.

Устройство определения направления на источник звука является прибором, решающим задачу пассивной пространственной локации по акустическому признаку. Целью настоящего исследования является проектирование программируемого микроконтроллерного устройства, обеспечивающего автоматическое сканирование заданного сектора, сравнение уровней сигнала на входах и позиционирование поворотного механизма в направлении предполагаемого источника. Актуальность исследования обусловлена тем, что существующие коммерческие решения часто представляют собой сложные и дорогостоящие стационарные системы либо не обладают необходимой мобильностью и простотой интеграции. Одним из эффективных решений обозначенной проблемы является

ется проектирование компактного устройства на основе доступной микроконтроллерной платформы.

Предлагаемое устройство должно реализовывать следующие функции:

- 1) определение направления на источник звука в режиме секторного сканирования путем пошагового поворота сервомотора и анализа данных с микрофонных модулей;
- 2) автоматический поиск и фиксация угла, соответствующего направлению с максимальным уровнем звукового сигнала, на основании алгоритма сравнения амплитуд;

3) передачу результатов измерений (текущий угол, уровень сигнала) на смартфон или систему верхнего уровня по беспроводному интерфейсу Bluetooth по запросу;

4) питание всех компонентов системы от сетевого напряжения переменного тока 230 В.

Структурная схема предлагаемого устройства, удовлетворяющего обозначенным функциональным требованиям, представлена на рис. 1. Центральным управляющим элементом системы является микроконтроллер [3],

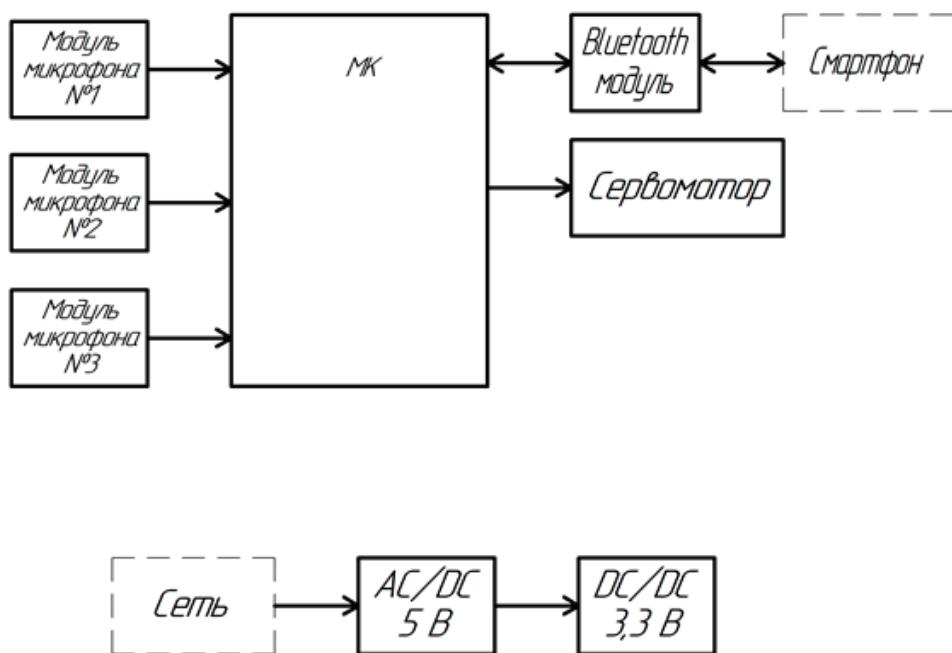


Рис. 1. Структурная схема устройства определения направления на источник звука

который координирует работу всех периферийных модулей и реализует алгоритм локации.

Акустический блок состоит из трех идентичных микрофонных модулей (Модуль микрофона № 1, № 2, № 3), закрепленных на неподвижной платформе в определенной геометрической конфигурации (например, линейной или треугольной). Каждый модуль включает в себя электретный микрофон, усилитель и АЦП, и подключен к отдельному аналоговому или цифровому входу микроконтроллера. Синхронное или квазисинхронное измерение уровня сигнала с трех точек позволяет оценить разность амплитуд и, соответственно, определить сторону, с которой приходит звуковая волна.

Исполнительный блок представлен сервомотором, на валу которого закреплена поворотная платформа с акустическим блоком. Микроконтроллер формирует ШИМ-сигнал для управления углом поворота сервопривода, реализуя алгоритм секторного сканирования: последовательное позиционирование в ряд дискретных точек и опрос микрофонов в каждой из них.

Блок связи и интерфейсов включает в себя Bluetooth-модуль, подключенный к микроконтроллеру через по-

следовательный интерфейс UART [4]. Модуль работает в режиме подчиненного устройства, ожидая запроса от главного устройства (смартфона). По получению команды, микроконтроллер передает пакет данных, содержащий текущий угол поворота и массив значений уровней сигнала.

Цепь питания устройства представляет собой совокупность преобразователей. Сетевой AC/DC преобразователь формирует из напряжения 230 В постоянное стабилизированное напряжение +5 В, необходимое для питания микроконтроллера, сервомотора и микрофонных модулей. Далее, DC/DC преобразователь (линейный стабилизатор или импульсный понижающий преобразователь) понижает напряжение +5 В до +3.3 В для питания низковольтного Bluetooth-модуля.

Таким образом, предложена структура устройства пассивного акустического определения направления, представленная соответствующей структурной схемой, на которой отражены ключевые функциональные модули и интерфейсы взаимодействия. Разработанное устройство позволяет автоматически сканировать пространство, локализовывать направление на наиболее активный источник звука и предоставлять данные для внешнего

мониторинга, что способствует расширению функциональных возможностей систем автоматики, безопасности

и роботизированных комплексов, работающих в условиях акустически значимой окружающей среды.

Литература:

1. Безопасность технологических процессов и оборудования: учебное пособие для вузов / Э. М. Люманов, Г. Ш. Ниметулаева, М. Ф. Добролюбова, М. С. Джияджи. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 224 с.
2. Лобов, Д. Г. Системы автоматического регулирования: учебное пособие / Д. Г. Лобов, Е. А. Гонтовой, Д. Б. Пономарев. — Омск: ОмГТУ, 2023. — 120 с.
3. Мартин Т. Микроконтроллеры Atmega. Семейство микроконтроллеров AVR. Вводный курс. — М.: изд. Додэка-XXI, 2010. — 296 с.
4. Калачев, А. В. Основы работы с технологией Bluetooth Low Energy / А. В. Калачев, М. В. Лапин, М. Е. Пелихов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 224 с.

Конструкция и технические характеристики тягового синхронного генератора с интегрированным бесщеточным возбудителем

Комиссаров Владислав Александрович, студент;

Сапитон Данил Анатольевич, студент

Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

Введение

На тепловозе нового поколения 2ТЭ35А (рисунок 1) разработанном на основании технических требований для Восточного полигона впервые в практике отечественного электромашиностроения применен тяговый генератор ГСТ-3505-1800 У2. Одной из особенностей которого является отсутствие щеточного узла, одноопорное исполнение и возможность замены подшипника без снятия генератора с тепловоза.

Тяговый генератор с вращающимся выпрямителем ГСТ-3505-1800 представляет собой синхронный тяговый генератор переменного тока с номинальной мощностью 3505 кВт.

Особенности устройства тягового синхронного генератора с вращающимся выпрямителем

Тяговый генератор (рисунок 2) предназначен для комплектации тягового привода и служит для преобразования механической энергии дизельного двигателя тепловоза в электрическую, для питания через преобразователь тяговых асинхронных электродвигателей и вспомогательных нужд магистрального грузового тепловоза нового поколения с адаптивной системой управления. Конструкция представляет собой восьмиполюсную электрическую машину с явно выраженным полюсами. Обмотка статора генератора выполнена в виде двух трехфазных звезд со сдвигом на 30 эл. градусов с силовым выводом нулевых



Рис. 1. Тепловоз 2ТЭ35А



Рис. 2. Тяговый синхронный генератор ГСТ-3505-1800 У2

точек. Обмотка возбуждения генератора питается от бесщеточного возбудителя, расположенного на валу ротора.

Генератор (рисунок 3) состоит из следующих основных частей: корпуса, статора, ротора, подшипнико-

вого щита с подшипником, бесщеточного возбудителя с якорем на валу ротора. Основные параметры тягового генератора с вращающимся выпрямителем представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры генератора

Наименование параметра	Значение
Мощность активная номинальная, кВт	3505
Частота вращения номинальная, с ⁻¹ (об/мин)	30/1800
Напряжение линейное номинальное, В	797
Ток статора фазный, А	2×1380
КПД при номинальной мощности, не менее, %	96

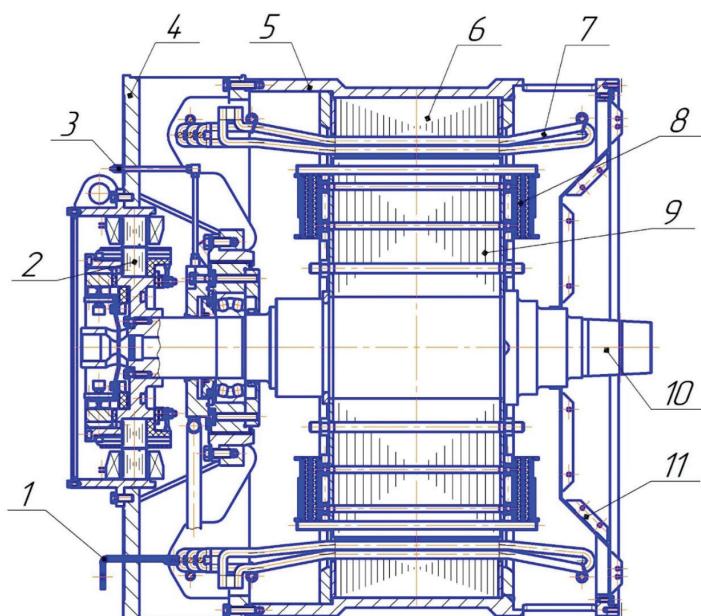


Рис. 3. Общий вид генератора в разрезе

1 — выводы обмотки статора; 2 — якорь возбудителя; 3 — масленка; 4 — щит подшипниковый; 5 — корпус; 6 — сердечник статора; 7 — обмотка статора; 8 — обмотка ротора; 9 — сердечник ротора; 10 — вал ротора; 11 — щит передний

Возбуждение генератора осуществляется от бесщеточного возбудителя ВБД-16,8-1800 У2, характеристики которого указаны в таблице 2, включающего статор с якорем и выпрямитель (рисунок 4).

Возбудитель является синхронной электрической машиной с диодным вращающимся выпрямителем, в которой управление током возбуждения генератора осуществляется через расположенную на статоре возбудителя обмотку.

Выпрямитель соединен с обмоткой ротора генератора, с помощью соединительных проводов, через отверстие внутри вала ротора. Вентиляция возбудителя — принудительная от системы вентиляции генератора. Якорь охлаждается воздухом, проходящим через аксиальные каналы в сердечнике якоря и по воздушному зазору между якорем и индуктором.

Индуктор охлаждается воздухом, проходящим между полюсами и по воздушному зазору между якорем и индуктором.

В состав возбудителя входят радиаторы, которые служат для установки и электрического соединения элементов схемы возбудителя и для охлаждения диодов, размещенных на внутренней поверхности ступицы и изолированы от ступицы и друг друга. На каждом радиаторе установлены диоды прямой и обратной полярности одного плача выпрямителя и два блока RC с нелинейными резисторами.

Диоды крепятся к радиатору стальными нажимными рамками. Под диодом установлены специальные прокладки для обеспечения лучшего теплового электрического контакта. Резисторы и конденсаторы возбудителя блока RC собраны в отдельную колодку и залиты эпоксидным компаундом (рисунок 5).

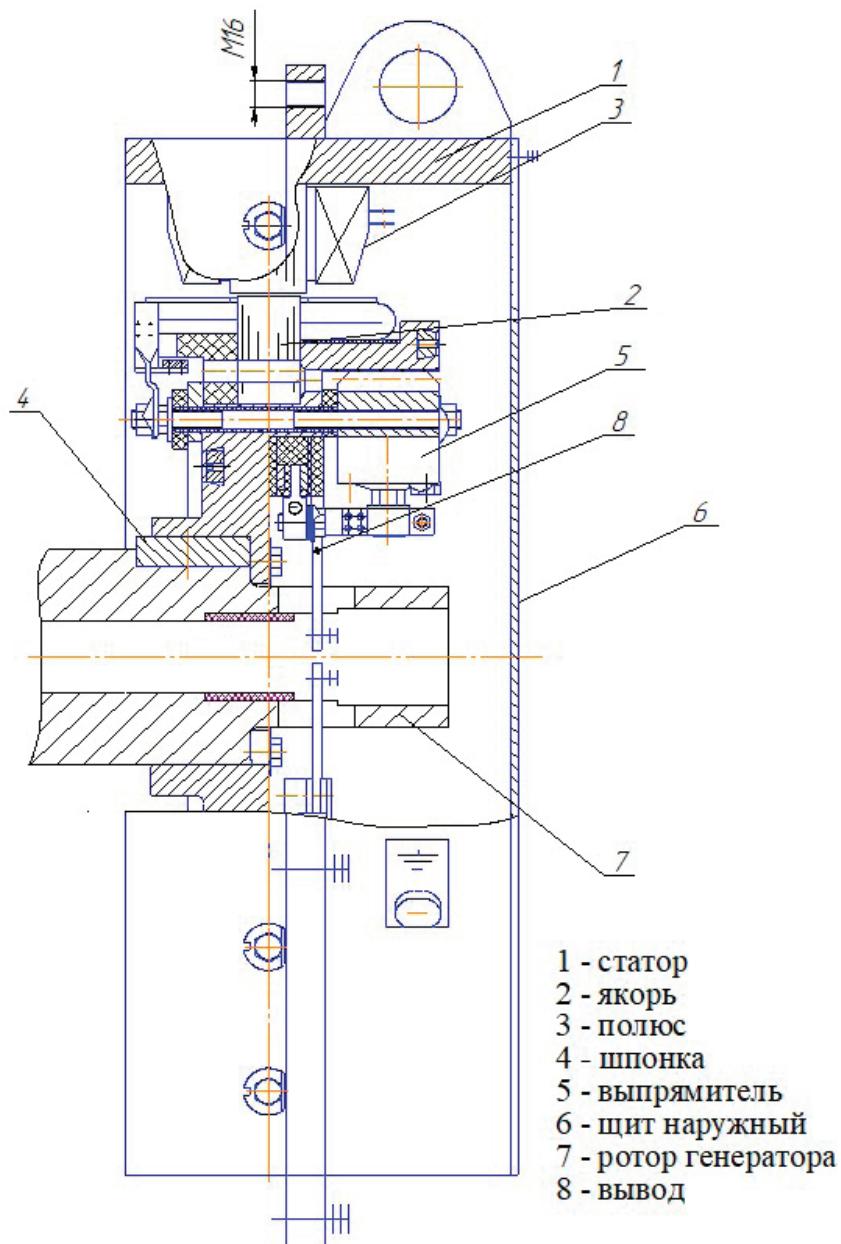
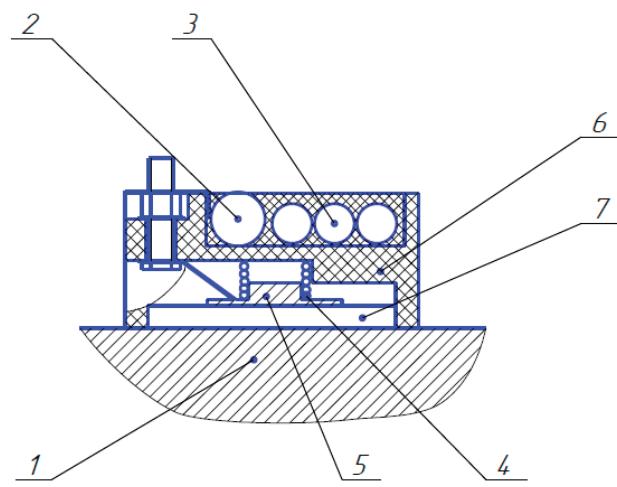


Рис. 4. Возбудитель ВБД-16.8-1800 У2

Таблица 2. Номинальные данные возбудителя

Наименование параметра	Значения	
	Для возбудителя	Для номинального режима генератора
Номинальная выпрямленная мощность, кВт	16,8	13,9
Номинальное выпрямленное напряжение якоря при 1800 об/мин, В	154	140
Номинальный выпрямленный ток якоря, при 1800 об/мин, А	109	99
Напряжение якоря, выпрямленное при 650 об/мин, В	105	95,5
Ток якоря выпрямленный при 650 об/мин, А	76	69
Максимальная частота вращения якоря, об/мин	1980	
Масса статора, кг	155	
Масса якоря, кг	134	
Масса возбудителя, кг	300	



1 – радиатор
 2 – конденсатор R-C цепи
 3 – резистор R-C цепи
 4 – пружина
 5 – втулка
 6 – колодка
 7 – нелинейный резистор

Рис. 5. Блок RC и RU

В нижней части блока RC имеется полость для установки таблеточного нелинейного резистора. В целях предохранения от механических повреждений нелинейный резистор фиксируется с помощью пружины.

