

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сыктывкарский лесной институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (СЛИ)

*Посвящается Десятилетию науки
и технологий в Российской Федерации
Году единства народов России
Году села в Республике Коми*

ФЕВРАЛЬСКИЕ ЧТЕНИЯ

Сборник материалов
научно-практической конференции
по итогам научно-исследовательской работы 2025 года
преподавателей Сыктывкарского лесного института

г. Сыктывкар, Сыктывкарский лесной институт,
25—27 февраля 2026 года

Научное электронное издание на компакт-диске

Сыктывкар 2026

Издается по решению оргкомитета конференции.

Утверждено редакционно-издательским советом Сыктывкарского лесного института.

РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

главный редактор: **Л. А. Гурьева**, директор СЛИ, кандидат юридических наук, доцент;
ответственный редактор: **Е. В. Мельниченко**, начальник отдела обеспечения образовательной, научной и инновационной деятельности, кандидат культурологии

Редакционная коллегия:

В. А. Дёмин, доктор химических наук, старший научный сотрудник; **О. А. Конык**, кандидат технических наук, доцент; **М. Н. Кочева**, ст. преподаватель; **И. В. Левина**, кандидат экономических наук, доцент; **В. В. Пахучий**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор; **Д. А. Плешев**, кандидат физико-математических наук, доцент; **Г. Г. Романов**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **П. В. Соловьев**, кандидат технических наук; **Ю. Я. Чукреев**, доктор технических наук, старший научный сотрудник.

Научно-практическая конференция «Февральские чтения» посвящена Десятилетию науки и технологий.

«Февральские чтения» — это научно-практическая конференция, на которой преподаватели института подводят итоги своей научно-исследовательской работы за прошедший календарный год, ставят перед собой новые цели и задачи, строят планы на будущее.

В данном сборнике представлены результаты научных исследований преподавателей по темам кафедральных НИР.

Сборник материалов конференции размещается в наукометрической базе РИНЦ. Материалы сборника предназначены для студентов, магистрантов и аспирантов, а также рассчитаны для широкого круга читателей.

Сборник не рецензируемый. Статьи опубликованы в редакции авторов с незначительными техническими правками.

В подготовке сборника принимали участие отдел ООНИИД (начальник *Е. В. Мельниченко*), библиотека (заведующий библиотекой *И. А. Штельмах*), отдел информационного обеспечения (ведущий программист *М. В. Лодыгин*, инженер *Н. А. Надуткин*).

* * *

Научное электронное издание на компакт-диске

Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова» (СЛИ),
167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Издано в СЛИ. Заказ № 1. Тираж 15 экз. Объем 7 Мб.

Поставляется на одном CD-ROM диске и может быть использовано в локальном и сетевом режимах.

Минимальные системные требования: процессор с тактовой частотой 1,5 ГГц и выше; операционные системы Microsoft Windows XP/2003/Vista/7/8/10; 1 Гб оперативной памяти; не менее 380 Мб свободного дискового пространства; наличие установленной программы для чтения pdf файлов.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	8
АННОТАЦИИ	9
СТАТЬИ	17
Баканач Е. А., Угрюмов С. А. Анализ лесозаготовок в Северо-Западном федеральном округе РФ	17
Беспалов Р. С., Угрюмов С. А. Оптимизация работы форвардера при проведении сплошных рубок	22
Вайс К. Е., Слабиков В. С. Исследование условий проектирования и строительства зданий и сооружений на территории крайнего севера России (на примере Республики Коми)	26
Гананольский С. Г., Кочева М. Н. Снижение энергоемкости процесса сушки пиломатериалов за счет оптимизации принципиальных схем сушильных камер периодического действия	31
Готман Н. Э. Выбор входных параметров нейронной сети глубокого обучения для задачи определения состояния линий электропередачи на примере 39-узловой тестовой схемы	35
Дёмин В. А., Булычев В. А., Игнатов Д. Я. Гидрофобизация целлюлозы парафином	43
Дёмин В. А., Патов В. А. Анализ потенциометрических кривых при кулонометрическом определении хлорного числа лигноцеллюлозных материалов	51
Дёмин В.А., Соин С.С., Хозяинова Ю.М., Эйвазова А.М. Азотнокислая варка биологически пораженной древесины осины	58
Дёмин В.А., Соин С.С., Хозяинова Ю.М., Эйвазова А.М. Изменения химического состава древесины под действием грибов	63
Евстафьев Н. Г., Королёв В. В. К вопросу оценки расхода топлива при валке деревьев бензопилами	71
Иванов А. М. Повышение эксплуатационных свойств мебельных изделий	85
Кельник А. С., Сакович А. А. Эпифитный бриокомпонент <i>Carpinus betulus</i> L. северо-восточной части лесопарка Румлево	89
Киртичёва О. А., Лобанов А. Ю. Опыт внедрения модели «Триединство»	94
Королева М. П., Тулинов А. Г. Определение физиологического периода покоя клубней картофеля, выращенного в условиях Республики Коми	98
Кульминский А. Ф. Транспортно-технологический пакет на лесозаготовках в Республике Коми	101
Лиханова Н. В. Изменения в бюджете углерода органического вещества и экологические последствия под воздействием сплошных рубок в среднетаежных ельниках	106
Лобанов А. Ю. Результаты инвентаризации коллекции растений Ботанического сада Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина	111
Микова Е. Ю. Научное наследие И. В. Горынина: прорывные разработки конструкционных материалов и их роль в современном строительстве	114
Миронов М. В., Полина И. Н. Изменения в охране труда в 2025 году	118
Никифорова Ж. Ф. Изучение технологии информационного моделирования (ТИМ) объектов капитального строительства в Сыктывкарском лесном институте (какие компетенции и профессиональные навыки по ТИМ должен иметь студент после окончания вуза)	121

<i>Омарова З. С.</i> Информационный риск-менеджмент: стратегии эффективных решений	139
<i>Омарова З. С.</i> Сильная культура кибербезопасности как основа цифровой устойчивости организации	147
<i>Пахучий В. В., Пахучая Л. М., Сельков Д. В.</i> Динамика соотношения площади возрастных групп древостоев в лесном фонде Республики Коми	154
<i>Попова Т. В.</i> О содержании обучения письменному переводу научных текстов студентов направления подготовки «Лесное дело» (на материале английского языка)	160
<i>Романов Г. Г.</i> Землеустройство на территориях проживания коренных малочисленных народов Севера в Республике Коми	166
<i>Рыженко И. В., Киртичёва О. А.</i> Автоматическое управление насосной станцией	176
<i>Самородницкий А. А., Лялькин Г. А.</i> Об особенностях применения принципа оптимальности Беллмана при составлении задач	180
<i>Самородницкий А. А., Помысов М. И., Самохвалов С. И.</i> Об одном методе генерации псевдослучайных чисел	194
<i>Самородницкий А. А., Сластихина Л. В.</i> О математическом моделировании показателей эффективности работы предприятия	202
<i>Скроцкая О. В.</i> Систематическая структура коллекции рода <i>Sorbus l.</i> в ботаническом саду института биологии Коми НЦ УрО РАН	213
<i>Созинов О. В., Паршина Е. И., Садковская А. И.</i> Сравнительная характеристика плотности запаса сырья и обилия <i>Vaccinium vitis-idaea</i> в сосняках зеленомошных в условиях средней тайги Республики Коми и смешанных лесов Беларуси	218
<i>Тулинов А. Г.</i> Разработка экспериментального устройства для прайминга семян	222
<i>Чукреев М. Ю.</i> Влияние информации на задачу балансовой надежности	227
<i>Чукреев Ю. Я.</i> Взаимосвязь социально-экономических проблем с вероятностными показателями обеспечения балансовой надежности электроэнергетических систем	232
<i>Шарапова С. И.</i> Конверсия как один из способов обогащения словарного состава языка	238
<i>Шеремет О. О., Алексеева Е. А.</i> Моделирование социально-экономических детерминант конкурентоспособности персонала на отраслевом уровне (на примере Республики Беларусь)	243

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Сыктывкарском лесном институте 25—27 февраля 2026 г. состоялась научно-практическая конференция «Февральские чтения: по итогам научно-исследовательской работы Сыктывкарского лесного института в 2025 году», которая была посвящена Десятилетию науки и технологий, Году единства народов России, Году села в Республике Коми.

Сыктывкарский лесной институт (СЛИ) реализует проекты научной, образовательной и профориентационной направленности: сочетание передовых научных исследований, инженерно-конструкторской мысли и вовлеченности студенческой молодежи определяет СЛИ ведущим инновационным центром, где одним из приоритетных направлений является научно-исследовательская деятельность, а профессорско-преподавательский состав СЛИ содействует привлечению студенческой молодежи в сферу исследований и разработок.

Ключевым событием конференции является пленарное заседание, на котором были освещены исторические корни Российского единства в докладе **Шабаяева Юрия Петровича**, доктора исторических наук, заведующего сектором этнографии Коми НЦ УрО РАН. Проблематика на тему «Электронные ресурсы как эффективный инструмент профессиональной поддержки педагогов» представлена **Белозерской Валентиной Александровной**, зав. сектором электронных и услуг ГБУ РК «Национальная библиотека Республики Коми»; место и роль Россельхозбанка в аграрном секторе экономики Российской Федерации раскрыты в докладе **Абсалямова Руслана Раисовича**, директора Коми АО «Россельхозбанка» и завершающим докладом пленарного заседания стала тема «Нелинейные магнитоакустические уравнения ферромагнитного слоя».

Научно-практическая конференция «Февральские чтения» подчеркивает достижения СЛИ за прошедший год, служит напоминанием о том, что наука — это движущая сила прогресса, которая способна преобразовать мир вокруг нас. Участниками конференции являются преподаватели из образовательных организаций Лесного образовательного кластера Республики Коми, также в этом году к конференции присоединились коллеги из Республики Беларусь.

Оргкомитет

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Алексеева Е. А.
Баканач Е. А.
Беспалов Р. С.
Булычев В. А.
Вайс К. Е.
Ганапольский С. Г.
Готман Н. Э.
Дёмин В. А. (1, 2, 3, 4)
Евстафьев Н. Г.
Иванов А. М.
Игнатов Д. Я.
Кельник А. С.
Кирпичёва О. А. (1, 2)
Королёв В. В.
Королева М. П.
Кочева М. Н.
Кульминский А. Ф.
Лиханова Н. В.
Лобанов А. Ю. (1, 2)
Лялькин Г. А.
Микова Е. Ю.
Миронов М. В.
Никифорова Ж. Ф.
Омарова З. С. (1, 2)
Паршина Е. И.
Патов В. А.
Пахучая Л. М.
Пахучий В. В.
Полина И. Н.
Помысов М. И.
Попова Т. В.
Романов Г. Г.
Рыженко И. В.
Садковская А. И.
Сакович А. А.
Самородницкий А. А. (1, 2, 3)
Самохвалов С. И.
Сельков Д. В.
Скроцкая О. В.
Слабиков В. С.
Сластихина Л. В.
Созинов О. В.
Соин С.С. (1, 2)
Тулинов А. Г. (1, 2)
Угрюмов С. А. (1, 2)
Хозяинова Ю.М. (1, 2)
Чукреев М. Ю.
Чукреев Ю. Я.
Шарапова С. И.
Шеремет О. О.
Эйвазова А.М. (1, 2)

АННОТАЦИИ

Баканач Е. А., Угрюмов С. А. АНАЛИЗ ЛЕСОЗАГОТОВОК В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ РФ

В статье приведен анализ отчетных данных с бортового компьютера валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины на базе экскаватора. Был выполнен расчет процентного соотношения заготовленной древесины по породам и размерным параметрам сортиментов применительно к природно-производственным условиям СЗФО РФ.

Беспалов Р. С., Угрюмов С. А. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ФОРВАРДЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЛОШНЫХ РУБОК

В статье представлен обзор и анализ работы форвардеров среднего класса на сплошных рубках. Представлены основные проблемы, возникающие при производственном процессе, и возможные пути улучшения и оптимизации производственного процесса на различных лесосеках.

Вайс К. Е., Слабиков В. С. ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

В статье проведено исследование условий проектирования и строительства объектов различного назначения в районах Крайнего Севера и приравненных к ним районов. Рассмотрено состояние условий, характеризующих эти районы на территории Республики Коми. Проведено исследование инженерно-геологических условий многолетнемерзлых грунтов и сезоннопромерзаемых грунтов в этих районах. Предложены возможные решения для применения при проектировании и строительстве объектов различного назначения с учетом природно-климатических условий этих районов.

Гананольский С. Г., Кочева М. Н. СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Для снижения энергоемкости процесса сушки пиломатериалов в воздушных конвективных камерах периодического действия, а также повышения теплового КПД применяемых топочных агрегатов предлагается оснастить топочные агрегаты теплообменниками для предварительного нагревания свежего воздуха, подаваемого в сушильные камеры.

Готман Н. Э. ВЫБОР ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ПРИМЕРЕ 39-УЗЛОВОЙ ТЕСТОВОЙ СХЕМЫ

В статье рассмотрено применение сверточных нейронных сетей с использованием зашумленных значений векторных измерений напряжения и тока для определения топологии электрической сети в аварийном и послеаварийном режимах на примере 39-узловой тестовой схемы.