Статор (рисунок 6) выполнен в виде сварной станины с закрепленными на неё 16 полюсами. Сердечники полюсов набраны из листов электротехнической стали и стянуты заклепками. Катушки полюсов намотаны медным проводом прямоугольного сечения и соединены последовательно (попарно, встречено) выводами с образованием обмотки возбуждения возбудителя. С наружной стороны статор закрыт цельным щитом.

Якорь (рисунок 7) состоит из сердечника, шихтованного из листов электротехнической стали и закрепленного на ступице шпонкой, диском нажимным и трехфазной обмотки, уложенной в пазы сердечника и закрепленной изоляционными клиньями. Лобовые части обмотки прибан-

дажированы к диску нажимному с одной стороны и к ступице с другой стороны, бандажной лентой, предохраняющей обмотку от разрушения под действием центробежных сил.

Якорь закрепляется на нерабочем конце ротора генератора, центрируется на роторе по посадке движения H7/g6 в системе отверстия, фиксируются от поворота призматической шпонкой и закрепляются шестью стальными болтами M16.

Заключение

Анализ технических решений и параметров тяговых электрических машин показывает, что в настоящее время благодаря усилиям инженерно-техническим и производственным возможностям наметился научно-технический скачок в развитии тяговых электроприводов. Тяговый ге-



Рис. 6. Статор возбудителя



Рис. 7. Якорь возбудителя

нератор является стратегически важным компонентом в системе силового привода локомотива. Более того, тяговый генератор ГСТ 3505 полностью локализован на российском предприятии, в конструкцию которого заложены отечественные ноу-хай. Это важный шаг нашего железнодорожного машиностроения в сторону независимости от

импортных компонентов. Создание электрических машин с конструкцией отличных от «классических» подходов, в части отсутствия щёточного узла сокращает расходы на техническое обслуживание и ремонт тягового подвижного состава, что повышает надёжность и способствует бесперебойной работе железнодорожного транспорта.

Литература:

- Грищенко А. В. Новые электрические машины локомотивов / А. В. Грищенко, Е. В. Козаченко — Учеб.-метод. центр по образованию на ж.д. трансп., 2008—270 с.
- Асинхронный тяговый привод локомотивов: учеб. Пособие / А. А. Андрющенко, Ю. В. Бабков, А. А. Зарифьян и др.; под ред. А. А. Зарифьяна. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — 412 с.
- Логинова Е. Ю. Электрическое оборудование локомотивов: учебник. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — 576 с.
- Луков Н. М., Космодамианский А. С. Автоматические системы управления локомотивом — М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007. — 429 с.
- Стрекопытов В.В, Грищенко А. В., Крученко В. А. Электрические передачи локомотивов: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.В, Стрекопытова. — М.: Маршрут, 2003. — 310 с.
- Теория и конструкция локомотивов: учебник для вузов ж. –д. транспорта / Г. С. Михальченко, В. Н. Кашников, В. С. Косов, В. А. Симонов; под ред. Г. С. Михальченко. — М.: Маршрут, 2006. — 584 с.

Ремонт скважин под давлением

Мухитдинов Азамилдин, студент магистратуры

Научный руководитель: Мустафаев Алишер Сайфуллаевич, профессор
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Узбекистан)

В условиях интенсификации добычи и перехода к разработке месторождений с осложненными геологическими условиями (низкопроницаемые коллекторы, пониженное пластовое давление, высокая трещиноватость) традиционные технологии капитального ремонта скважин (КРС) с глушением демонстрируют свою недостаточную эффективность. Глушение зачастую приводит к ряду негативных последствий: снижению фазовой проницаемости пласта из-за увеличения водонасыщенности, набуханию глинистых минералов, образованию солевых отложений и рискам неконтролируемого поглощения технологических жидкостей. Это наносит ущерб фильтрационно-емкостным свойствам призабойной зоны и ведет к снижению продуктивности скважины после ремонта.

Repair of wells under pressure

In the context of intensified production and the transition to the development of fields with complex geological conditions (such as low-permeability reservoirs, reduced formation pressure, and high fracture density), traditional workover technologies with well killing are proving insufficient. Well killing often leads to a number of negative consequences: a reduction in the relative permeability to oil due to increased water saturation in the bottomhole zone, swelling of clay minerals, formation of hard-soluble salt deposits, and the risk of uncontrolled absorption of treatment fluids. This damages the filtration-capacity properties of the bottomhole formation zone and leads to a loss of well productivity after workover.

Освоение и ремонт скважин по классическим технологиям с глушением продуктивного пласта является долговременным процессом, требует сложного комплекса оборудования, значительных затрат времени, труда и средств. Его главный недостаток — высокая вероятность кольматации порового пространства продуктивного пласта со всеми вытекающими последствиями. Кроме того, не всегда удается получить положительный результат проведенных работ. Нередки случаи, когда производительность отремонтированной скважины после глушения оказывалась меньше, чем до ремонта; еще чаще бывает необходим достаточно длительный период времени, в течение которого скважина возвращается к ра-

боте в стабильном режиме. Особенно это касается многокомпонентного фонда эксплуатируемых газовых скважин с аномально низким пластовым давлением.

В условиях интенсификации процессов добычи углеводородов проблема технологического глушения скважин приобретает первостепенное значение для обеспечения эффективной эксплуатации нефтегазовых месторождений. Данная операция является критически важной составляющей комплекса технологических мероприятий, направленных на проведение капитального и текущего ремонта скважин, а также на осуществление геолого-технических мероприятий по восстановлению продуктивности скважинного фонда.

Современное состояние нефтегазодобывающей отрасли характеризуется постепенным истощением легкодоступных запасов углеводородов и переходом к разработке месторождений с осложненными горно-геологическими условиями. В этих условиях особое значение приобретает совершенствование технологий глушения скважин, поскольку от качества проведения данной операции напрямую зависит сохранность фильтрационно-емкостных характеристик призабойной зоны пласта и, как следствие, продуктивность скважин после проведения ремонтных работ.

Анализ существующих технологических решений в области глушения скважин свидетельствует о наличии ряда существенных проблем. Прежде всего это связано с риском снижения фазовой проницаемости по нефти вследствие увеличения водонасыщенности в призабойной зоне пласта. Дополнительными факторами, осложняющими процесс глушения, являются процессы набухания глинистых минералов, образование труднорастворимых солевых отложений, возможность газопроявлений при проведении ремонтных работ, а также неконтролируемое поглощение технологических жидкостей продуктивным пластом.

Экономическая составляющая проблемы глушения скважин определяется значительными финансовыми затратами на проведение ремонтных работ и последующее восстановление продуктивности скважин. Эффективность данной технологической операции напрямую влияет на сохранность добывчного потенциала скважинного фонда, затраты на восстановление продуктивности после ремонта, общую рентабельность разработки ме-

сторождения и продолжительность простоев скважин в ремонте.

Особую актуальность проблема глушения приобретает при эксплуатации месторождений с повышенной трещиноватостью коллектора, объектов с пониженным пластовым давлением, скважин с высоким газовым фактором, а также при работе с низкопроницаемыми коллекторами. В данных условиях традиционные технологии глушения часто оказываются недостаточно эффективными, что обуславливает необходимость разработки и внедрения инновационных технических решений.

Современные тенденции развития технологий глушения направлены на создание новых блокирующих составов с регулируемыми реологическими свойствами, разработку полимерных систем с контролируемым поведением в пластовых условиях, внедрение методов щадящего глушения скважин. Перспективным направлением совершенствования технологий является прежде всего использование высокотехнологичной установки Snubbing unit, что позволяет существенно сократить время проведения различных операций на скважине. Благодаря этому уменьшается простой оборудования и минимизируются потери производственного времени, что напрямую влияет на увеличение общей эффективности работы. Экономическая выгода проявляется в нескольких ключевых аспектах. Во-первых, снижается потребность в дополнительном персонале и технике, так как Snubbing Unit автоматизирует многие процессы. Это приводит к сокращению фонда оплаты труда и уменьшению затрат на обслуживание оборудования.

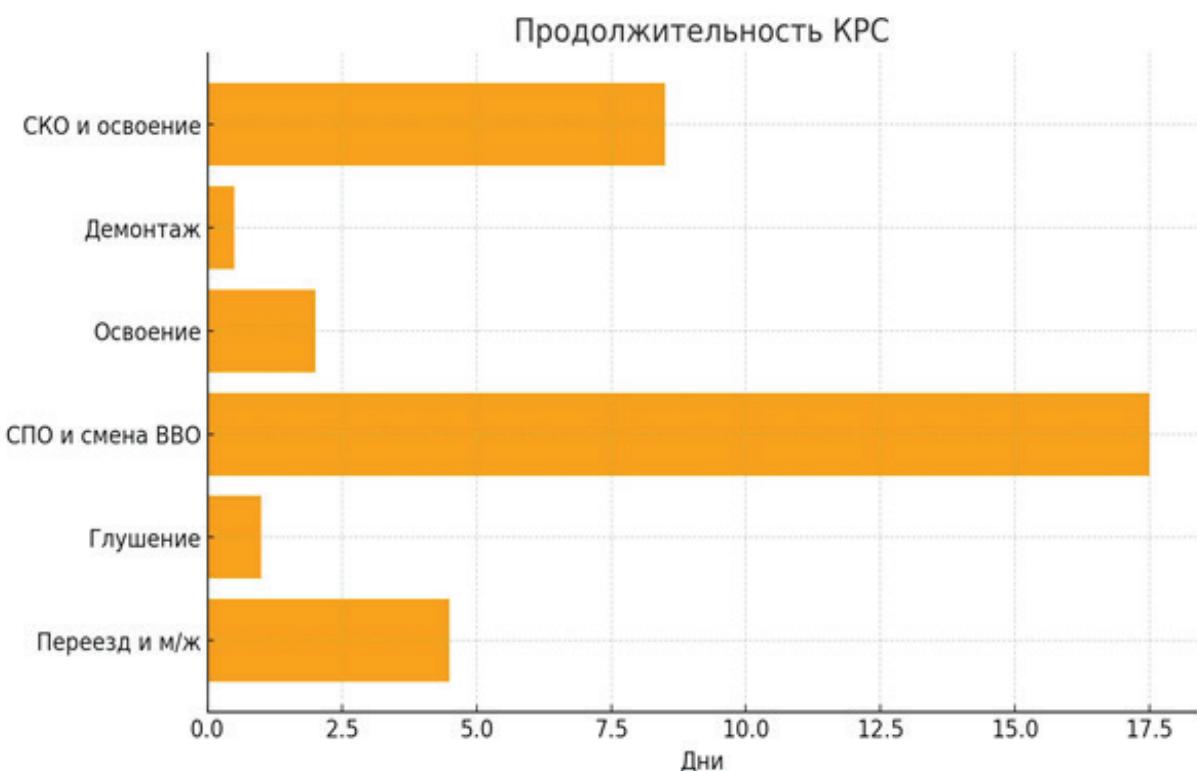


Рис. 1. Продолжительность традиционного КРС

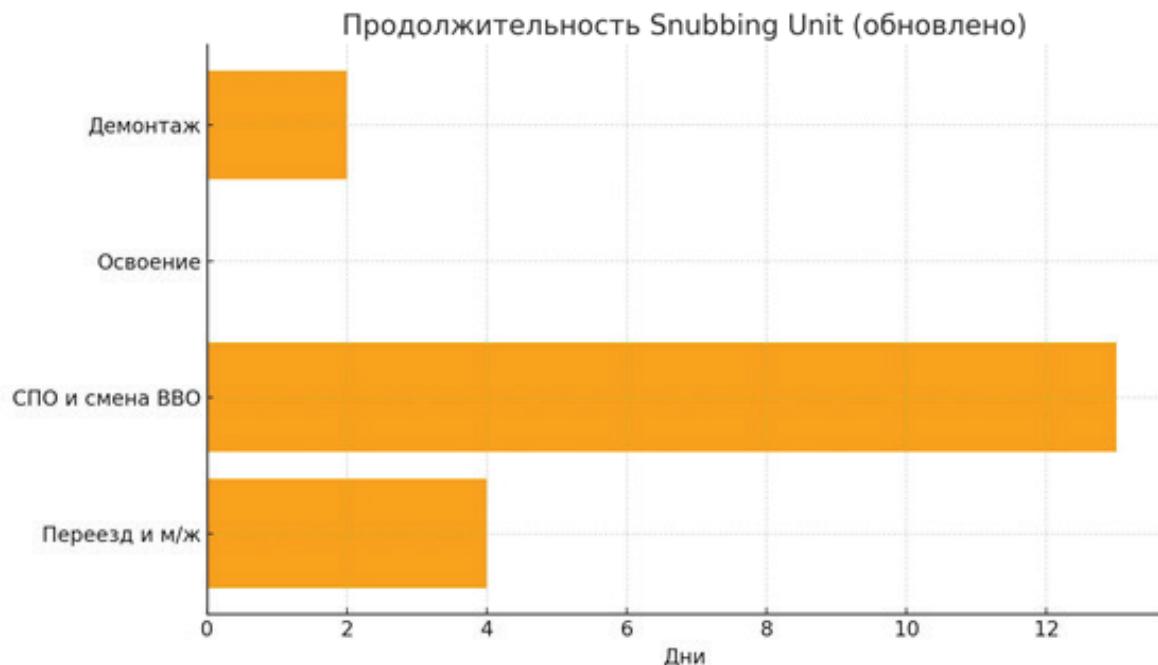


Рис. 2. Продолжительность ремонта с помощью Snubbing Unit

Во-вторых, применение Snubbing Unit позволяет существенно снизить риски аварийных и нештатных ситуаций. Это уменьшает затраты на ликвидацию возможных последствий и предотвращает потери продукции. Кроме того, повышается безопасность производственного процесса, что снижает расходы на страхование и компенсации.

Оптимизация также затрагивает логистические аспекты работы. Snubbing Unit позволяет проводить множе-

ство операций без необходимости демонтажа и повторной установки оборудования, что сокращает транспортные расходы и затраты на монтаж и демонтаж.

Технология демонстрирует высокую экономическую эффективность прежде всего за счет радикального сокращения сроков проведения работ и исключения целого ряда дорогостоящих и трудоемких операций, характерных для традиционных методов ремонта скважин.

Литература:

1. Патент US 10,465,445 B2. System and Method for Snubbing Operation. — Halliburton Energy Services, Inc. — Pub. Date: Nov. 5, 2019.
2. Сайт общества инженеров-нефтяников (SPE): OnePetro — электронная библиотека. — URL: <https://onepetro.org> (дата обращения: 17.05.2024).
3. Snubbing Units In Oil & Gas Field. — Текст : электронный // Drilling Manual : [сайт]. — URL: <https://www.drillingmanual.com/snubbing-units/#h-hydraulic-workover-operations-hwo> (дата обращения: 19.12.2025).
4. Snubbing Unit. — Текст : электронный // Jereh : [сайт]. — URL: <https://www.jereh-pe.com/en/products/drilling-and-workover-equipment/snubbing-unit> (дата обращения: 19.12.2025).
5. Snubbing Unit. — Текст : электронный // Nov : [сайт]. — URL: <https://www.nov.com/products/snubbing-unit> (дата обращения: 19.12.2025).