Дёмин В. А., Булычев В. А., Игнатов Д. Я. ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПАРАФИНОМ

Проведено изучение возможности гидрофобизации сульфатной целлюлозы парафином. В качестве растворителя использован бензин. Определены зависимости водопоглощения, поглощения нефтепродукта — отработанного моторного масла, в зависимости от удельного расхода парафина. Проведена оценка избирательности сорбции нефтепродукта сорбентами на основе целлюлозы и макулатуры.

Дёмин В. А., Патов В. А. АНАЛИЗ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ КРИВЫХ ПРИ КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРНОГО ЧИСЛА ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведен анализ потенциометрических кривых, полученных в условиях бездиафрагменного электролиза водного раствора соляной кислоты, суспензии небеленой целлюлозы, суспензии биологически пораженной древесины осины, суспензии древесной муки из сосны в растворе соляной кислоты при разном отношении скоростей генерирования хлора и его расхода на реакцию с лигнином, содержащемся в технических целлюлозах и древесине.

Показано, что кулонометрический метод с потенциометрической индикацией точки эквивалентности может быть использован для быстрого определения хлорного числа, косвенно характеризующего содержание лигнина в небеленых волокнистых полуфабрикатах, а также в древесине, размолотой до состояния древесной муки.

Дёмин В.А., Соин С.С., Хозяинова Ю.М., Эйвазова А.М. АЗОТНО-КИСЛАЯ ВАРКА БИОЛОГИЧЕСКИ ПОРАЖЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ

Проведено экспериментальное изучение возможности использования азотнокислой варки с последующей щелочной обработкой для получения целлюлозного коротковолокнистого или порошкового продукта из нестандартного сырья — древесины осины, глубоко поражённой осиновым трутовиком.

Показано, что выход целлюлозного продукта из биологически пораженной древесины осины при обработках по схеме: HNO_3 — NaOH при жидкостном модуле 10:1, температуре 90 °С сопоставим или несколько ниже выходов суль-

фатной целлюлозы для химической переработки из здоровой древесины (минимальный около 47 %). Возможные области применения полученного продукта — фармацевтика, сорбционные материалы, темплатный синтез керамических материалов.

Дёмин В.А., Соин С.С., Хозяинова Ю.М., Эйвазова А.М. ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРЕВЕСИНЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГРИБОВ

Биоразложение фитомассы древесных растений в результате жизнедеятельности грибов, протекающее в естественных условиях, с одной стороны, приводит к существенным потерям деловой древесины, ухудшению технико-экономических показателей работы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, снижению качества продукции целлюлозно-бумажного производства. С другой стороны, изменения в химическом составе древесины при поражении грибами различных видов (т.е. с различными ферментными системами) могут служить основой для направленного изменения свойств древесного сырья, для использования ферментов в качестве биокатализаторов многих биотехнологических процессов с целью получения как низкомолекулярных (экстрагируемых) продуктов, так и для выделения высокомолекулярных продуктов, обогащенных целлюлозой или лигнином, или их частично разрушенных композиций, которые после минимальной химической обработки можно использовать в качестве порошковых или волокнистых сорбентов, наполнителей, носителей лекарственных форм, антиоксидантов и в др.

Евстафьев Н. Г., Королёв В. В. К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ ВАЛКЕ ДЕРЕВЬЕВ БЕНЗОПИЛАМИ

Для оценки расхода топлива при валке деревьев бензопилами используется удельный расход топлива на разрабатываемой лесосеке, определяемый на основе часового расхода топлива, рассчитываемого с учетом мощности и удельного расхода топлива внешней скоростной характеристики бензопил, определяемого с использованием кусочно-составной формулы Лейдермана.

Иванов А. М. ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В данной статье проанализированы некоторые вопросы проектирования элементов мебели, представлен широкий обзор на подъемные механизмы для мебели, описаны их характеристика и применение. Затронуты вопросы снижения себестоимости, повышения технологичности и других характеристик. Описаны возможные проблемы, возникающие при неграмотно подобранном виде подъемного механизма.

Кельник А. С., Сакович А. А. ЭПИФИТНЫЙ БРИОКОМПОНЕНТ *CARPINUS BETULUS* L. СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОПАРКА РУМЛЕВО

В работе исследован эпифитный бриокомпонент *Carpinus betulus* L. в северо-восточной части лесопарка «Румлёво» (г. Гродно, Беларусь). Выявлен 21 вид мохообразных из 17 родов, 13 семейств и 2 классов. Проведен эколого-ценотический анализ. Полученные данные подчёркивают важную роль коры граба как субстрата для развития разнообразного эпифитного мохового покрова в условиях урбанизированной территории.

Кирпичёва О. А., Лобанов А. Ю. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ МОДЕЛИ «ТРИЕДИНСТВО»

В статье рассматриваются системные проблемы, характерные для традиционных моделей наставничества в среднем профессиональном образовании. На основе анализа практики ГАПОУ «Сыктывкарский лесопромышленный техникум» представлено авторское решение — комплексная модель кураторского сопровождения «Триединство: наставник — наставляемый — куратор». Описаны механизмы ее реализации, включающие диагностику, разработку персонализированных программ и совместную научно-методическую деятельность. Приведены конкретные результаты внедрения модели.

Королева М. П., Тулинов А. Г. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРИОДА ПОКОЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

В статье представлены исследования по определению периода физиологического покоя клубней картофеля сортов Печорский, Невский и гибридов 1992-14 (Удача×Элмундо), 2000-60 (КоLETTE×FZ 1867), выращенных в агроклиматических условиях Республики Коми (г. Сыктывкар). По результатам исследования выделен гибрид 2000-60 и сорт Печорский, у которых период физиологического покоя клубней составил 122 дня при накоплении суммы положительных температур 2550 °С и 118 дней при сумме температур 2468 °С соответственно. Выделившиеся образцы оценены как потенциально пригодные для длительного хранения в условиях северных регионов.

Кульминский А. Ф. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАКЕТ НА ЛЕСОЗАГОТОВКАХ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Приведены значения масс транспортно-технологических пакетов древесины хвойных и лиственных пород в зависимости от длины сортиментов. Предложен вариант логистики, включающий технологические операции заготовки, погрузки, перевозки, разгрузки транспортно-технологического пакета в условиях Республики Коми.

Лиханова Н. В. ИЗМЕНЕНИЯ В БЮДЖЕТЕ УГЛЕРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СПЛОШНЫХ РУБОК В СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКАХ

В статье оценены запасы органического вещества или углерода в спелых среднетаежных ельниках черничном влажном и долгомошно-сфагновом Республики Коми, а также на их 4-летних вырубках после сплошнолесосечной рубки. Установлено, что в спелых ельниках основная доля углерода сосредоточена в древесном ярусе и почве, тогда как на вырубках ведущую роль в депонировании углерода играют растения напочвенного покрова и оставленные после рубки крупные древесные остатки. Запасы углерода в фитомассе ценозах вырубок оказались в 1,5—1,7 раза ниже, чем в исходных ельниках, при этом эмиссия CO₂ с поверхности почв на вырубках были в 2—3 раза выше. Показано, что спелые еловые экосистемы выполняют функцию стока углерода, а вырубки становятся источником. Полученные результаты подтверждают значительное изменение углеродного баланса лесных экосистем под влиянием сплошных рубок и подчеркивает необходимость минимизации повреждения почвы, сохранения подроста и своевременного лесовосстановления.