Влияние реологических свойств праймера на кинетику вторичной карбонизации и стойкость пены пива

Смургина Алина Анатольевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Кротова Ольга Евгеньевна, доктор биологических наук,

кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

В статье представлены результаты экспериментального исследования влияния реологических свойств праймерных растворов на кинетику вторичной карбонизации и показатели стойкости пены пива. В качестве праймеров рассматривали растворы декстрозы и солодового экстракта в дозировках 4, 6 и 8 г·л⁻¹. Измеряли вязкость праймерных смесей, динамику накопления растворённого CO₂ и параметры пены (время полураспада T_{1/2}). Установлено, что повышение вязкости праймера замедляет накопление CO₂ и одновременно повышает устойчивость пены. Солодовый экстракт показал наилучшие пенометрические характеристики при 8 г·л⁻¹ (T_{1/2} ≈ 145 с), тогда как декстроза при 6 г·л⁻¹ обеспечивает быструю карбонизацию, сопоставимую с принудительной подгазовкой. Полученные данные полезны для технологической оптимизации бутылочного дображивания на крафтовых и промышленных пивоварнях.

Ключевые слова: пиво, праймер, вторичная карбонизация, реология, вязкость, пеностойкость.

Введение

Вторичная (праймерная) карбонизация — распространённый промышленный и крафтовый приём получения естественной газированности пива при розливе [1,2]. Традиционно при выборе праймера и дозировки основное внимание уделяют расчёту требуемого объёма CO₂ при розливе [8]. Однако реологические свойства праймерных растворов (вязкость, псевдопластичность) влияют на равномерность их распределения в пиве, скорость диффузии сахаров к дрожжевым клеткам и выход CO₂, что в совокупности определяет кинетику дображивания и формирование пенной структуры [3,4]. Несмотря на практическую значимость, влияние реологических параметров праймеров на кинетику карбонизации и пенопаттерны системно изучено недостаточно.

Научная новизна данной работы состоит в комплексной экспериментальной оценке влияния вязкости праймеров (на примере декстрозы и солодового экстракта) на кинетику вторичной карбонизации и характеристики пены, а также в обосновании технологических рекомендаций для разных производственных сценариев [3].

Обзор литературы

В литературных источниках роль белково-пептидного состава пива, наличие соединений LTP1 и Protein Z, а также полифенолов, широко признана как ключевой фактор, определяющий пеностойкость [4,6]. Практические руководства по карбонизации описывают использование декстрозы, солодового экстракта и других примесей в качестве праймеров, но систематических исследований влияния их реологии на кинетику карбонизации сравнительно немного. Некоторые работы описывают влияние вязкости растворов сахаров на массообмен и динамику движения пузырьков в жидкости; прочие — влияние белкового состава на стабильность пены. Необходима комплексная оценка: связывание измеренной вязкости, кинетики накопления CO₂ и показателей пены в единой экспериментальной системе.

Материал и подготовка образцов

В качестве исходного продукта использовали одну партию светлого пива после основного брожения (партия 20 л). Пиво разливали по 0,5 л бутылкам. Праймеры готовили как 20 %-ные (по массе) растворы декстрозы и сухого солодового экстракта; растворы нагревали до ≈ 40 °C для ускорения растворения и снижения вязкости при смешении. Дозировки праймеров: 4, 6 и 8 г·л⁻¹ [3]. Контроль: образцы без праймера и образцы с принудительной подгазовкой (контроль CO₂).

Условия выдержки

Бутылки герметично укупоривали и выдерживали при температуре (18 ± 1) °C в течение 14 сут.

Измерения.

— Вязкость праймеров: ротационный вискозиметр, измерения при 20 °C, приведены как средние трёх повторностей (± SD) [3,5].

- Карбонизация (CO_2): содержание растворённого CO_2 определяли манометрическим/весовым методом (изменение вытеснения газа при открывании пробы) на дни 0, 1, 3, 7, 10, 14; данные приведены как средние ($n=3$) [5].
- Пенометрия: DFA-пенометр; фиксировали время полураспада пены $T_{1/2}$ (в секундах), три повторности [5].
- Органолептика: слепая дегустация (5–7 экспертов), балльная шкала 1–5.
- Статистика: двухфакторный ANOVA (факторы: тип праймера, доза), пост-хос тест Тьюки; уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

1. Анализ реологических характеристик (Таблица 1)

Таблица 1. Вязкость праймерных растворов при 20 °C (мПа·с)

Тип праймера	Доза, г·л ⁻¹	Вязкость, мПа·с (среднее ± SD)
Декстроза	4	1,12 ± 0,03
Декстроза	6	1,18 ± 0,04
Декстроза	8	1,25 ± 0,05
Солодовый экстракт	4	1,46 ± 0,04
Солодовый экстракт	6	1,61 ± 0,05
Солодовый экстракт	8	1,78 ± 0,06

Интерпретация. Таблица 1 демонстрирует однозначное и статистически значимое ($p < 0,05$) отличие вязкости: растворы солодового экстракта при прочих равных условиях обладают более высокой вязкостью, чем растворы декстрозы. Это объясняется наличием в экстракте декстринов и белково-пептидных фракций, которые повышают внутреннее трение жидкости [4,6]. С точки зрения технологического процесса, более высокая вязкость праймера замедляет массовый перенос сахаров и может влиять на равномерность старта дробривания в розливной таре.

2. Кинетика накопления растворённого CO_2 (Таблица 2)

Таблица 2. Динамика концентрации растворённого CO_2 (г·л⁻¹) на 7-е и 14-е сутки при дозе 6 г·л⁻¹ (среднее, $n=3$)

Тип праймера	CO_2 на 7-е сутки, г·л ⁻¹	CO_2 на 14-е сутки, г·л ⁻¹
Декстроза (6 г·л ⁻¹)	4,3 ± 0,2	4,9 ± 0,2
Солодовый экстракт (6 г·л ⁻¹)	3,8 ± 0,2	4,7 ± 0,2
Контроль (без праймера)	2,1 ± 0,1	2,3 ± 0,1

Интерпретация. При дозе 6 г·л⁻¹ декстроза обеспечивает более интенсивное образование CO_2 на ранних стадиях дробривания (7-е сутки) по сравнению с солодовым экстрактом. К 14-м суткам различия уменьшаются, но декстроза даёт немного более высокий конечный уровень CO_2 . Это связано с высокой сбраживаемостью моносахаридов (декстрозы) и более низкой вязкостью её раствора, что обеспечивает более быструю доступность субстрата для дрожжей [3,7]. Солодовый экстракт, содержащий менее сбраживаемые компоненты, обеспечивает более плавный, пролонгированный профиль карбонизации. ANOVA показал значимость влияния типа праймера и дозы на содержание CO_2 ($p < 0,05$).

3. Пеностойкость: влияние типа и дозы праймера (Таблица 3)

Таблица 3. Время полураспада пены $T_{1/2}$ (с) при разных праймерах и дозах (среднее, $n=3$)

Тип праймера	Доза, г·л ⁻¹	$T_{1/2}$, с (среднее ± SD)
Декстроза	6	92 ± 5
Декстроза	8	98 ± 6
Солодовый экстракт	6	128 ± 7
Солодовый экстракт	8	145 ± 8

Интерпретация. Солодовый экстракт даёт существенно более высокие показатели пеностойкости по сравнению с декстрозой при тех же дозах (различия статистически значимы, $p < 0,01$). Механистически это объясняется наличием в экстракте белков и пептидов, а также полифенолов, которые адсорбируются на поверхности газовых пузырьков и уве-

личивают упругость и вязкость поверхностной плёнки, замедляя коалесценцию и разрушение пены. Для практиков это означает: при необходимости усиления визуальной привлекательности и удержания пены (например, в стаутах, нефильтрованных элях) целесообразно использование солодового экстракта или комбинированной схемы праймеров.

4. Органолептика и экономические аспекты

Органолептические оценки продемонстрировали, что при дозе 8 г·л⁻¹ образцы с мёдом и декстрозой получили высокие оценки за «чистоту вкуса» (4,8–4,9 балла), тогда как солодовый экстракт давал более выраженный солодовый букет (4,8 балла). С экономической точки зрения декстроза — наиболее дешёвый вариант праймера и эффективна для быстрого достижения требуемой карбонизации; солодовый экстракт дороже, но повышает ценность продукта за счёт улучшенной пены и вкусового характера [6,9].

5. Ограничение работы

Ограничением настоящей работы является лабораторный масштаб эксперимента и ограниченное число повторностей для некоторых комбинаций; для внедрения в промышленную практику рекомендуются пилотные испытания в кегах/танках и мониторинг поведенческих изменений пены при длительном хранении (месяцы). Перспективно провести углублённый анализ летучих ароматических соединений и их связи с профилями карбонизации и реологии праймеров.

Выводы и практические рекомендации

- Реологическое влияние праймера. Вязкость праймера существенно влияет на кинетику вторичной карбонизации: низковязкие решения (декстроза) повышают скорость накопления СО₂, а высоковязкие (солодовый экстракт) — замедляют скорость, но улучшают равномерность и стабильность процесса.
- **Пеностойкость.** Солодовый экстракт обеспечивает наилучшую пеностойкость ($T_{1/2} \approx 145$ с при 8 г·л⁻¹), декстроза — меньшую, но достаточную для технологических требований ($T_{1/2} \approx 92$ –98 с при 6–8 г·л⁻¹).
- Технологические рекомендации.

Для массовых лагеров и технологически быстрых линий: декстроза 6 г·л⁻¹ (растворять в тёплой воде 35–45 °C для снижения вязкости и равномерного смешения) [10,3]. Для крафтовых сортов с приоритетом пены и ароматики: солодовый экстракт 6–8 г·л⁻¹ или комбинированная схема (например, 4 г·л⁻¹ декстрозы + 4 г·л⁻¹ экстракта) для баланса скорости карбонизации и качества пены. Контроль температуры вторичного брожения (18–20 °C) и использование датчиков СО₂/вязкости рекомендуется для автоматизации и снижения технологических рисков.

Литература:

1. ГОСТ 31928–2012. Пиво. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2012. — Текст: непосредственный.
2. СанПиН 2.3.4.55196. Предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности. Пиво и безалкогольные напитки / Госкомсанэпиднадзор России. — М., 2006. — Текст: непосредственный.
3. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце. — 9-е немецкое издание. — СПб., 2007. — Текст: непосредственный.
4. Бриггс, Д. Э. Пивоварение: наука и практика / Д. Э. Бриггс, К. А. Боултон, П. А. Брукс, Р. Стивенс. — Кембридж: Woodhead Publishing, 2004. — 900 с. — Текст: непосредственный.
5. Хэдфилд, С. Ф. Практическое руководство по приготовлению и анализу пива в лаборатории / С. Ф. Хэдфилд, Г. Уокер. — Текст: непосредственный // Journal of Visualized Experiments. — 2022. — № 180.
6. Муравьёв, В. А. Технология пивоварения / В. А. Муравьёв. — М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. — Текст: непосредственный.
7. Сидоров, А. А. Исследование вторичной ферментации пива в зависимости от вида примеси сахара / А. А. Сидоров, Б. Б. Васильев. — Текст: непосредственный // Альманах пивоваренных наук. — 2020. — № 12. — С. 90–96.
8. Технология пивоварения: карбонизация пива. — Текст: электронный // DoctorGuber.ru: [сайт]. — URL: <https://www.doctorguber.ru/book/pivo/tehnologiya-pivovareniya/article-karbonizaciya-piva/> (дата обращения: 19.12.2025).
9. Карбонизация пива праймером: глюкозой и суслом. — Текст: электронный // Alcofan.com: [сайт]. — URL: <https://alcofan.com/kak-prigotovit-prajmer-dlya-piva.html> (дата обращения: 19.12.2025).
10. Что такое карбонизация пива и как её правильно провести. — Текст: электронный // Cosmogon.ru: [сайт]. — URL: <https://cosmogon.ru/school/urok-25/> (дата обращения: 19.12.2025).

Определение напряжений в грунте по прогибу пластины под действием собственного веса и дополнительной нагрузки

Тошмукумов Бехзод Жуманазар угли, аспирант

Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени М. Улугбека (Узбекистан)

В данной работе исследуется прогиб консольной пластины, жёстко защемлённой в одном конце, под действием собственного веса грунта и дополнительной пригрузки. На основе экспериментальных наблюдений и теоретических расчётов предложено экспоненциальное выражение, описывающее профиль прогиба пластины. Дифференцирование полученной зависимости позволяет определить соответствующее распределение напряжений, которое сопоставляется с классической формулой давления грунта по модели Кулона — Мора. Результаты исследования показывают, что экспоненциальная модель обеспечивает более точную оценку напряжений в грунте вблизи откосов и гибких подпорных стен, что подчёркивает её практическую значимость при проектировании и расчётах. Предложенный экспоненциальный подход может служить основой для дальнейших исследований, направленных на учёт динамических и сейсмических воздействий.

Ключевые слова: прогиб пластины, давление грунта, экспоненциальное уравнение, распределение напряжений, теория Кулона — Мора.

Введение

В геотехническом строительстве взаимодействие грунтовых массивов с конструктивными элементами имеет ключевое значение при оценке устойчивости сооружений. Под действием природных и техногенных нагрузок давление грунта вызывает изгиб и деформации пластин, а также формирование напряжённого состояния в конструкциях. Подобные явления наблюдаются в подпорных стенах, панелях откосов, фундаментных плитах и лабораторных моделях. Анализ деформаций позволяет получить достоверную информацию о совместной работе системы «грунт–сооружение» [1,4,5]. Классические методы определения давления грунта, основанные на теориях Кулона [2] и Ранкина [3], широко применяются в инженерной практике, однако во многих случаях они упрощённо отражают реальное распределение напряжений. В механике конструкций прогиб пластин определяется на основе дифференциальных уравнений с учётом граничных условий и характера нагрузок, после чего по функции прогиба оцениваются напряжения. Вместе с тем такие подходы не всегда учитывают нелинейные свойства грунта. Современные исследования показывают, что применение экспоненциальных зависимостей для описания прогиба пластин позволяет повысить точность оценки напряжённого состояния грунта при действии собственного веса и дополнительной нагрузки [13, 14]. В связи с этим анализ прогиба пластин и восстановление по нему распределения напряжений является актуальным и перспективным направлением исследований.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является теоретическое и экспериментальное исследование прогиба пластины под действием собственного веса грунта и дополнительной пригрузки, а также определение напряжений на основе функции прогиба с сопоставлением полученных результатов с классическими моделями механики грунтов. Для достижения поставленной цели в работе выполнены расчёт деформаций пластины на основе классического уравнения изгиба, разработка аналитической экспоненциальной зависимости, определение напряжённого состояния путём дифференцирования функции прогиба и сравнение результатов с традиционной зависимостью «давление–глубина». Оценена теоретическая и практическая значимость предложенного подхода и обоснована его применимость при решении современных геотехнических задач, включая расчёт устойчивости откосов, подпорных стен и пластиначатых конструкций.

Экспериментальные исследования и анализ результатов. Для оценки устойчивости откосов проведены модельные испытания в лабораторном плоском грунтовом лотке со стальной пластины, жёстко защемлённой в основании и свободной в верхней части. Такая схема моделирует работу подпорной стенки, воспринимающей давление грунта со стороны откоса. В ходе испытаний тыльная сторона пластины послойно заполнялась мелким песком и щебнем. Давление грунта формировалось за счёт его удельного веса γ и дополнительной поверхностной пригрузки q_0 под действием которых верхняя часть пластины испытывала горизонтальный прогиб. В экспериментах использовалась стальная пластина высотой 1,25 м, шириной 0,26 м и толщиной 5 мм. Модуль упругости стали составлял $2,1 \times 10^5$ МПа, момент инерции сечения определялся расчётным путём. Прогиб пластины измерялся линейными датчиками перемещений (LVDT) с разрешением 0,01 мм; все приборы предварительно калибровались, а измерения выполнялись не менее трёх раз. Оценка прогиба осуществлялась экспериментальным методом на основе прямых измерений горизонтальных перемещений пластины.