Лобанов А. Ю. РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ КОЛЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА СЫКТЫВКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. ПИТИРИМА СОРОКИНА

Ботанический сад СГУ им. Питирима Сорокина создается в 1974 году. Его коллекция, собранная силами студентов и сотрудников, включает редкие виды, интродуцированные со всей России. Сад выполняет ключевые задачи: сохранение биоразнообразия, обеспечение учебного процесса и научных исследований. На 2025 год коллекция семян насчитывает 916 образцов, из которых 37 — редкие виды. Дальнейшие планы развития направлены на инвентаризацию посадок и активизацию интродукционной работы.

Микова Е. Ю. НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ И. В. ГОРЫНИНА: ПРОРЫВНЫЕ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ РОЛЬ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассматривается научное наследие выдающегося российского учёного-материаловеда, академика РАН И. В. Горынина, чьи фундаментальные исследования и прикладные разработки оказали существенное влияние на развитие отечественного и мирового материаловедения.

В ходе исследования рассмотрены: прорывные разработки в области конструкционных материалов; влияние разработок на современное строительство; научные методы и подходы, заложенные Горыниным; современное развитие идей И. В. Горынина.

Научное наследие И. В. Горынина сохраняет высокую практическую ценность, его подходы к конструированию материалов с заданными свойствами продолжают развиваться в современных исследованиях. Разработанные им

принципы легирования, термической обработки и наноструктурирования легли в основу новых поколений конструкционных материалов, востребованных в строительстве, энергетике и транспорте.

Миронов М. В., Полина И. Н. ИЗМЕНЕНИЯ В ОХРАНЕ ТРУДА В 2025 ГОДУ

В статье рассмотрены основные изменения в сфере охраны труда в Российской Федерации в 2025 году. Проанализированы требования к системе управления охраной труда, оценке профессиональных рисков, обучению работников, обеспечению средствами индивидуальной защиты и ведению документации. Отдельное внимание уделено развитию риск-ориентированного подхода и профилактических форм государственного контроля.

Никифорова Ж. Ф. ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЫКТЫВКАРСКОМ ЛЕСНОМ ИНСТИТУТЕ (КАКИЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ НАВЫКИ ПО ТИМ ДОЛЖЕН ИМЕТЬ СТУДЕНТ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ВУЗА)

В статье рассматривается развитие ТИМ-технологий в строительной отрасли, актуальность подготовки молодых специалистов, владеющих соответствующими методами, технологиями, программами. Приведены примеры расширения обучения студентов ТИМ-технологиям в высших учебных заведениях Российской Федерации.

В ходе исследования рассмотрены: современное определение понятий по ТИМ, используемых в нормативных документах; развитие нормативной базы по ТИМ-технологиям; влияние ТИМ-технологий на современное строительство; актуальность обучения в высших учебных заведениях ТИМ-технологиям.

Омарова З. С. ИНФОРМАЦИОННЫЙ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ: СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

В современной технологически ориентированной бизнес-среде организации сталкиваются с растущим и разнообразным спектром проблем безопасности данных и систем, киберугрозы постоянно эволюционируют, что обуславливает необходимость разработки и внедрения инновационных и проактивных мер защиты. Эффективное управление информационными рисками становится критически важным для защиты данных, обеспечения непрерывности бизнес-процессов, минимизируя ущерб от кибератак и внутренних угроз. Информационный риск-менеджмент рассматривает управление информационными рисками не как единовременную задачу, а как комплексную, взаимосвязанную систему, охватывающую все аспекты информационной безопасности. Из-за стремительного развития технологий и появления новых киберугроз он требует постоянной адаптации к новым условиям. Это отличает его от более статичных традиционных моделей управления рисками. В статье рассматривается пошаго-

вый алгоритм действий и комплекс эффективных решений по управлению рисками в сфере информатизации, которые помогают принимать правильные и действенные решения для защиты данных и проактивно предотвращать инциденты.

Омарова З. С. СИЛЬНАЯ КУЛЬТУРА КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ КАК ОСНОВА ЦИФРОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Человеческий фактор остается самым уязвимым звеном в кибербезопасности. Несмотря на развитие искусственного интеллекта и автоматизированных систем защиты, злоумышленники продолжают успешно воздействовать на психологию людей. Человеческие ошибки и психологическое манипулирование лежат в основе большинства современных киберугроз. Для борьбы с киберрисками крайне важно создать сильную культуру кибербезопасности, в которой каждый сотрудник понимает важность безопасности и стремится к проактивному выявлению и предотвращению потенциальных угроз. Сильная культура кибербезопасности — это не только правильное поведение сотрудников, но и глубокое понимание каждым в организации (от руководства до рядовых сотрудников) своей роли, проактивное мышление, постоянное обучение и интеграция безопасности во все бизнес-процессы, превращающие ее в общую ответственность, а не просто задачу ИТ. В статье рассматриваются ключевые компоненты сильной культуры кибербезопасности и практические шаги, необходимые для её успешного внедрения в организацию.

Пахучий В. В., Пахучая Л. М., Сельков Д. В. ДИНАМИКА СООТНОШЕНИЯ ПЛОЩАДИ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ДРЕВОСТОЕВ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

В статье приведены результаты количественной оценки соотношения лесопокрытой площади возрастных групп древостоев в лесном фонде Республики Коми. Показано, что в процессе лесопользования площадь спелых и перестойных насаждений уменьшается, а площадь молодняков и средневозрастных насаждений соответственно увеличивается. Получены количественные региональные оценки этих взаимосвязанных изменений в виде регрессионных уравнений, которые могут быть использованы для предварительного анализа и прогноза относительного участия различных возрастных групп в сложении лесного фонда республики.

Попова Т. В. О СОДЕРЖАНИИ ОБУЧЕНИЯ ПИСЬМЕННУМУ ПЕРЕВОДУ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ЛЕСНОЕ ДЕЛО» (НА МАТЕРИАЛЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА)

Обучая студентов письменному переводу научных текстов по специальности, необходимо четко понимать, что должно быть включено в содержание обучения. Поэтому в данной статье рассматриваются такие вопросы, как отбор лексического и грамматического материала, принципы отбора текстов, какие

знания, умения и навыки необходимо формировать при обучении студентов неязыкового вуза письменному переводу текстов по направлению подготовки «Лесное дело».