С учётом жёсткого защемления в нижней части пластина рассматривалась как консольная балка. Для консольной балки, нагруженной линейно изменяющейся (треугольной) распределённой нагрузкой, профиль прогиба определялся с использованием классического аналитического решения, полученного в рамках сопротивления материалов для треугольного распределения нагрузки на консоль.

$$f_z = \frac{P}{120EIh} (4h^5 - 5h^4 z_i + z_i^5) \quad (1)$$

Здесь P обозначает линейно изменяющуюся (треугольную) распределённую нагрузку, действующую на консоль вследствие собственного веса грунта (кПа); EI — изгибную жёсткость консоли (кН·м²); h — высоту консольного элемента (м); z_i — отметку (или глубину) рассматриваемой точки вдоль консоли (м).

При действии на грунт дополнительной поверхностной пригрузки прогиб пластины определялся с учётом трапецеидально распределённой нагрузки и рассчитывался соответствующим образом.

$$f_z = \frac{P_1}{EI} \left(\frac{h^4}{8} - \frac{h^3 z}{6} + \frac{z^4}{24} \right) + \frac{P_2 - P_1}{EIh} \left(\frac{h^5}{30} - \frac{h^4 z}{24} + \frac{z^5}{120} \right) \quad (2)$$

Здесь P_1 обозначает давление пригрузки, приложенной к поверхности грунта (кПа), а P_2 — суммарное давление, обусловленное действием собственного веса грунта и дополнительной пригрузки (кПа).

Приведённые уравнения используются для определения линейно изменяющихся нагрузок, обусловленных собственным весом грунта и дополнительной пригрузкой. На их основе выполнены численные расчёты и получена функция прогиба, сопоставление которой с экспериментальными данными представлено на рисунке 1.

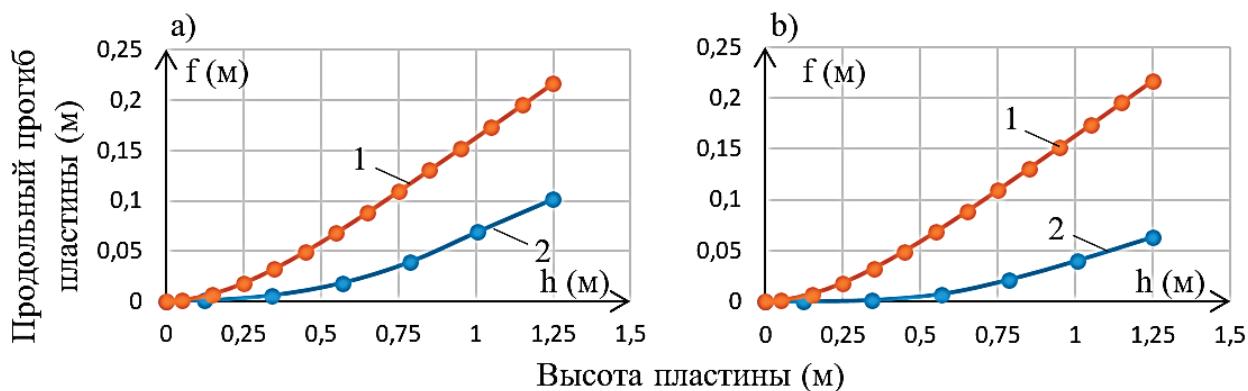


Рис. 1. Сопоставление расчётных и экспериментальных прогибов пластины:
(а) щебень; (б) песок. 1 – аналитический (линейный) прогиб; 2 – экспериментальный прогиб

Из графика видно, что экспериментально полученный прогиб пластины существенно меньше теоретически рассчитанного прогиба консольного листа. С учётом данного обстоятельства дифференциальное уравнение изгиба вдоль нейтральной оси консоли записывается в следующем виде:

$$EI \frac{d^4 f_z}{dx^4} = -\frac{P_2 - P_1}{h} x + P_2 \quad (3)$$

Отсюда распределённые давления определяются как $P_1 = k_a q$ и $P_2 = (\gamma x + q) k_a$ где $k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$ – коэффициент бокового давления грунта,

φ — угол внутреннего трения грунта (в градусах). Краткое замечание о общем решении,

$$f_z(x) = \frac{\frac{1}{120}x^5 P_1 - \frac{1}{120}x^5 P_2 + \frac{1}{24}x^4 h P_2}{EIh} + \frac{1}{6}C_1 x^3 + \frac{1}{2}C_2 x^2 + C_3 x + C_4 \quad (4)$$

Интеграционные постоянные в данном уравнении определяются из граничных условий для консольной балки с жёстким защемлением в одном конце и вычисляются при $x=0$ и $x=h$ соответственно.

$f_z(0)=0; \frac{\partial f_z(0)}{\partial x} = 0; \frac{\partial^2 f_z(h)}{\partial x^2} = 0; \frac{\partial^3 f_z(h)}{\partial x^3} = 0$ (3) соответственно $C_1 = -\frac{5}{192} \frac{(8hP_2 + 5P_1 - 5P_2)}{EIh} x^3$ $C_2 = \frac{25}{384} \frac{(6hP_2 + 5P_1 - 5P_2)}{EIh} x^2$. Полагая $C_3=0$, подстановкой интеграционных постоянных в уравнение (2) получаем функцию прогиба для трапецеидально распределённой нагрузки в следующем виде.

$$f_z(x) = \frac{\frac{1}{120}x^5 P_1 + \frac{1}{120}x^5 P_2 + \frac{1}{24}x^4 h P_2}{EIh} - \frac{5}{192} \frac{(8hP_2 + 5P_1 - 5P_2)}{EIh} x^3 + \frac{25}{384} \frac{(6hP_2 + 5P_1 + 3P_2)}{EIh} x^2 \quad (5)$$

С использованием уравнения (5) была построена функция прогиба консольной балки. Для сопоставления прогиба, полученного по уравнению (5), с результатами, вычисленными по уравнениям (1) и (2), обе зависимости представлены на рисунке 2.

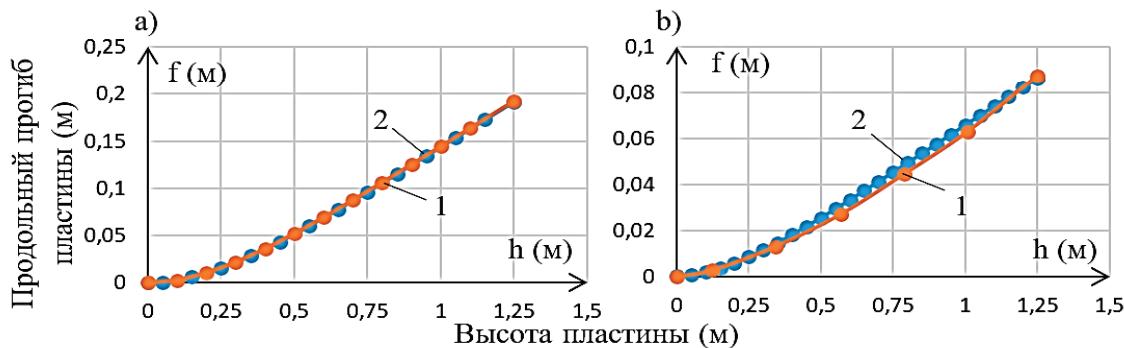


Рис. 2. График продольного прогиба пластины: (а) прогиб пластины, определённый дифференциальным и традиционным методами и (б) продольный прогиб, определённый по экспоненциальной модели и по экспериментальным данным. 1 — экспериментальный продольный прогиб пластины; 2 — продольный прогиб, полученный по экспоненциальному уравнению

Данное уравнение описывает прогиб консольной балки (подпорной стенки) при действии линейно изменяющихся нагрузок. С использованием уравнения (5) получена функция прогиба, которая, как видно из рисунка 2,а, совпадает с теоретически рассчитанным результатом. В связи с этим далее рассматривается решение задачи прогиба консольной балки при экспоненциально изменяющейся нагрузке, при этом криволинейное распределение нагрузки принимается в экспоненциальной форме с условием равенства её площади соответствующей трапецидальной нагрузки.

$$P_x = ae^{-kh} + b \quad (6)$$

Для граничных условий при $x = 0$ and $x = h$ используются условия жёсткого защемления в основании консольной балки и свободного края в верхней части.

$$P_x = ae^{-k0} + b; P_x = ae^{-kh} + b$$

$a = \frac{H+P_1}{1-e^{-kh}}$ и $b = H - a = H - \frac{H+P_1}{1-e^{-kh}}$. Здесь коэффициент k является переменной величиной, определяемой из условия равенства интегральных площадей треугольной и трапецидальной нагрузок; с учётом этого выражение можно переписать в следующем виде:

$$P_x = \frac{H-P_1}{1-e^{-kh}} e^{-kx} + H - \frac{H-P_1}{1-e^{-kh}} \quad (7).$$

Из данного выражения выполняется интегрирование функции P_x , после чего полученный результат приравнивается площади трапецидальной нагрузки.

$$\frac{P_2+P_1}{2}h = \int_0^h \left(\frac{H-P_1}{1-e^{-kh}} e^{-kx} + H - \frac{H-P_1}{1-e^{-kh}} \right) dx \quad (8)$$

Из интегрального решения (6) определяется неизвестный параметр H . В данном уравнении величина H характеризует значение давления при $x=h$.

$$H = \frac{1}{2} \frac{1}{(-1+e^{-kh})+khe^{-kh}} (khP_1 + khe^{-kh}P_1 - khP_2 + khe^{-kh}P_2 - 2P_1 + 2P_1 e^{-kh}) \quad (9)$$

Формулируем дифференциальное уравнение изгиба вдоль нейтральной оси балки:

$$EI \frac{d^4W}{dx^4} = \frac{H-P_1}{1-e^{-kh}} e^{-kx} + H - \frac{H-P_1}{1-e^{-kh}} \quad (10)$$

Получаем общее решение:

$$f_z(x) = \frac{\frac{P_1}{k^4}e^{-kx} - \frac{H}{k^4}e^{-kx} + \frac{H}{24}e^{-kh} - \frac{P_1}{24}x^4}{EIh} + \frac{1}{6}C_1x^3 + \frac{1}{2}C_2x^2 + C_3x + C_4 \quad (11).$$

Интеграционные постоянные в данном уравнении определяются соответственно при $x = 0$ и $x = h$ из граничных условий для консольной балки с жёстким защемлением в одном конце.

$$f_z(0)=0; \frac{\partial f_z(0)}{\partial x} = 0; \frac{\partial^2 f_z(h)}{\partial x^2} = 0; \frac{\partial^3 f_z(h)}{\partial x^3} = 0 \text{ Соответственно, из уравнения (3)}$$

$$C_1 = -\frac{1}{24} \frac{\left(5Hke^{-kh} + 4He^{-\frac{5}{4}k} - 4P_1e^{-\frac{5}{4}k} - 5P_1k \right)}{EI(e^{-kh}-1)k} x^3 = -A$$

$$C_2 = \frac{1}{64} \frac{\left(25He^{-kh}k^2 + 40He^{-\frac{5}{4}k} - 40P_1ke^{-\frac{5}{4}k} - 25P_1k^2 + 32He^{-\frac{5}{4}k} - 32P_1e^{-\frac{5}{4}k} \right)}{EI(e^{-kh}-1)k^2} x^2 = B,$$

$C_3 = -\frac{H-P_1}{EI(e^{-kh}-1)k^3} = -C$ и $C_4 = \frac{H-P_1}{EI(e^{-kh}-1)k^4} = D$ Принимая их равными, подставляем полученные значения в уравнение (2), в результате чего получаем следующее выражение для функции прогиба при трапецидально распределённой нагрузке.

$$f_z^*(x) = \frac{\frac{P_1 e^{-kx}}{k^4} - \frac{H e^{-kx}}{k^4} + \frac{H}{24} e^{-kh} x^4 - \frac{P_1}{24} x^4}{EI(e^{-kh}-1)} - Ax^3 + Bx^2 - Cx + D \quad (12)$$

С использованием указанного дифференциального уравнения на рисунке 26 построена кривая прогиба балки с изгибной жёсткостью EI при равномерно распределённых нагрузках, соответствующих трапецидальному и экспоненциальному профилям.

На основе ранее полученного выражения (10) были определены значения напряжений в грунте на заданных высотах пластины и выполнено их сопоставление с результатами, полученными по традиционной теории Кулона — Мора. В механике грунтов пластина рассматривается как подпорная стенка, при этом давление от собственного веса грунта имеет треугольное распределение, а при наличии дополнительной пригрузки на откосе — трапецидальное. Среди классических подходов к решению данной задачи наибольшее распространение получили линейные методы Ранкина [1] и Кулона [2]. Предполагая, что откос за подпорной стенкой находится в состоянии предельного равновесия, можно считать, что при равномерно распределённой нагрузке главные напряжения действуют в горизонтальной плоскости, проходящей через любую точку за стенкой.

$$\sigma_z = \sigma_{zg} + \sigma_{zp} = \gamma z + q \quad (13)$$

Определим горизонтальное давление грунта, действующее на подпорную стенку:

$$\sigma_x = \xi \sigma_z = \xi(\gamma z + q) \quad (14)$$

Равнодействующие силы формируют активное давление грунта по отношению к подпорной стенке.

$$E = \left(\frac{\gamma z}{2} z + qz \right) \xi \quad (15)$$

$$E = \frac{\xi \gamma z}{2} z + \xi qz = \frac{\xi \gamma h^2}{2} + \xi qz = \frac{\gamma \xi}{2} \left(h^2 + 2h \frac{q}{\gamma} \right) \quad (16)$$

В этом случае для несвязанных грунтов-таких как песок и щебень-при $C=0$ и $\varphi \neq 0$ соотношение между главными напряжениями записывается следующим образом:

$$\frac{\sigma_3 - \xi}{\sigma_1} = \tan \varphi \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad (17)$$

На основании уравнений (15) и

$$E_a = \frac{\gamma h^2}{2} \tan \varphi \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + qh \tan \varphi \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (18)$$

Полученные данные позволяют определить линейные распределения нагрузок на подпорную стенку, обусловленные собственным весом грунта и действием дополнительной нагрузки. В соответствии с теорией линейного распределения нагрузок давление, действующее на подпорную стенку, убывает с увеличением высоты (или, соответственно, возрастает с глубиной).

$$\sigma_z^{max} = \gamma z \tan \varphi \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (19)$$

Здесь γ - удельный вес грунта (kN/m^3); z - глубина (или высота) грунта за подпорной стенкой (м); $\tan \varphi \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = K_a$ - коэффициент бокового давления грунта по теории Ранкина; σ_z^{max} - максимальное напряжение, которое в настоящей работе принимается равным $\sigma_z^{max} = P_2$. Приведённая формула напряжений справедлива для линейного распределения давления. Умножение данной зависимости на ширину пластины b позволяет перейти от напряжений к равномерно распределённой нагрузке, действующей по ширине пластины [1].

$$P_2 = K_a (P_1 + \gamma * h * b) \quad (20)$$

В данной формуле P_1 - представляет собой величину дополнительной (пригрузочной) нагрузки, передаваемой на грунт; при отсутствии пригрузки принимается $P_1=0$.

С использованием четвёртой производной экспоненциального уравнения и соотношений Кулона — Мора были определены значения напряжений в грунте по высоте пластины, на основе которых построена эпюра результирующего воздействия на пластины. График указанной эпюры напряжений представлен на рисунке 3.

На рисунке 3 показано, что эпюра напряжений, рассчитанная по теории Кулона — Мора, имеет линейный характер, тогда как эпюра, полученная на основе четвёртой производной экспоненциальной зависимости, является криволинейной (параболической). Это приводит к уменьшению изгибающего момента при параболическом распределении давления по сравнению с традиционным расчётом, поскольку равнодействующая активного давления E_a располага-

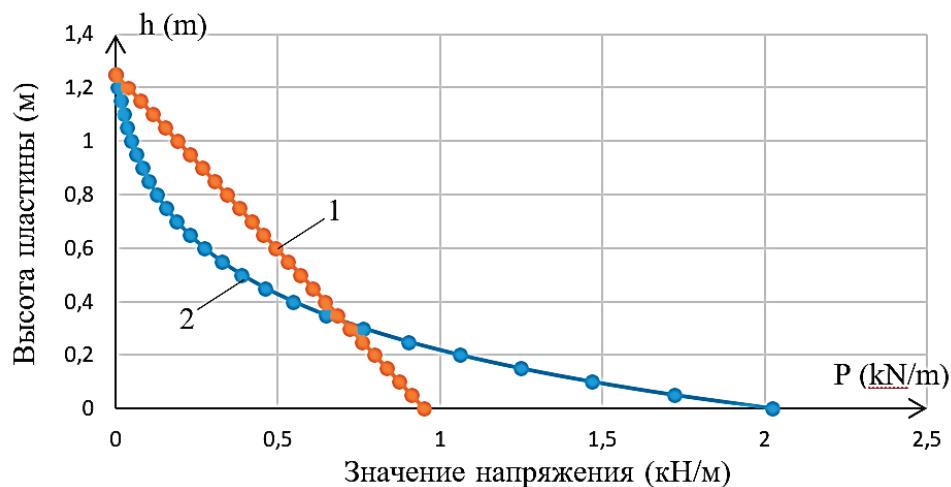


Рис. 3. Сравнение эпюров напряжений грунта: 1 – по теории Кулона — Мора (линейная); 2 – по экспоненциальной модели (параболическая)

ется ближе к основанию стенки, а не на высоте $h/3$. Указанное обстоятельство свидетельствует о том, что экспоненциальная модель более адекватно отражает реальное напряжённое состояние при оценке устойчивости откосов и подпорных стен.

Обсуждение. Предложенная экспоненциальная модель верифицирована в условиях статического нагружения и лабораторных исследований в малом масштабе и показала хорошее согласование с экспериментальными данными. Вместе с тем модель не учитывает времязависимое и динамическое поведение грунта. В дальнейшем целесообразно расширить данный подход на условия динамического и сейсмического воздействия с применением численного моделирования в программных комплексах PLAXIS 3D, ABAQUS и MIDAS GTS, а также выполнить крупномасштабные натурные испытания для оценки практической применимости модели.

Заключение.

Проведённые исследования показали, что прогиб и напряжённое состояние пластины под действием собственного веса грунта и дополнительной пригрузки более точно описываются экспоненциальной моделью по сравнению с традиционными подходами. Сопоставление экспериментальных и теоретических результатов свидетельствует о том, что напряжения, определённые на основе экспоненциальной зависимости, лучше соответствуют реальному поведению системы, чем линейное распределение по теории Кулона — Мора. Полученные результаты подтверждают возможность применения экспоненциальной модели при оценке устойчивости откосов и подпорных стен, а также при анализе напряжённо-деформированного состояния системы «сооружение–грунт». Предложенный подход может повысить точность расчётов и экономическую эффективность инженерных решений.

Вместе с тем исследование выполнено для условий статического нагружения. В дальнейшем целесообразно рассмотреть применение экспоненциальной модели при динамических и сейсмических воздействиях, а также для различных типов грунтов с использованием численного моделирования и натурных испытаний.

Литература:

1. Xasanov A. Z. Xasanov Z. A. Stability of Natural Slopes and Determination of the Pressure of Incoherent Soils on Fences" Springer, 2024.
2. Coulomb, C. A. (1776). *Essai sur une application des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture*. Paris.
3. Rankine, W. J. M. (1857). On the stability of loose earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 147, 9–27. <https://doi.org/10.1098/rstl.1857.0003>
4. Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.
5. Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). McGraw-Hill.
6. Craig, R. F. (2012). *Craig's Soil Mechanics* (8th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12804>
7. Timoshenko, S., & Woinowsky-Krieger, S. (1959). *Theory of Plates and Shells*. McGraw-Hill.
8. Choudhury, D., & Nimbalkar, S. (2006). Seismic passive earth pressure coefficients using pseudodynamic method. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 132(12), 1541–1548. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2006\)132:12\(1541\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2006)132:12(1541)

9. Chen, G., Xu, B., & Sun, H. (2019). Numerical analysis of retaining wall under combined static and dynamic loading. *Computers and Geotechnics*, 112, 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2019.04.018>
10. Li, X., & Wang, Y. (2020). Analytical solutions for deflection of retaining walls subjected to soil pressure. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 57(2), 123–130. <https://doi.org/10.1007/s11204-020-09531-1>
11. Xu, L., & Zhou, Y. (2023). Exponential distribution models for soil pressure on retaining walls. *International Journal of Geomechanics*, 23(4), 04023045. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0002621](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0002621)
12. Bhattacharya, S., & Bolton, M. D. (2021). Experimental study on soil–structure interaction of retaining elements under lateral loads. *Géotechnique*, 71(3), 210–225. <https://doi.org/10.1680/jgeot.19.P.293>
13. Kramer, S. L. (2014). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Pearson Education.
14. Zienkiewicz, O. C., Pastor, M., & Chan, A. H. C. (2020). *Computational Geomechanics with Special Reference to Earthquake Engineering*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429343441>
15. Khosravi, A., & Taiebat, H. (2022). Advanced constitutive models for seismic slope stability assessment. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 156, 107230. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107230>
16. Zhang, J., & Ling, H. I. (2021). Stress–strain response of granular soils under combined loading conditions. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 147(7), 04021056. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0002517](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002517)
17. Hassan, A. M., & El Naggar, H. (2020). Numerical modeling of soil–structure interaction in retaining systems. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 57(6), 421–430. <https://doi.org/10.1007/s11204-020-09549-5>
18. Wang, G., & Gao, L. (2021). Application of nonlinear soil models in slope stability analysis. *Engineering Geology*, 288, 106145. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106145>
19. Zhou, H., & Li, N. (2022). Analytical method for lateral earth pressure on retaining walls considering soil arching effect. *International Journal of Geomechanics*, 22(10), 04022156. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0002345](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0002345)
20. Bhattacharya, S., Bolton, M. D., & Madabhushi, S. P. G. (2020). Seismic behaviour of retaining walls: Experimental and numerical insights. *Géotechnique Letters*, 10(2), 205–213. <https://doi.org/10.1680/jgele.20.00044>
21. International Organization for Standardization. (2019). ISO 23469:2019—Bases for design of structures: Seismic actions for geotechnical design. ISO.
22. Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan. (2020). KMK 2.01.03-19: Construction considering seismic actions. Tashkent: Ministry of Construction. [In Uzbek]

Методы и способы анализа баз данных наработки отказов и дефектов серийного производства для достижения требуемых комплексных показателей надежности серийных образцов

Черных Михаил Александрович, начальник участка регулировки и настройки НАП
АО «Северо-Западный региональный центр концерна ВКО «Алмаз-Антей» — Обуховский завод» (г. Санкт-Петербург)

Черных Денис Александрович, инженер-испытатель
Первый Государственный испытательный космодром МО РФ (г. Мирный)

Ключевые слова: надежность, анализ отказов, база данных, серийное производство, показатели надежности.

В условиях современного серийного производства обеспечение требуемого уровня надёжности выпускаемой продукции выступает ключевым фактором конкурентоспособности предприятия. Рост технических требований, ужесточение нормативов безопасности и повышение ожиданий потребителей обусловливают необходимость системного подхода к выявлению и предотвращению дефектов на всех этапах жизненного цикла изделия.

Одним из наиболее эффективных инструментов повышения надёжности является анализ баз данных наработок отказов и дефектов. Систематизированный сбор и обработка информации о возникающих несоответствиях позволяет:

— выявить типовые слабые места конструкции и технологии;
— установить причинноследственные связи между дефектами и операциями производственного цикла;
— прогнозировать риски отказов на ранних стадиях производства;
— обоснованно корректировать технологические процессы и конструкторские решения.

Актуальность темы обусловлена следующими факторами:

1. Нарастающий объём данных — современные производства генерируют значительные массивы информации о дефектах, однако зачастую эти данные не структурируются и не анализируются в полной мере.

2. Сложность взаимосвязей — дефекты редко возникают изолированно; их появление обычно обусловлено комплексом технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов.

3. Экономическая эффективность — предотвращение отказов на стадии проектирования и производства существенно снижает затраты на гарантийное обслуживание и репутационные потери.

Цель данной статьи — систематизировать современные методы и способы анализа баз данных отказов и дефектов, а также показать их прикладное значение для повышения надёжности серийной продукции.

В рамках исследования рассматриваются:

- принципы формирования и ведения баз данных наработок;
- статистические и интеллектуальные методы анализа дефектов;
- способы интеграции результатов анализа в технологический цикл производства;
- практические аспекты внедрения аналитических процедур на производственных предприятиях.

Методологическая база включает:

- статистические методы обработки данных;
- методы причинно-следственного анализа (в т. ч. FMEA);
- инструменты визуализации и моделирования технологических процессов;
- подходы к управлению качеством на основе данных.

Анализ баз данных наработок отказов и дефектов представляет собой комплексный процесс, требующий последовательного применения различных методов обработки и интерпретации информации. Его цель — выявить закономерности возникновения несоответствий и установить их связь с технологическим циклом производства для повышения надёжности серийной продукции.

Формирование и ведение базы данных

Основой аналитической работы служит систематизированная база данных, включающая регистрационные сведения о каждом случае отказа или дефекта. В ней вносятся: параметры изделия (модель, серийный номер, дата выпуска), описание характера несоответствия, условия выявления (этап производства, испытания или эксплуатации), предполагаемые причины возникновения и принятые меры по устранению.

К базе данных предъявляются строгие требования: она должна быть полной (фиксировать все выявленные дефекты), достоверной (подтверждать факты отказа объективными данными), актуальной (обеспечивать оперативное внесение информации), структурированной (использовать единую систему классификации) и доступной (позволять быстрый поиск и выборку данных). Для классификации применяют категории по типам дефектов (трещины, коррозия, износ), узлам изделия, этапам технологического цикла и причинам возникновения (конструктивные, технологические, эксплуатационные).

Первичный анализ данных

На начальном этапе используют статистические методы для выявления общих закономерностей. Частотный анализ позволяет определить наиболее распространённые дефекты через расчёт процента встречаемости каждого типа:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \times 100 \%,$$

где P_i — процент встречаемости i -го дефекта, n_i — количество случаев, N — общее число дефектов.

Для выделения критических дефектов, составляющих 70–80 % всех случаев, строят диаграмму Парето. Временной анализ отслеживает динамику появления дефектов по периодам (месяц, квартал) с построением контрольных карт, а пространственный — картографирует дефекты по узлам изделия для выявления «слабых» зон.

Визуализация данных осуществляется через гистограммы распределения дефектов, круговые диаграммы структуры отказов, тепловые карты локализации и графики трендов по времени. Эти инструменты позволяют наглядно представить распределение несоответствий и выделить приоритетные направления для углублённого анализа.

Углублённый анализ взаимосвязей

Для выявления причинноследственных связей применяют продвинутые методы, среди которых особое место занимает регрессионный анализ. Он даёт возможность количественно оценить влияние технологических факторов на возникновение дефектов и показатели надёжности.

Регрессионный анализ решает несколько ключевых задач:

- выявляет статистически значимые зависимости между параметрами производства и частотой отказов;
- прогнозирует вероятность дефектов при изменении технологических режимов;
- служит основой для оптимизации процессов на базе количественных оценок.

Наиболее распространены три типа моделей:

1. **Линейная регрессия** описывает линейные зависимости вида:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n + \varepsilon,$$

где Y — зависимая переменная (например, интенсивность отказов), X_i — независимые переменные (факторы производства: температура, давление, скорость обработки), a_i — коэффициенты регрессии, ε — ошибка модели. Пример: анализ влияния температуры закалки и времени выдержки на количество трещин.

2. **Логистическая регрессия** применяется, когда зависимая переменная имеет бинарный характер («отказ/без отказа»). Модель оценивает вероятность события по формуле:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_n X_n)}},$$

где $P(Y = 1)$ — вероятность отказа.

3. Полиномиальная регрессия учитывает нелинейные эффекты через включение степеней факторов:

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_kX^k.$$

Пример: анализ влияния износа инструмента на шероховатость поверхности, где зависимость носит параболический характер.

Построение регрессионной модели включает несколько этапов. Сначала отбирают значимые факторы с помощью корреляционного анализа, исключая сильно коррелированные между собой переменные для предотвращения мультиколлинеарности. Затем оценивают коэффициенты модели методами наименьших квадратов (для линейной регрессии) или максимального правдоподобия (для логистической регрессии).

Адекватность модели проверяют по ряду критериев:

- коэффициент детерминации R^2 (доля объяснённой дисперсии);
- статистика Фишера (F -тест) для оценки значимости модели;
- p -значения коэффициентов (значимы при $p < 0,05$).

Дополнительно анализируют остатки модели на нормальность распределения, гомоскедастичность (постоянство дисперсии) и отсутствие автокорреляции.

Практические рекомендации по применению регрессионного анализа включают:

- обеспечение достаточного объёма выборки (не менее 10–15 наблюдений на каждый включённый фактор);
- валидацию модели через разделение данных на обучающую и тестовую выборки (например, 70/30 %);
- интерпретацию знаков коэффициентов (a_i) для понимания направления влияния факторов;
- дополнительную верификацию выявленных зависимостей, поскольку регрессия показывает корреляции, но не доказывает причинноследственные связи.

Пример из практики: на предприятии по производству электронных плат регрессионный анализ выявил значимое влияние температуры пайки на количество холодных спаев. Модель $Y = 2,1 + 0,8X_1$ ($R^2 = 0,78$) показала, что поддержание температуры в диапазоне $230 - 240^\circ\text{C}$ позволило снизить дефекты на 40 % после корректировки процесса.

Помимо регрессионного анализа, для углублённого исследования взаимосвязей применяют:

- **корреляционный анализ** — оценивает силу взаимосвязи между дефектами и факторами производства (коэффициент Пирсона r , где $|r| > 0,7$ указывает на сильную связь);
- **кластерный анализ** — группирует схожие дефекты по множеству параметров для выявления типовых сценариев отказов;
- **анализ временных рядов** — прогнозирует будущие отказы на основе исторических данных (методы экспоненциального сглаживания, ARIMA-модели).

Интеграция с технологическим циклом

Результаты анализа необходимо интегрировать в производственный процесс. Один из ключевых инструмен-

ментов — сопоставление дефектов с операциями: точки возникновения несоответствий наносят на схему технологического процесса, чтобы выявить критические этапы.

FMEA-анализ (Failure Mode and Effects Analysis) систематизирует оценку:

- видов отказов (S — серьёзность, баллы от 1 до 10);
- причин возникновения (O — вероятность, баллы от 1 до 10);
- возможностей обнаружения (D — detectability, баллы от 1 до 10).

Приоритетное число риска (ПЧР) рассчитывают по формуле:

$$\text{ПЧР} = S \times O \times D.$$

Значения ПЧР > 100 требуют немедленных корректирующих действий.

Диаграмма **Исикавы** («рыбий скелет») визуализирует причинноследственные связи между дефектами и шестью группами факторов (6М):

- Man (персонал);
- Machine (оборудование);
- Material (материалы);
- Method (методы);
- Measurement (измерения);
- Management (управление).

Практическая реализация

Для внедрения анализа на предприятии необходимы:

1. Организационные меры:

- назначение ответственных за сбор данных;
- разработка регламентов фиксации дефектов;
- обучение персонала методам анализа.

2. Инструментальная поддержка:

- использование ПО для управления качеством (Minitab, Statistica, 1C:QMS);
- интеграция с ERP-системами для автоматического сбора данных;
- применение BI-инструментов (Tableau, Power BI) для визуализации.

3. Цикл улучшения:

- регулярный пересмотр базы данных (ежеквартально);
- корректировка технологических процессов на основе выводов анализа;
- мониторинг эффективности внедрённых мер.