Романов Г. Г. ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОЖИВАНИЯ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

В статье рассмотрены вопросы проведения землеустроительных действий на территориях традиционного природопользования и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера в связи с новыми требованиями к точности границ землепользований для наполнения Национальной системы пространственных данных в Российской Федерации.

Рыженко И. В., Кирпичёва О. А. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ

В статье рассмотрено применение кондуктометрических методов для оценки уровня жидкости с целью обеспечения высокой точности работы насосов, поддерживающих заданный уровень в резервуаре. Отмечается безопасность метода, основанного на использовании токов малой мощности, что допускает его применение на объектах с повышенными требованиями, включая опасные производства. Предложенное решение направлено на повышение надежности и упрощение архитектуры системы управления.

Самородницкий А. А., Лялькин Г. А. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПА ОПТИМАЛЬНОСТИ БЕЛЛМАНА ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ЗАДАЧ

Исследуются методологические и алгоритмические особенности применения принципа оптимальности Беллмана в процессе проектирования учебных и олимпиадных задач по компьютерным наукам. Актуальность работы обусловлена высокой востребованностью метода динамического программирования в подготовке ИТ-специалистов и регулярным присутствием данного класса задач на профильных соревнованиях по спортивному программированию, что накладывает жесткие требования к математической корректности авторских формулировок. Выявлены и систематизированы типичные ошибки составителей задач, приводящие к скрытому нарушению свойства отсутствия последействия для состояний системы и разрушению оптимальной подструктуры. На примере классической задачи поиска кратчайшего пути предложен математический аппарат восстановления корректности рекуррентных соотношений за счет контролируемого расширения размерности пространства состояний. Предложен пошаговый алгоритм проверки условий задач. Практическая ценность исследования заключается в возможности интеграции предложенного в автоматизированные проверяющие системы для повышения качества дидактических материалов.

Самородницкий А. А., Помысов М. И., Самохвалов С. И. ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ГЕНЕРАЦИИ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Рассматривается классический некриптографический генератор псевдослучайных чисел «Вихрь Мерсенна», построенный на матричных преобразованиях в конечном поле Галуа GF(2).

Самородницкий А. А., Сластихина Л. В. О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассматриваются методические подходы к эконометрическому моделированию деятельности предприятий Республики Коми в условиях острого дефицита открытых статистических данных (короткие нестационарные временные ряды, малые выборки). Предложены алгоритмы метода главных компонент и сингулярного разложения прямоугольных матриц, PLS-регрессии, непараметрического бутстрэп-метода и детерминированного факторного анализа (моделей Дюпона) в виде, доступном для применения в учебном процессе.

Скροцкая О. В. СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОЛЛЕКЦИИ РОДА *SORBUS* L. В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УРО РАН

Проведен анализ таксономической принадлежности интродуцируемых представителей рода *Sorbus* в коллекции живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Определен современный состав данного родового комплекса. Установлено, что некоторые виды были перенесены в другие роды семейства Rosaceae и произошли изменения как на видовом, так и на внутривидовом уровнях.

Созинов О. В., Паршина Е. И., Садковская А. И. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТНОСТИ ЗАПАСА СЫРЬЯ И ОБИЛИЯ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* В СОСНЯКАХ ЗЕЛЕНОМОШНЫХ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ И СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ

Представлена сравнительная характеристика урожайности листьев *Vacciniumvitis-idaea* референсных ценопопуляций брусники в сосняках зеленомошных в Республике Коми и Республике Беларусь. Урожайность листьев *V. vitis-idaea* в Гродненской пуще (Беларусь) составила $8,96 \pm 0,30$ г/м², в Коми – $43,98 \pm 5,75$ г/м². Для обеих ценопопуляций отмечена высокая изменчивость урожайности (244 и 78 %) и обилия (148 и 46 % соответственно). Установлены достоверные различия между урожайностью листьев и проективным покрытием сравниваемых ценопопуляций. Показано, что в среднетаежной зоне Республики Коми плотность запаса листьев и обилие брусники достоверно выше, чем в зоне смешанных лесов Беларуси, при более высокой степени изменчивости ресурсно-ценотических параметров в условиях Беларуси.

Тулинов А. Г. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРАЙМИНГА СЕМЯН

В статье рассмотрены способы предпосевной обработки семян овощных культур. Разработаны основные узлы экспериментального устройства для прайминга семян: камера замачивания, источник тепла, ультрафиолетовый излучатель, компрессор, обеспечивающий подачу воздуха в жидкость через распылитель (барботирование). Предложена компоновка устройства и представлена его принципиальная схема.

Чукреев М. Ю. ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ЗАДАЧУ БАЛАНСОВОЙ НАДЕЖНОСТИ

Рассмотрены вопросы влияния исходной информации на получаемые показатели балансовой надежности. Приводятся анализ разработанных и утвержденных Минэнерго РФ новых методических указаний с позиции возможностей информационного наполнения задачи оценки показателей балансовой надежности.

Чукреев Ю. Я. ВЗАИМОСВЯЗЬ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БАЛАНСОВОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены вопросы обоснования балансовой надежности при управлении развитием электроэнергетических систем. Приведены основные проблемы принятия решений применительно к современному состоянию электроэнергетической отрасли страны. Выявлена опосредованная взаимосвязь показателей балансовой надежности в виде вероятности бездефицитной работы с функцией минимума приведенных дисконтируемых затрат.

Шарапова С. И. КОНВЕРСИЯ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ОБОГАЩЕНИЯ СЛОВАРНОГО СОСТАВА ЯЗЫКА

В статье рассматривается понятие «конверсия» как один из наиболее активных способов словообразования в современном английском языке. Благодаря этому способу словообразования язык обретает морфологическую свободу, так как одно и то же слово может употребляться в качестве разных частей речи, а значит, и выступать в различной синтаксической функции (т.е. быть различными членами предложения).

Шеремет О. О., Алексеева Е. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПЕРСОНАЛА НА ОТРАСЛЕВОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)

В статье выстраивается многофакторная модель конкурентоспособности персонала. Определены факторы, которые необходимо учитывать в отраслевой модели конкурентоспособности.

СТАТЬИ

УДК 630.90

В статье приведен анализ отчетных данных с бортового компьютера валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины на базе экскаватора. Был выполнен расчет процентного соотношения заготовленной древесины по породам и размерным параметрам сортиментов применительно к природно-производственным условиям СЗФО РФ.

Ключевые слова: сортимент, раскряжевка, валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина, харвестерная головка, порода древесины, размерные параметры.

Е. А. Баканач,
магистрант;

С. А. Угрюмов,
доктор технических наук, профессор
(СПбГЛТУ имени С.М. Кирова)

АНАЛИЗ ЛЕСОЗАГОТОВОК В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ РФ

В условиях спада российской экономики из-за воздействия масштабных внешнеторговых и финансовых санкций и ограничений произошло нарушение работы всех промышленных комплексов России, в том числе лесопромышленного [1].