Заключение

В ходе проведённого исследования систематизированы методы и способы анализа баз данных наработок отказов и дефектов серийной продукции. Установлено, что комплексный подход к обработке такой информации позволяет не просто фиксировать возникающие несоответствия, но и выявлять глубинные причинноследственные связи между дефектами и технологическим циклом производства.

Ключевые выводы:

1. База данных как фундамент анализа. Качественно сформированная и регулярно пополняемая база данных — необходимое условие эффективного анализа. Её ценность определяется полнотой, достоверностью, актуальностью и структурированностью информации о дефектах, включая параметры изделия, описание несоответствия, условия выявления и принятые меры.

2. Многоуровневость аналитических процедур.

Процесс анализа выстраивается поэтапно:

- на первичном уровне применяются статистические методы (частотный анализ, ранжирование, временной и пространственный анализ) и визуализация данных;

- на углублённом уровне действуются регрессионные модели, корреляционный и кластерный анализ, методы временных рядов;

- на интеграционном уровне результаты сопоставляются с технологическим циклом через FMEAанализ и диаграмму Исикавы.

3. Регрессионный анализ как инструмент количественной оценки. Линейная, логистическая и полиномиальная регрессия позволяют:

- выявлять статистически значимые зависимости между технологическими факторами и частотой отказов;

- прогнозировать вероятность дефектов при изменении параметров процесса;

- обоснованно оптимизировать режимы производства. При этом критически важны валидация модели и интерпретация коэффициентов.

4. Практическая интеграция результатов. Для перевода аналитических выводов в производственные улучшения необходимо:

- внедрить организационные меры (регламентация сбора данных, обучение персонала);

- обеспечить инструментальную поддержку (ПО для управления качеством, интеграция с ERPсистемами);

- выстроить цикл непрерывного улучшения (регулярный пересмотр данных, корректировка процессов, мониторинг эффективности).

Перспективы развития подходов связаны с:

- автоматизацией сбора и обработки данных через IoTдатчики и системы машинного зрения;

- применением методов машинного обучения для выявления нетривиальных паттернов дефектов;

- интеграцией анализа надёжности с цифровыми двойниками производственных процессов.

Практические рекомендации для предприятий:

1. Начать с аудита существующей системы сбора данных о дефектах и её доработки в соответствии с требованиями полноты и структурированности.

2. Внедрить поэтапный анализ: от первичной статистики к углублённым методам (включая регрессионные модели).

3. Использовать FMEA и диаграмму Исикавы для привязки результатов к технологическому циклу.

4. Обеспечить вовлечённость персонала и регулярность аналитических процедур.

5. Оценивать эффективность внедрённых мер через ключевые показатели: снижение гарантийных случаев, сокращение затрат на доработку, рост индекса надёжности.

Таким образом, системный анализ баз данных отказов и дефектов — не разовая процедура, а непрерывный процесс, позволяющий трансформировать «сырые» данные в управленические решения. Его внедрение даёт возможность не только реагировать на уже возникшие проблемы, но и прогнозировать, а также предотвращать потенциальные несоответствия, обеспечивая требуемые комплексные показатели надёжности серийной продукции.

Литература:

1. Ильишиева М. С., Петров А. Н. Статистические методы анализа данных в управлении качеством: учебное пособие / Университет ИТМО. — СПб., 2020. — 120 с.
2. Волков О. В. Методы анализа данных в системах управления качеством продукции. — М.: Стандартизация и метрология, 2019. — 215 с.
3. ГОСТ Р 51814.2-2001 Система анализа видов и последствий отказов. Основные положения.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. — М.: Мир, 1973. — 344 с.

Обоснование и моделирование конструкции трехкоординатного манипулятора автоматизированного комплекса установки резьбовых заклепок при сборке шкафов серии «Эталон»

Чмель Евгений Николаевич, аспирант
Севастопольский государственный университет

Представлен анализ особенностей автоматизации технологических процессов установки резьбовых заклепок в деталь-заготовку, являющуюся основанием комплектного распределительного устройства серии «Эталон». Проведен

анализ механических характеристик резьбовых заклепок, обоснованы параметры автоматизированного процесса сборки таких заклепок. Результаты расчетов и моделирования позволили оценить границы роста производительности автоматизированного комплекса сборки по сравнению с базовым проектом.

Ключевые слова: автоматизация сборочных операций, резьбовая заклепка, пневматический заклепочник, точность позиционирования, резьбовая (гаечная) заклепка.

Проекты автоматизации и роботизации процессов сборки различных объектов во многих отраслях промышленности всегда вызывали значительные затруднения у конструкторов ввиду многообразия как самих конструкций сборочных единиц, комплектующих, так и особенностей процессов совмещения базовых поверхностей собираемых изделий. Процессы ручной сборки изделий при наличии средств механизации и ручных специализированных инструментов не вызывают особых затруднений у конструкторов и технологов. Однако если есть потребность значительного увеличения партий собираемых вручную изделий, то ручной труд и дефицит рабочих невысокой квалификации может стать препятствием роста производительности сборочных операций.

Известно, что для перевода сборки с ручного на автоматизированный процесс требуется проработка объектов сборки по критерию пригодности их к автоматизации. Также требуется обоснование, моделирование, проектирование оптимальных по многим критериям автоматизированных и роботизированных технологических комплексов. Такие проблемы имеются на многих предприятиях различных отраслей промышленности.

В данной работе предлагаем ознакомиться с особенностью объектов сборки на электротехническом заводе «Таврида Электрик». К настоящему времени это предприятие серийно произвело более 2000 комплектных распределительных устройств (КРУ) «Эталон».

В связи с увеличением спроса на рынке на эти изделия поставлена задача модернизации текущего производства, планируется увеличить выпуск шкафов КРУ «Эталон» до 4000 штук в год. Также планируется увеличение номенклатуры шкафов.

Производство не удовлетворяет технической политике компании, все этапы по подготовке сборочных единиц выполняются вручную. На сборку одного рассматриваемого в данной работе изделия рабочий затрачивает 375 секунд (на комплектование 105 секунд и на сборку 270 секунд).

Поставлена задача разработки автоматизированного комплекса, позволяющего в автоматическом режиме подготавливать сборочные единицы к установке в комплектные распределительные устройства. Основным результатом проектирования автоматизированного комплекса сборки шкафов серии «Эталон» будет являться законченная технология, которая обеспечит необходимую маршрутную технологию при использовании современного оборудования, которое гарантированно обеспечит расчетные параметры, необходимые для успешного применения выбранного технологического оборудования.

Целью настоящего исследования является анализ особенностей структуры, компоновочных решений автоматизированного комплекса установки резьбовых заклепок при сборке шкафов серии «Эталон», сформированного на базе трехкоординатного манипулятора с обоснованием и моделированием динамических характеристик приводов и достижимых при этом параметров точности позиционирования. Кроме того, исследования должны дать обоснованные границы роста производительности технологических процессов сборки шкафов серии «Эталон» по отношению к базовому варианту проекта реализации технологических процессов позиционирования, сборки и фиксации нескольких десятков резьбовых заклепок для различных модификаций шкафов серии «Эталон».

Проектируемый автоматизированный комплекс сборки шкафов серии «Эталон» включает в себя манипулятор, работающий в декартовой системе координат с тремя программируемыми осями на базе мехатронной системы для позиционирования инструмента — пневматического резьбового заклепочника, который обеспечивает сопряжение и фиксацию резьбовых (гаечных) заклепок. Заклепочник является рабочим органом автоматизированной системы для сборки и позволяет непрерывно позиционировать, совмещать с отверстиями в сопрягаемой детали-заготовке (раме-основании шкафа серии «Эталон») и фиксировать резьбовые (гаечные) заклепки.

Компоновка такого комплекса представлена на рисунке 1. В этот комплекс входят: 1 — конвейер; 2 — заготовка; 3 — пневмоцилиндры для базирования заготовки на конвейере; 4 — пневматический заклепочник; 5 — основание манипулятора из стандартного профиля; 6 — датчик наличия заготовки; 7 — трехкоординатный манипулятор.

Резьбовая заклепка-гайка — это крепежное изделие, которое позволяет создать надежное резьбовое соединение в тонком листовом материале. Также резьбовые заклепки используются для соединения (склеивания) нескольких листовых материалов с последующим использованием полученного резьбового соединения для крепления прочих элементов конструкции посредством болтов или винтов.

Резьбовые заклепки-гайки особенно хорошо подходят для применения в местах с ограниченным доступом, например там, где нет доступа к обратной стороне рабочей поверхности.

Для корректной установки резьбовых заклепок используют специальный инструмент, который называется «резьбовой заклепочник» [1; 3]. В данном проекте будет использован пневматический резьбовой заклепочник PEG 312

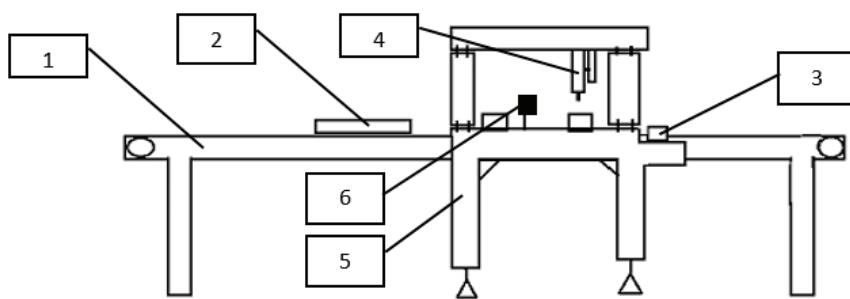


Рис. 1. Компоновка комплекса автоматизированной клепки изделий

фирмы Würth (см. рис. 2). Технические характеристики пневматического заклепочника Würth PEG 312 представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики Würth PEG 312

Рабочее давление	7 бар
Длина хода	7 мм
Длина	260 мм
Ширина	85 мм
Высота	280 мм



Рис. 2. Пневматический резьбовой заклепочник Würth PEG 312

Технологический процесс установки резьбовой заклепки

Заклепка помещается в заранее подготовленное отверстие в базовом материале (диаметр отверстия зависит от размера заклепки и определяется по каталогу производителя). Резьбовой шток заклепочника ввинчивается в гаечную заклепку (см. рис. 3).

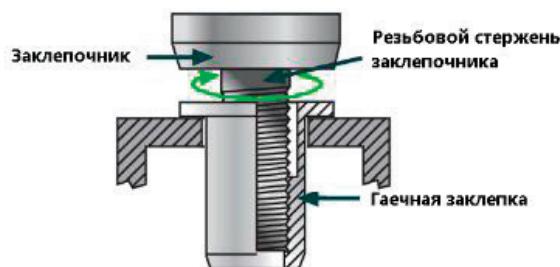


Рис. 3. Заклепочник вкручивается в заклепку

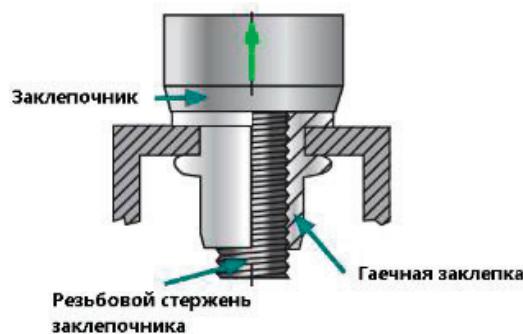


Рис. 4. Деформация заклепки

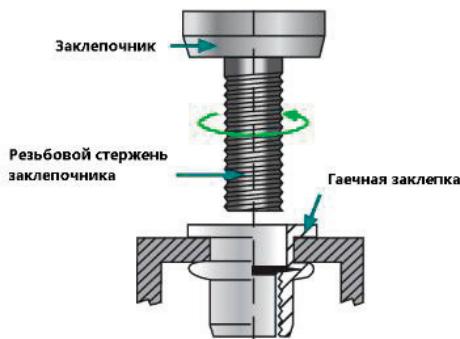


Рис. 5. Извлечение заклепочки из заклепки

Далее резьбовой стержень втягивается в корпус заклепочки, и часть заклепки, не имеющая внутренней резьбы, деформируется, надежно фиксируя заклепку в отверстии (длина заклепки подбирается по каталогу производителя в зависимости от толщины материала, в который ее нужно установить) (см. рис. 4).

После установки резьбовой стержень заклепочки выкручивается из заклепки, на этом процесс установки завершен (см. рис. 5).

Расчет времени перемещения рабочего органа по координатам манипулятора и параметров производительности автоматизированного технологического процесса сборки

Расположение резьбовых заклепок в детали показано на рисунке 6.

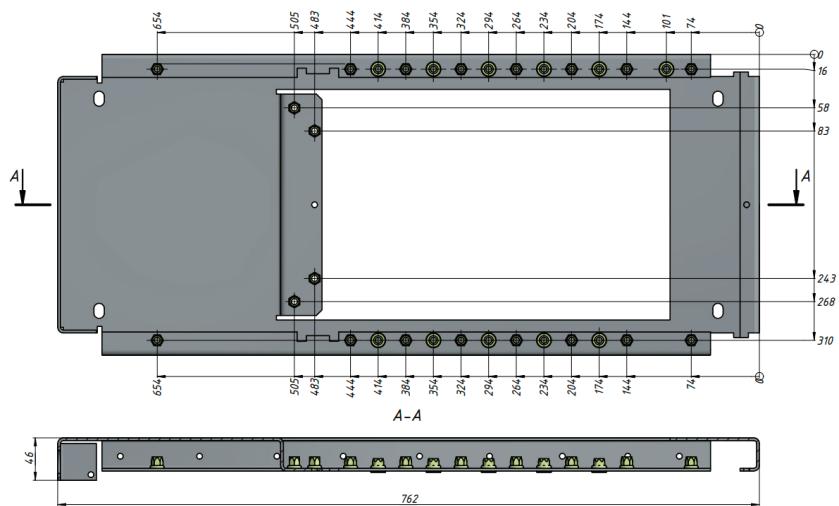


Рис. 6. Координаты резьбовых заклепок

Расчет времени перемещения производится при заданных скоростях перемещения линейных электромеханических модулей: скорость линейного модуля ЕНМХ-ЕЛГС-80-БС-КФ перемещения координаты X равна 0,67 м/с, а скорость линейного модуля ЕНМУ-РР-ЕЛГС-80-БС-КФ перемещения координаты Y равна 0,54 м/с.

Шаг 1 — Перемещение по координате Y на 16 мм для заклепывания верхнего ряда заклепок:

N001 X0 Y16 Z0 (0,03 с)

Шаг 2 — Перемещение по координате X на 74 мм:

N002 X74 Y16 Z0 (0,2 с)

Шаг 3 — Выполнение операции заклепывания резьбовой заклепки:

N003 X74 Y16 Z80 (2,5 с)

N004 X74 Y16 Z0 (0,5 с)

Шаг 4 — Перемещение по координате X на 27 мм:

N005 X101 Y16 Z0 (0,05 с)

И далее таким же образом происходит расчет времени перемещения с 5-го по 32-й шаг. И далее:

Шаг 33 — Переход к нижнему ряду заклепок:

N040 X74 Y310 Z0 (1,2 с)

Чтобы определить время, затраченное на заклепывание нижнего ряда резьбовых заклепок, необходимо сложить время, затраченное на выполнение шагов с 3-го по 32-й (49,73).

Шаг X — Возврат в исходное положение:

N0XX X0 Y0 Z0 (1,9 с)

Таким образом, время, затраченное на установку 31 заклепки (M8_18_Fe-Zn), равняется 103 с.

Расчет роста производительности при переходе на автоматизированную сборку изделий:

$$P = \frac{t_p}{t_a + t_k} = \frac{270}{103 + 20} = 2,19 ,$$

где t_p — время, затраченное на сборку изделия вручную;

t_a — время, необходимое автоматизированному комплексу для сборки одного изделия;

t_k — время, затрачиваемое на перемещение детали на конвейере (принимаем равным 20 с).

Выводы

1. На основании приведенных в данной статье данных, особенностях компоновочного решения, входящих в создаваемую техническую систему, можно сделать вывод о целесообразности реализации данного проекта.
2. Результаты моделирования процессов точности позиционирования, динамики электромеханических приводов и расчетов производительности проектируемого автоматизированного комплекса сборки изделий позволяют с уверенностью ожидать двукратного повышения производительности работы спроектированной технической системы.