Состояние, в котором российская экономика находится последние несколько лет, характеризуется «структурной трансформацией». Под этим определением понимается переход экономики на альтернативный, менее технологичный и, следовательно, менее дорогой импорт, а также постепенное развитие импортозамещающих производств и технологий. Лесной сектор не является исключением, и процесс его адаптации также характеризуется увеличением объемов закупок необходимого оборудования и сырья из дружественных стран, использованием параллельного импорта, развитием отечественных производств [2]. Поэтому в настоящее время вопрос экономии ресурсов, повышения эффективности использования оборудования и организации точного учёта заготавливаемой продукции является критически важным.

Современные лесозаготовительные машины оснащаются программным обеспечением, существенно облегчающим работу операторов и руководителей лесозаготовительных предприятий. Компании-производители лесных машин постоянно совершенствуют программное обеспечение, а также бортовые компьютеры [3]. В ходе работы проведен анализ работы лесозаготовительной техники в Северо-Западном федеральном округе с использованием отчетных данных валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин на базе экскаваторов CAT и Komatsu, оснащенных бортовыми компьютерами Parker Motomit IT 6,5.

Для того, чтобы выгрузить отчетные данные из бортовой системы Motomit IT 6,5, необходимо:

- вставить USB-накопитель в специальный порт;

- зайти в раздел «Вывод данных»;
- перейти в меню «Прочие»;
- в комбинированном списке выбрать «Дополнительная память», где для последних 4500 спиленных стволов: порода, сортимент, длина, диаметр, объем, таблица диаметров по длине ствола;
- нажать «Предварительный просмотр». После нажатия необходимо подождать 5—10 минут для формирования отчета;
- появится окно предварительного просмотра. Следует нажать «File»;
- извлечь USB-накопитель.

На рисунке **Рис. 1** изображено распределение заготовленной древесины по породам в Лодейнопольском районе (Ленинградская область) и в Олонецком районе (Республика Карелия).

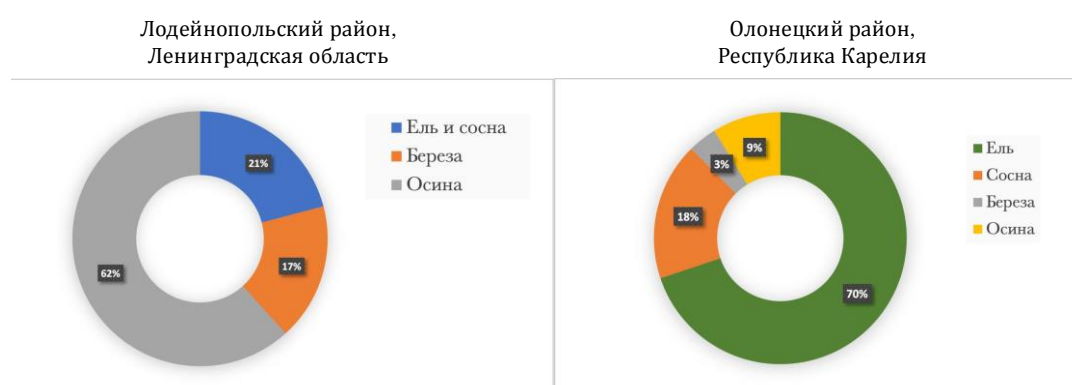


Рис. 1. Распределение заготовленной древесины

Из рисунка 1 можно сделать вывод, что лесосеки Лодейнопольского района перенасыщены неликвидной быстрорастущей осиной, в то время как в Олонецком районе почти 90% заготовленной древесины хвойной породы.

Дифференциация заготовленной древесины по сортиментам в Республике Карелия представлена на рисунке Рис. 2.

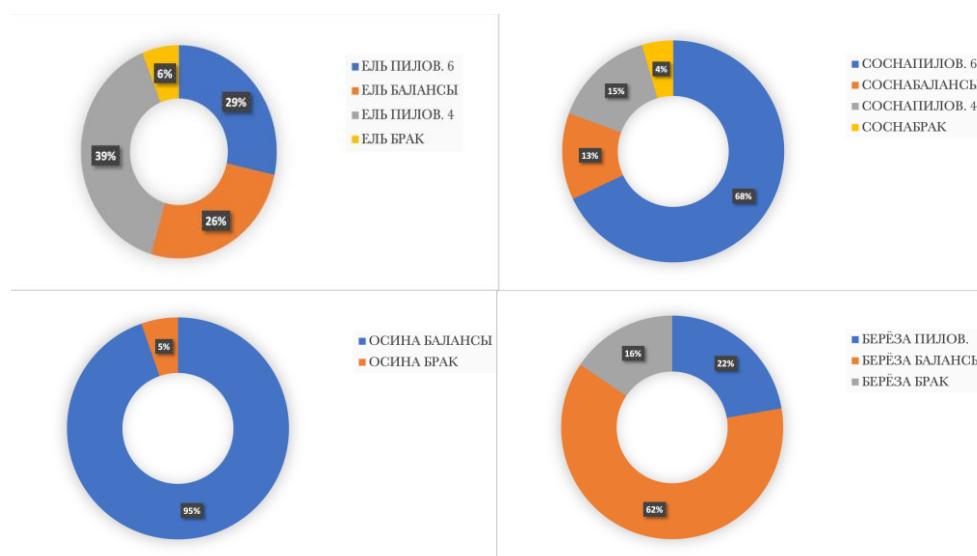


Рис. 2. Разделение на сортименты (Республика Карелия)

Как можно заметить, порядка 70% и 85% ели и сосны соответственно классифицировано как пиловочное сырье. Больше половины елового пиловочника было заготовлено на сортименты длиной 4 метра, в то время как сосновый был раскряжеван на длину 6 метров.

Выход фанерного кряжа из березы довольно низок — 22%, а количество брака высоко. В основном из березы был заготовлен баланс.

Распределение заготовленной древесины по сортиментам в Ленинградской области представлено на рисунке Рис. 3.

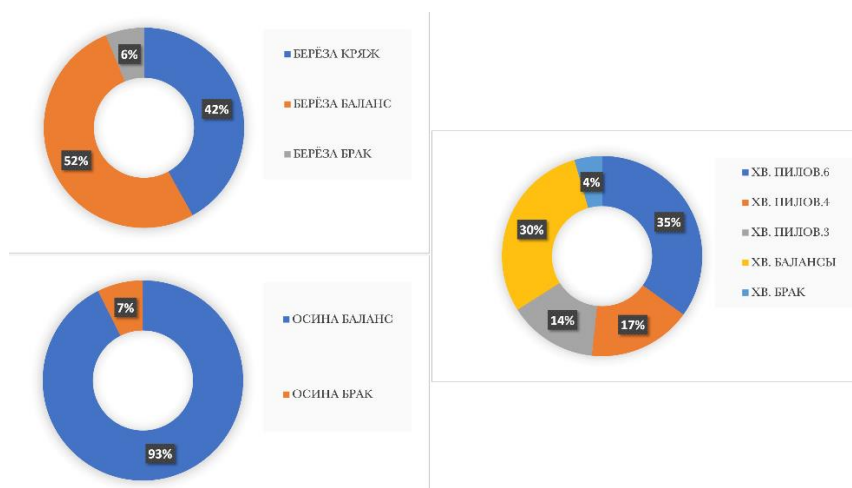


Рис. 3. Разделение по сортиментам (Ленинградская область)

Выход фанерного кряжа из березы в 2 раза выше, а количество брака почти в 3 раза меньше в Лодейнопольском районе. Хвойный пиловочник составляет почти 70% от объема заготовленной хвойной древесины.

Рассмотрим гистограмму распределения верхних диаметров сортиментов по доминирующим породам в разных субъектах. При заготовке в Республике Карелия преобладает ель, а в Ленинградской области — осина.

На рисунке Рис. 4 представлено распределение верхних диаметров елового пиловочника.

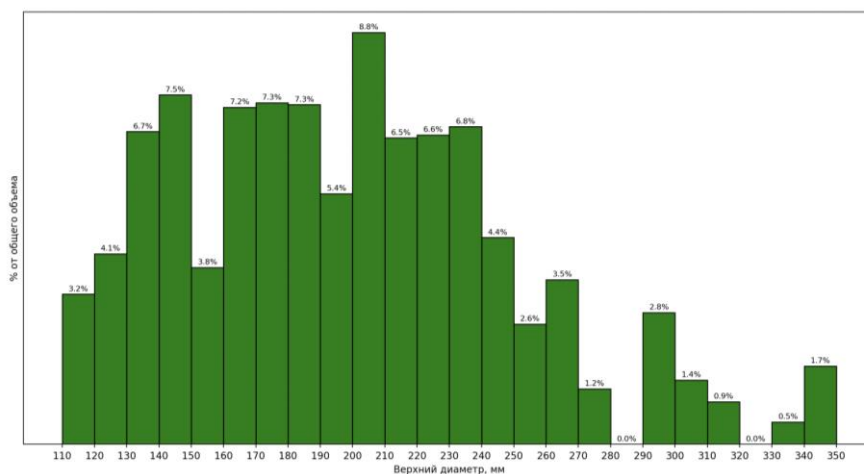


Рис. 4. Гистограмма распределения диаметров елового пиловочника (Республика Карелия)

Как видно из рисунка Рис. 4, в заготовке доминирует пиловочник средних диаметров в верхнем отрубе, что объясняется спецификой размерных параметров произрастаемой древесины в данном регионе.

На рисунке Рис. 5 представлено распределение верхних диаметров осинового баланса.

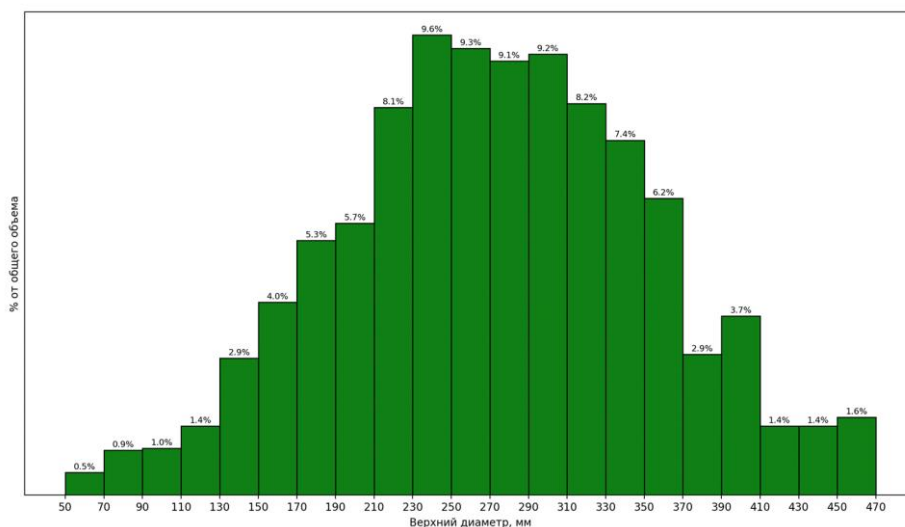


Рис. 5. Гистограмма распределения диаметров осинового баланса (Ленинградская область)

Как можно заметить, распределение визуально похоже на нормальное распределение (распределение Гаусса). Выполнив тест Шапиро-Уилка для этой выборки, установлено, что она подчиняется закону нормального распределения.

Данные о диаметрах заготавливаемых сортиментов могут позволить более детально подойти к вопросу выбора оборудования, а именно харвестерных головок, которые занимают существенную долю материальных затрат при сборке многооперационных лесных машин на базе экскаватора. Неправильный выбор харвестерных головок может повлечь необоснованные расходы.

Также была рассмотрена частота откомлевок древесины с дифференциацией по породам. Итоговые результаты подсчета представлены в таблице

Таблица 1.

Таблица 1. Частота откомлевок

Порода	Частота откомлевок, %	
	Лодейнопольский район	Олонецкий район
Ель	17	60
Сосна		44
Береза	12	29
Осина	15	36

Из таблицы

Таблица 1 следует, что наибольшее число откомлевок осуществляется при заготовке хвойных пород древесины. Также следует обратить внимание на значительное отличие частот откомлевок между разными субъектами — в Республике Карелия откомлевок намного больше. Это может быть связано с частыми комлевыми пороками деревьев в данном регионе, например сбежистостью, ребристой или округлой закомелистостью.

Библиографический список

1. Гордеев, Р. В. Лесопромышленный комплекс России в условиях санкций / Р. В. Гордеев // Эффективные системы менеджмента: Качество. Циркулярная экономика. Технологический суверенитет : сборник научных статей XI Международного научно-практического форума. — Казань : КНИТУ, 2024. — С. 87—89.
2. О чем говорят тренды : Макроэкономика и рынки // Бюллетень Департамента исследований и прогнозирования Центрального банка Российской Федерации. — 2022. — № 2 (54). — URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/40953/bulletin_22-02.pdf (дата обращения: 01.02.2026).
3. Мануковский, А. Ю. Программные комплексы современных лесных машин / А. Ю. Мануковский, М. В. Зорин, С. Е. Рудов, О. А. Куницкая, И. В. Григорьев // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : сборник научных статей. — Казань : ООО «КОНВЕРТ», 2020. — С. 57—59.