Литература:

1. Системы для вытяжных и гаечных заклепок // FAR-RUS: заклепочный инструмент системы крепления : [сайт]. — URL: <http://www.far-rus.com/systema-avto-podachi-i-ustanovki-zaklepok2.html> (дата обращения: 20.12.2025).
2. Лысенко Ю. Д. Механизация и автоматизация сборочно-клепальных работ на базе машин импульсного действия: учеб. пособие / Ю. Д. Лысенко, В. А. Звягинцев. — Самара : Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета, 2007. — 76 с.: ил.
3. Резьбовые заклёпки. Каталог 2014 // Фастболт. Европейский крепёж : [сайт]. — URL: https://www.fastbolt.ru/uploads/docs/fastbolt_rivetnut_catalog.pdf (дата обращения: 20.12.2025).
4. Системы установки Rivset // Boellhoff : [сайт]. — URL: <https://www.boellhoff.com/ru-ru/produkciya-uslugi/tehnologiya-sborki/rivset-sistemy-ustanovka.php> (дата обращения: 20.12.2025).

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Чемодан: актуальность, история и перспектива развития

Данилова Арина Романовна, студент;

Смирнова Анжелика Евгеньевна, студент

Научный руководитель: Шкотова Ольга Владимировна, старший преподаватель

Волгоградский государственный технический университет

В данной статье анализируется история возникновения, развитие и трансформация видов чемоданов, их применение на протяжении истории и в современном мире. На основе анализа изменения вида чемоданов составлены перспективы их преображения, развития и дальнейшего использования.

Ключевые слова: чемодан, дизайн, путешествия, технологии.

Чемодан — это не просто предмет для хранения вещей. Во время путешествий, это важный элемент нашей повседневной жизни, который значительно упрощает транспортировку багажа и изменяет сам процесс путешествий. Последовательно рассмотрим историю его создания, развития и модернизации, а также возможные пути усовершенствования.

Предшественники современного чемодана [1] зародились несколько столетий назад. Его ранние примитивные формы появились в Древнем Египте: деревянные или тростниковые ларцы прямоугольной формы, укрепленные кожаными ремнями и бронзовыми накладками, и Месопотамии: контейнеры из древесины или плетёных растительных волокон, имеющие жёсткий каркас, или ко-

жаные мешки (рис. 1). Уже в древнейших формах объекта для хранения и перевозки вещей проявлялись основные принципы мобильности и сохранности, ставшие фундаментом для последующего развития предмета.

В древности формы дорожного багажа были тесно связанны с возможностями передвижения человека и ограничивались мешками, ларцами и кожаными контейнерами, рассчитанными на ручную переноску или перевозку с помощью выночных животных. С развитием путешествий и увеличением количества перевозимых вещей такие формы стали неудобными. Это обусловило переход к более жёстким и вместительным сундукам, приспособленным к колесному транспорту и ставшим неотъемлемой частью каретного периода.



Рис. 1. Сумки из кожи и растительных волокон

Сундук — один из ранних предшественников чемодана. Он являлся основным предметом для хранения и перевозки вещей, но «требовал» специального транспорта из-за объема и порой большого веса. Это привело к созданию

отдельного места для перевозки в задней части кареты или на крыше (рис. 2). Кареты обеспечивали организованную доставку тяжелого багажа и позволяли путешественникам перемещаться с большим количеством вещей.



Рис. 2. Карета «Пемигевассет», 1899 г., Энох Вуд Перри

Однако настоящая история появления именно чемодана началась в Европе в XVII-XVIII веках. Чемоданы использовались преимущественно дворянами, поскольку путешествия на дальние расстояния были затратными и трудоёмкими. С XIX века в Европе началось их массовое производство с деревянным каркасом и кожаной отделкой, а также металлическими элементами для защиты содеримого.

Первый такой чемодан (рис. 3) в 1858 году создал французский дизайнер и предприниматель Луи Виттон [2]. Он начал производить чемоданы с фирменным рисунком (Monogram Canvas — узор бренда с изображением инициалов бренда с цветочным мотивом) и металлическими застежками. Их создавали разных размеров, в них можно было перевозить и хранить вещи как в сундуках.

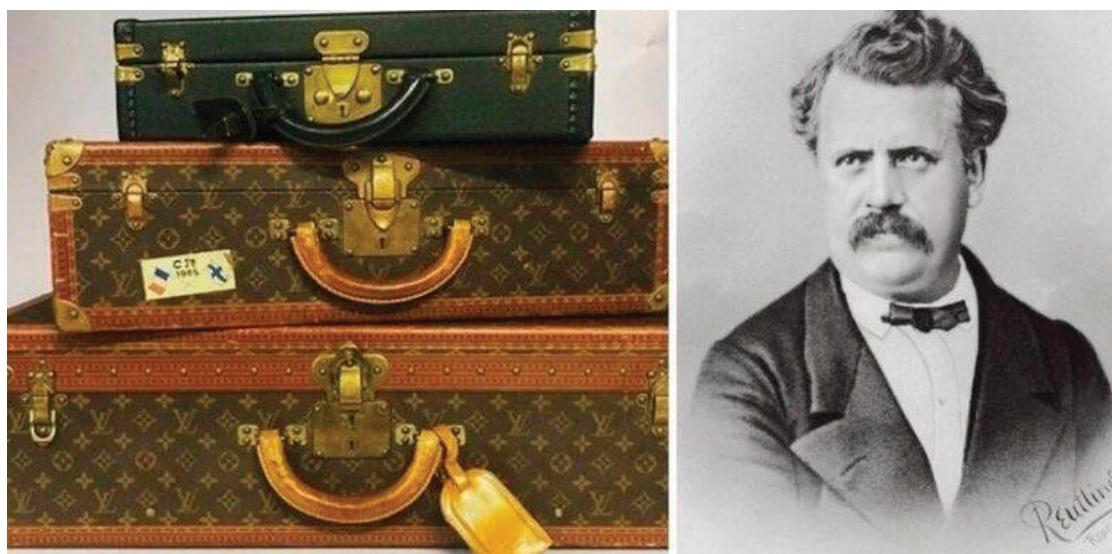


Рис. 3. Луи Виттон, первые чемоданы с фирменным рисунком бренда Monogram Canvas

Существует интересный исторический факт о том, что великий химик Дмитрий Иванович Менделеев в свободное время занимался изготовлением и продажей чемоданов. Великий учёный собственноручно делал прочные и аккуратные дорожные чемоданы, уделяя внимание деталям и качеству материалов. Однажды продавец в Гостином Дворе назвал его «известным чемоданных дел мастером», что и породило анекдот и шутку, но сам учёный действительно любил мастерить и даже придумал особый клей, но в продажу чемоданы не поступали и были всего лишь хобби. Даже когда ученый ослеп в 1895 году, он все равно продолжал делать чемоданы на ощупь. [3]

В 1971 году американский изобретатель Бернар Садоу [4] получил патент на чемодан на колёсиках, что стало ключевым этапом в эволюции этого предмета. Инженер первым предложил конструкцию вертикального двухколесного чемодана с выдвижной ручкой, благодаря чему перемещение багажа стало значительно проще. Но с двумя небольшими колёсами он оказался не универсален: он удобен, но не приспособлен к неровным или грунтовым покрытиям. Поэтому в 1972 им был создан четырехколесный чемодан, который стал более маневренным благодаря роликам вращающимися на 360 градусов и расположеннымными вдоль дна чемодана.

Но чемодан — важный предмет не только для путешествий, но и для решения множества практических задач. Он обеспечивает систематизацию вещей, облегчает их транспортировку на большие расстояния и защищает от повреждений. Современные чемоданы часто имеют отделения для обуви, карманы для ноутбуков и планшетов, а также ремни для фиксации одежды. Такая организация хранения и перевозки вещей называется сложной.

Чемоданы могут включать в себя встроенные зарядные устройства, технологии безопасности такие как смартзамки, защиту от кражи.

Сегодня чемоданы часто специализированы под конкретные задачи [5]. Для посуды делают модели с жёстким

корпусом и амортизирующими перегородками, чтобы защитить хрупкие предметы. Музыканты используют кейсы с формованной подкладкой для надёжной фиксации инструментов. Фотографы выбирают модульные чемоданы с поролоновыми вкладышами для безопасной перевозки камер и объективов.

Одна из разновидностей специализированных чемоданов — портплед. Он предназначался для перевозки одежды в развшанном виде, без смятия и деформации. Его конструкция включала внутренние вешалки и ремни, фиксирующие костюмы и рубашки. Изделие появилось в середине XX века и быстро стало атрибутом путешественников, артистов, и даже дипломатов, для которых важны опрятность и сохранность внешнего вида при транспортировке костюма.

Чемодан воспринимается не только как функциональный объект, но и как отражение стиля и образа жизни владельца.

Студенты выбирают лёгкие и недорогие модели, ориентированные на практичность. Дипломаты предпочитают прочные и лаконичные чемоданы премиального уровня, подчёркивающие статус. Актёрам необходимы объёмные и хорошо организованные модели, позволяющие перевозить костюмы и реквизит. Такое разнообразие подтверждает персонализированный характер чемоданного дизайна.

Чемодан интересен не только как практичный предмет, но и как символ перемещений, приключений и новых открытий. Для многих людей он ассоциируется с путешествиями, что добавляет этому предмету элемент романтики и желания открыть для себя новые горизонты.

Перспективы «эволюции» чемодана выглядят впечатляющими. С развитием технологий и увеличением числа путешествующих людей появляются новые возможности для усовершенствования этого предмета. Умный чемодан (рис. 4): он будет не просто предметом для хранения вещей, а полноценным «умным» устройством.



Рис. 4. Пример чемодана будущего

Встроенные GPS-трекеры помогут отслеживать его местоположение, а также взаимодействовать с мобильными устройствами владельца. Это поможет не только не потерять багаж, но и может автоматически уведомлять вас о его прибытии в аэропорт, избавляя от необходимости стоять у ленты выдачи багажа.

Самоходные чемоданы: некоторые компании, такие как ForwardX Robotics [6], уже предлагают чемоданы с автопилотом, которые следуют за владельцем, используя систему камер и датчиков. Они освободят ваши руки и позволят вам более комфортно передвигаться по аэропорту, особенно с детьми или другим багажом.

В свете повышения осведомленности об экологии, дизайнеры рассматривают возможность изготовления че-

моданов из более устойчивых и перерабатываемых материалов. Современные экологичные практики потребуют использовать биоразлагаемые или переработанные ткани и пластик для создания этого предмета, что сделает его более экологичным.

Чемодан «прошел», «проехал», «пролетел» долгий путь от простого кожаного мешка до высокотехнологичного багажа, и его эволюция продолжится в ближайшие годы.

Этот предмет не только утратил свою роль как «просто сумка», но и стал полноценным элементом, который влиял и влияет на качество путешествий. Будущее чемоданов связано с новыми технологиями, экологией и инновациями, что делает его одним из самых перспективных и интересных предметов для путешествий в XXI веке.

Литература:

1. <https://dzen.ru/a/YTxMUHXLdDT-ivKF?ysclid=mjd17zz3h7193675483> — древние чемоданы
2. <https://www.chemodan.ru/news/lovu/> — Луи Виттон
3. <https://kulturologia.ru/blogs/290516/29749/> — хобби Менделеева
4. <https://limon.kg/ru/news:63554> — изобретатель чемодана на колесах
5. <https://www.air-fashion.com/BLOG/2/1904211401> — современные чемоданы
6. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.f221f250-6945819a-796ea961-74722d776562/https/www.digitaltrends.com/cool-tech/forwardx-cx-1-self-following-smart-suitcase/ — умный чемодан ForwardX Robotics

Опыт изменения схемы опирания колонны встройки для снятия коллизии, выявленной в ходе авторского надзора за строительством

Трофимов Дмитрий Петрович, главный инженер проекта
ООО «Институт «Мосинжпроект» (г. Москва)

Гибадуллин Марат Радикович, старший инженер-проектировщик
Казанский национальный исследовательский технологический университет

В статье приведен пример работы по устранению коллизии, выявленной в ходе авторского надзора за строительством: фактическая привязка приямка не соответствовала проекту и мешала дальнейшему устройству колонны встройки, база которой оказывалась опертой на стенку приямка. С целью размещения базы колонны, было разработано изменение схемы опирания колонны с жесткой заделки на шарнирное опирание.

Ключевые слова: авторский надзор, устранение коллизий, база колонны, шарнирное опирание.

Ведение авторского надзора за строительством предполагает не только надзор за соблюдением требований проектной документации, но и разрешение коллизий, возникающих в ходе выполнения строительно-монтажных работ.

Среди наиболее часто возникающих коллизий, которые требуют тщательного анализа и последующей разработки технических решений, следует отметить различные отклонения в свайных фундаментах [1÷3], несоосность вертикальных элементов [4], различные нестыковки между вновь возводимыми и существующими конструкциями [5]. Нередко для разработки технических решений требуется перерасчет отдельных элементов [4÷6] или несущего каркаса в целом [7, 8].

Рассмотрим коллизию, выявленную в ходе авторского надзора за строительством стального каркаса встройки (см. рис. 1÷рис. 3).

Было выявлено, что после установки одной из колонн встройки, опирание ее базы произошло на стенку ранее выполненного приямка (выполнен с непроектной привязкой) в железобетонном основании пола (см. рис. 4).

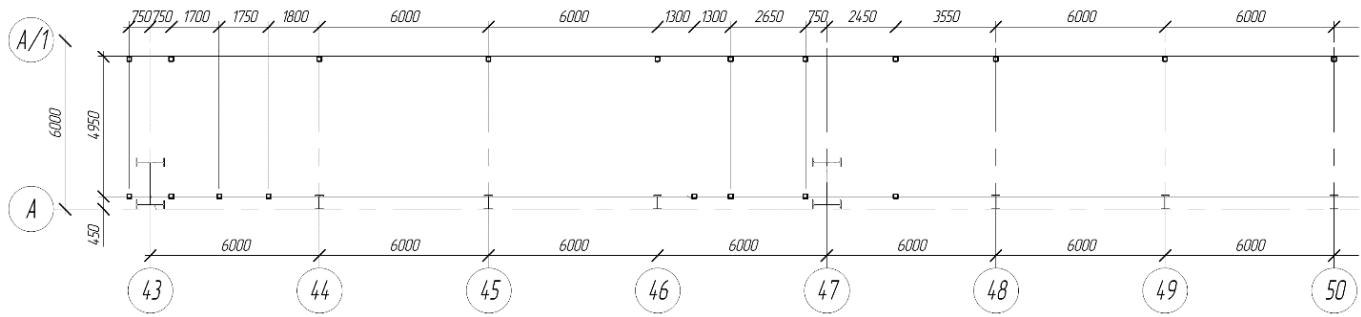


Рис. 1. Схема расположения колонн встройки

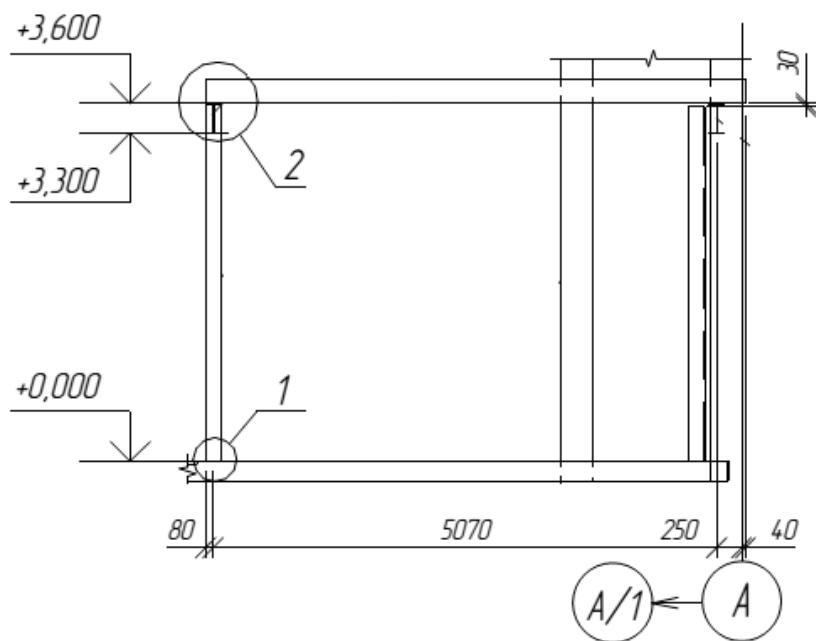


Рис. 2. Поперечное сечение встройки

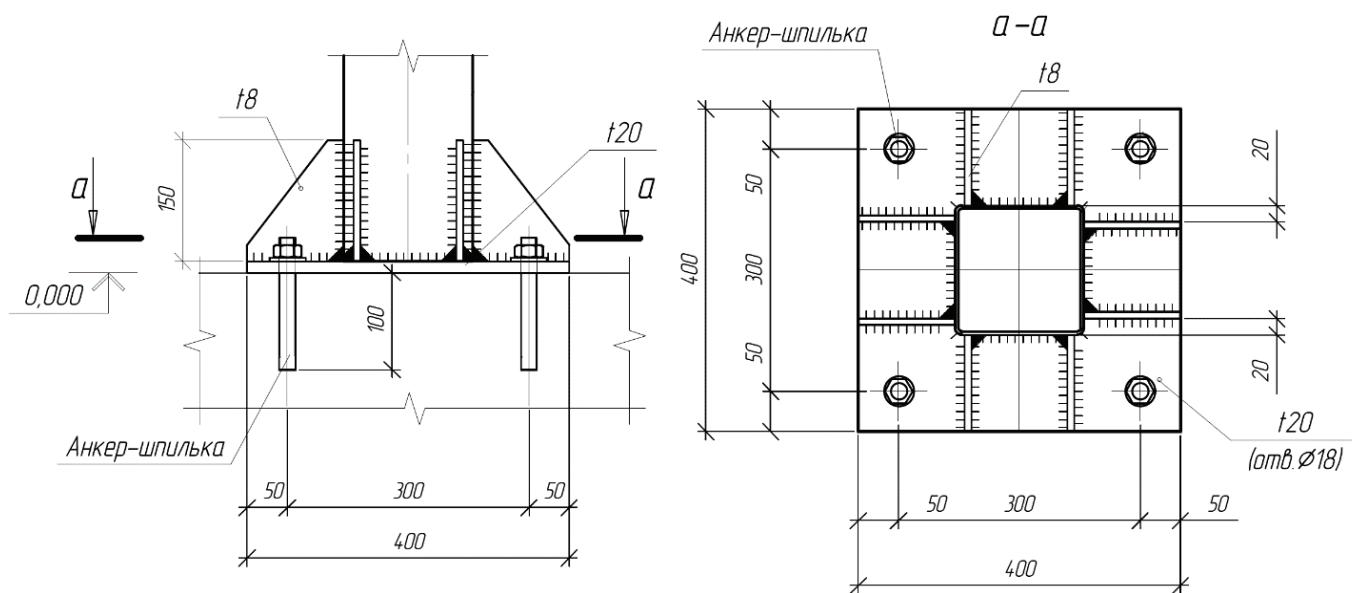


Рис. 3. Проектное решение базы колонны (жесткая заделка)



Рис. 4. Выявленное непроектное положение приямка вблизи установки колонны в осях А — А/1 и 47–48

Взаимное непроектное расположение базы колонны и приямка приводит к следующему:

1. расстояние от оси недостающего анкерного болта (по рис. 4) до грани стенки приямка меньше предельно допустимого, что после его установки может привести к выкалыванию бетона не только в ходе работы колонны под нагрузкой, но уже в ходе установки болта (пример подобного случая рассмотрен в [9]);

2. отсутствие возможности проектного перекрытия приямка съемным стальным щитом.

При этом, расчеты показали, что само по себе непроектное опирание базы колонны на стенку приямка не уменьшает несущую способность базы колонны или приямка. Возможное повреждение арматуры стенки приямка при установке анкерного болта так же не приведет к снижению её несущей способности, так как по результатам расчета она является сжатым элементом [10].

Однако, указанное непроектное решение негативно сказывается на последующей эксплуатации приямка, так как не позволяет перекрыть его проектным съемным щитом. В то время как разрезка щита для расхождения с базой колонны меняет его проектную схему работы (пластиинка, опертая по четырем сторонам) и снижает несущую способность, как по прочности, так и по деформациям. Кроме того, наличие вырезов в щите вызывает неудобства в ходе его эксплуатации (возможное заклинивание при съеме и установке, постоянная необходимость «правильной» установки с учетом выреза и т. п.).

В ходе анализа проектной документации, было установлено, что ширина грузовой площади рассматриваемой колонны является наименьшей по сравнению с соседними колоннами каркаса встройки (см. рис. 1). В связи с этим, была рассмотрена возможность изменения схемы опирания колонны: с жесткого защемления на шарнирное. Изменение схемы опирания позволяет выполнить срезку участка базы колонны (ребер и опорной пластиинки) попадающих в зону опирания щита и отказаться от установки анкерных болтов в стенку приямка (см. рис. 5, рис. 6).

При этом:

1. наличие подкрепляющих ребер на участке опорной пластины со стороны, противоположной приямку, исключает одиночную работу опорной пластины, описанную в [11];

2. отсутствие растягивающих напряжений со стороны приямка, не нагружает оставшийся сварной шов, исключая потерю его несущей способности раньше опорной плиты [12].

Хотя соотношение жесткостей в каркасе встройки остается постоянным, изменение узла сопряжения одной колонны с основанием приводит к некоторому перераспределению усилий во всех элементах каркаса [13, 14] и изменению расчетных длин смежных колонн, что было учтено в ходе расчета в ПК Лира-САПР и последующих поверочных расчетах элементов согласно указаниям [15].

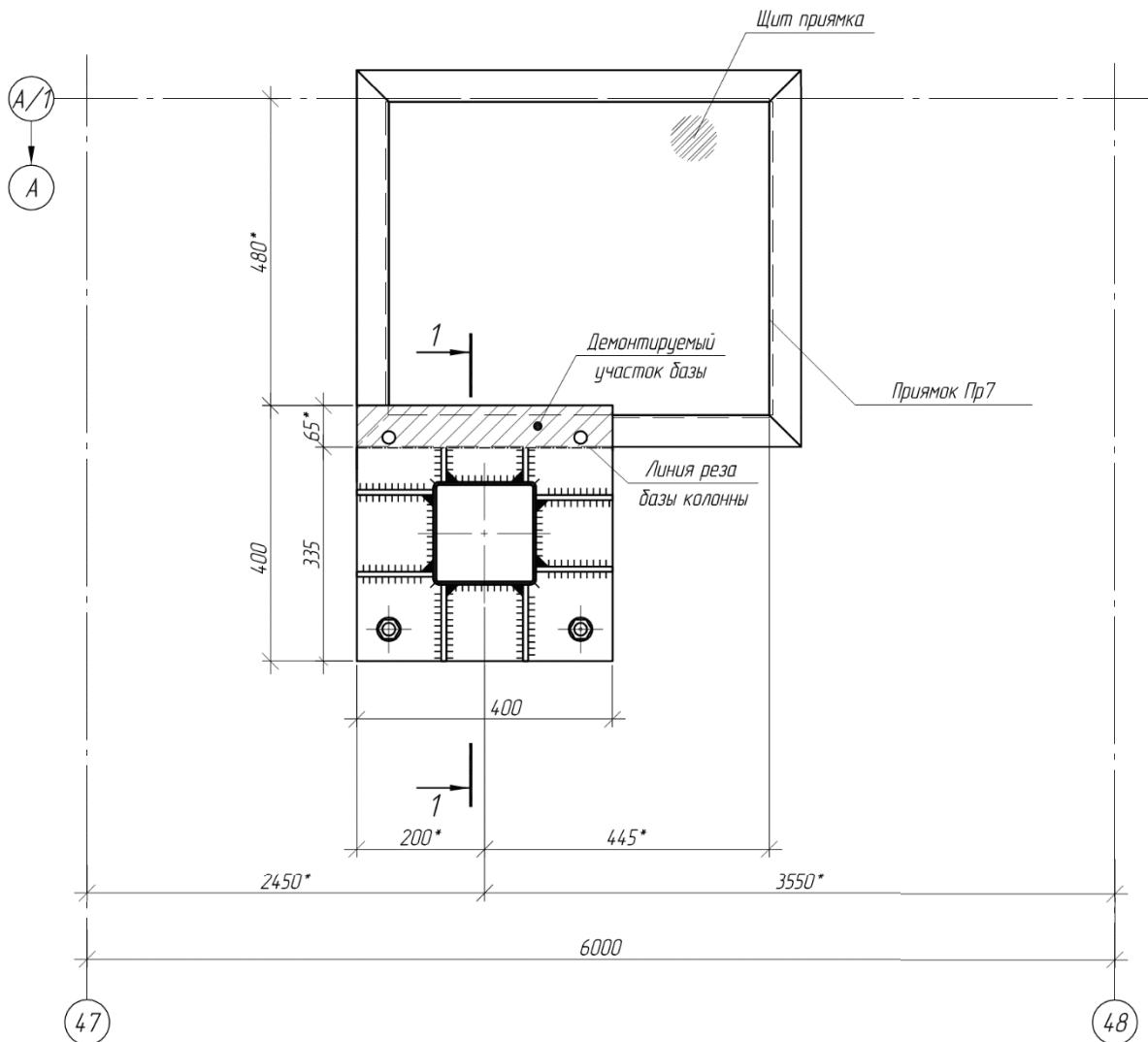


Рис. 5. Изменение конструкции базы колонны (вид в плане)

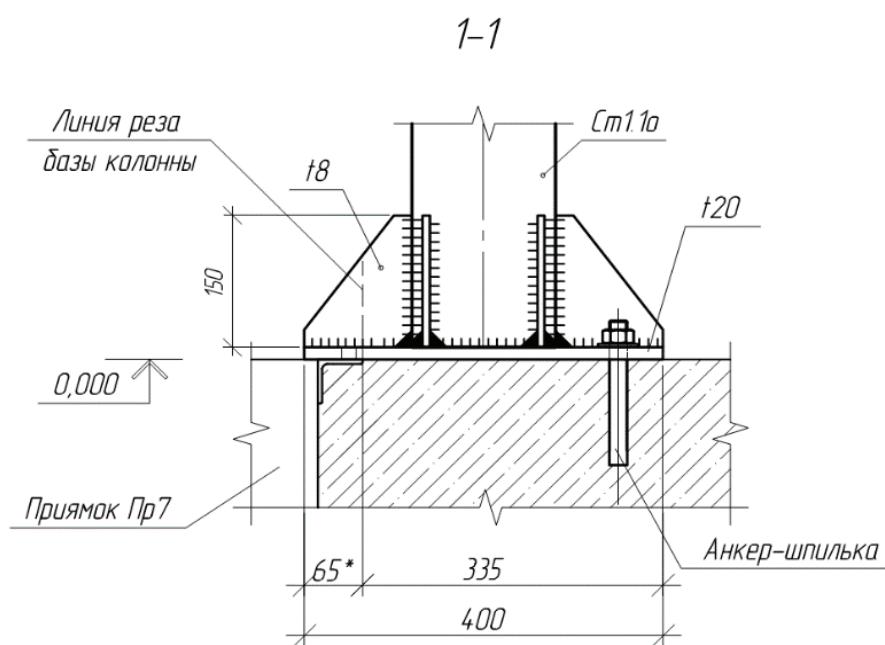


Рис. 6. Изменение конструкции базы колонны (сечение)

Литература:

- Гандельсман, А. И. Исследование причин смещения свай при устройстве фундаментов жилого дома / А. И. Гандельсман // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования: сборник статей VI Международной научно-практической конференции: в 3 ч., Пенза, 30 декабря 2019 года. Том Часть 1. — Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г. Ю.), 2019. — С. 45–50. — EDN KFLYUP.
- Косяков, А. Ю. влияние отклонения свай при забивке от их проектного положения на несущую способность центрально нагруженного свайного куста / А. Ю. Косяков, В. П. Фатиев, А. Е. Лыгин // Семьдесят вторая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием: Сборник материалов конференции. В 3-х частях, Ярославль, 24 апреля 2019 года. Том Часть 2. — Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2019. — С. 987–990. — EDN VEZXNE.
- Трофимов, Д. П. Применение контрольных карт Шухарта для контроля качества выполнения свайных работ / Д. П. Трофимов // Молодой ученый. — 2022. — № 31(426). — С. 41–44. — URL: <https://moluch.ru/archive/426/94340/> (дата обращения: 20.12.2025). — EDN QNFTNR.
- Мирсаяпов, И. Т. Усиление зон продавливания плиты перекрытия при несоосности вертикальных несущих элементов по высоте здания / И. Т. Мирсаяпов, Г. П. Никитин, М. Ф. Ханбеков // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. — 2022. — № 4(62). — С. 30–39. — DOI 10.52409/20731523_2022_4_30. — EDN FCMXSE.
- Файзулхакова, А. Р. Опыт проектирования устройства дверного проема в стенке железобетонной стропильной балки / А. Р. Файзулхакова, Д. П. Трофимов // Молодой ученый. — 2022. — № 44(439). — С. 52–58. — URL: <https://moluch.ru/archive/439/96109/> (дата обращения: 20.12.2025). — EDN AWJVTW.
- Плевков, В. С. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: Атлас схем и чертежей / В. С. Плевков, А. И. Мальганов, А. И. Полищук. — Томск: Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. — 316 с. — EDN VJMUKR.
- Использование САПР при проведении аудита расчетной части проектной документации / М. М. Айзатуллин, И. А. Гарькина, Л. С. Сабитов [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. — 2024. — № 9. — С. 7–10. — EDN BVFULV.
- Глушкин, И. В. Расчет мостового перехода с учетом выявленных при строительстве нарушений / И. В. Глушкин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2012. — Т. 3. — С. 370–376. — EDN RXBEKV.
- Малахова, А. Н. Анализ причин разрушения металлической рамы при аварии возводимого складского здания / А. Н. Малахова, Д. В. Морозова // Системные технологии. — 2017. — № 2(23). — С. 61–65. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32336542_47960183.pdf (дата обращения: 20.12.2025). — EDN YMWICJ.
- Хаертдинова, И. И. К корректировке конструктивных требований норм СП 52–101–2003 в случаях ненужности стальной арматуры по расчеты прочности в сжатых элементах из армированного бетона / И. И. Хаертдинова // Тезисы докладов 64-й Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. — Казань: Издательство КГАСУ. — 2018. — С. 43–44.
- Аллатов, В. Ю. Исследования жесткости узла базы стальной колонны, состоящей из одной опорной плиты / В. Ю. Аллатов, А. О. Лукин, А. А. Сахаров // Промышленное и гражданское строительство. — 2015. — № 9. — С. 9–14. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24229202_14981973.pdf (дата обращения: 20.12.2025). — EDN UKFKDV.
- Михаськин, В. В. Исследование напряженно-деформированного состояния некоторых конструктивных решений шарнирно-опертых баз стальных колонн / В. В. Михаськин // Экономика строительства. — 2023. — № 4. — С. 211–215. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_53757160_20851418.pdf (дата обращения: 20.12.2025). — EDN IPVYYK.
- Лимонина, А. А. Влияние жесткости узла базы колонны на усилия, напряжения и перемещения в стальном каркасе / А. А. Лимонина // Серия «Строительство»: Сборник статей магистрантов и аспирантов. В 2-х томах. Том 2. Выпуск 3. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. — С. 116–124. — EDN CUYGDY.
- Хаертдинова, И. И. Расчет плоских рам на основе полной системы уравнений строительной механики при различной идеализации конструкций и учете различных факторов / И. И. Хаертдинова // Тезисы докладов 63-й Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. — Казань: Издательство КГАСУ. — 2017. — С. 125.
- СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Поправкой, с Изменением N 1, 2)

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 51 (602) / 2025

Выпускающий редактор Г. А. Письменная

Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова

Художник Е. А. Шишков

Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

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

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 31.12.2025. Дата выхода в свет: 07.01.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.