В статье представлен обзор и анализ работы форвардеров среднего класса на сплошных рубках. Представлены основные проблемы, возникающие при производственном процессе, и возможные пути улучшения и оптимизации производственного процесса на различных лесосеках.

Ключевые слова: оптимизация, лесозаготовка, форвардер, производительность, лесосека, харвестер, фактор.

Р. С. Беспалов,
магистрант;

С. А. Угрюмов,
доктор технических наук, профессор
(СПбГЛТУ имени С.М. Кирова)

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ФОРВАРДЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЛОШНЫХ РУБОК

На лесосеках, отведенных в рубку начиная с 1960 года, постепенно стало снижаться количество используемой техники и рабочего персонала за счет введения в эксплуатацию первой версии харвестера. В настоящее время лесозаготовительный процесс модернизируется за счет кратного увеличения использования многофункциональных лесозаготовительных машин на базе харвестера и форвардера. Подавляющее большинство заготавливаемых лесоматериалов вывозится из леса уже в виде сортиментов различных параметров. С каждым годом производители техники улучшают параметры своих машин, а отводимые лесосеки в рубку цифровизируются за счет новых внедряемых технологий.

Однако, вне зависимости от местности заготовки и произрастающего древостоя, лесозаготовительный процесс удорожается за счет различных внешних или внутренних экономических факторов. Исходя из этого, у лесозаготовителей всегда остается вопрос, как сделать лесозаготовку более выгодной и эффективной.

Как показывает лесозаготовительная практика, при работе на лесосеках многофункционального комплекса производительность харвестера стабильна [1] и поэтапна, когда в то же время работа форвардера циклична и зависит в большинстве случаев от проходимого им расстояния [2].

Разрабатываемая лесосека всегда уникальна, и каждая создаваемая карта-схема ее разработки составляется индивидуально. Разрабатываемые участки имеют разную форму, разные характеристики древостоя, поэтому подбор схем расположения пасечных и магистральных волоков может отходить от методических [3], становясь сложно-комбинированным. Исходя из этого до сих пор не ясно, как следует поступать оператору форвардера при работе на различных участках волока с учетом возвращения на лесоскладской пункт при различных объемах заполнения корзины машины.

Решение данного вопроса может быть осуществлено на основе применения теории графов. Данный метод широко используется в логистических операциях, а также проектировании сети лесовозных автодорог [4]. Важным условием является не только обеспечение оптимальной и эффективной работы, но и средоохраняющее пользование лесосек.

Использование теории графов позволяет разбить лесосеку на взвешенный и связанный граф, вершинами которого будут являться пачки, формируемые харвестером на определенных участках волока и ребрами в роли, которых будут выступать определенные отрезки волоков между вершинами.

Для примера применения графоаналитического метода можно выбрать разрабатываемую лесосеку в Северо-Западном федеральном округе РФ, Вологодской области, Вашкинский район, как указано на рисунке 1.

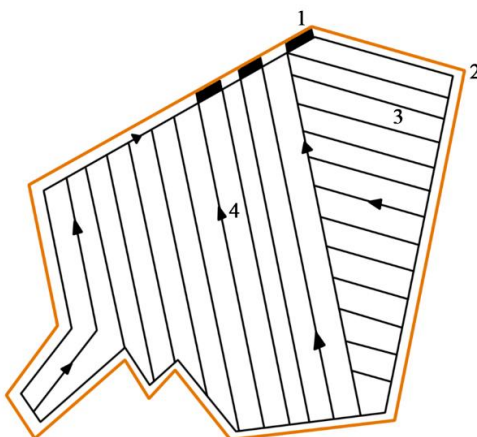


Рис. 1. Карта-схема разрабатываемого технологического участка:

1 — лесопогрузочный пункт; 2 — граница лесосеки; 3 — волок; 4 — направление вывозки.

Представленная лесосека может быть отнесена к многоугольному типу за счет ее отведения и географического положения. По ней отчетливо видно расположение волоков, которые затрагивают все ее участки.

Имея основные природные показатели лесосеки и данные о работающем комплексе, не представляет труда сформировать связанный граф, как описано ранее и представлено на рисунке 2.

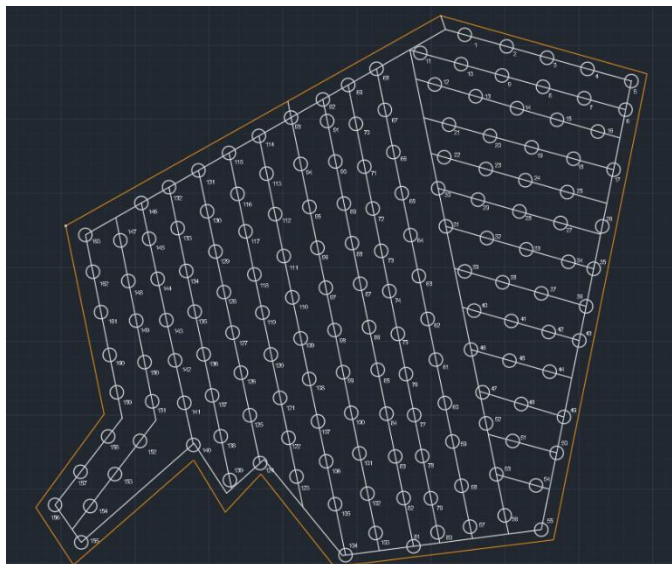


Рис. 2. Граф рассматриваемой лесосеки

Применяя данный способ анализа лесосеки, возможно прогнозировать циклические перемещения форвардера, а также нахождения наименьшего проходимого пути по лесосеке. Помимо прочего возможны варианты рассмотрения графа лесосеки со стороны сокращения времени вырубki и вывозки сортиментов на лесопогрузочный пункт или с точки зрения уплотнения почвогрунтов, регулируя проходимость форвардера по тем или иным участкам пасечных или магистральных волоков.

Для данного варианта рассмотрим случай поиска наименьшего проходимого расстояния:

$$S_{min} = \min \sum_{i=0}^{k-1} S_B(V_i, V_{i+1}) \quad (1)$$

где S_{min} — общее наименьшее проходимое расстояние м.; $S_B(V_i, V_{i+1})$ — длина конкретного волока.

По своей сути поиск оптимального построения посещения вершин графа сводится к решению задачи коммивояжера направленного на поиск оптимального маршрута.

Для точек, которые имеют более двух ребер, учитывается следующее:

$$S_{min} = \min(P_{i,m}) \sum S_{\text{волока}} \quad (7)$$

где $(P_{i,m})$ — любой допустимый путь между вершинами волока; $S_{\text{волока}}$ — длина волока.

В конечном итоге модель движения трелевочного трактора на рассматриваемой лесосеке представляется как:

$$N_{\text{рейса}} = t_{\text{ЛПП},i}^{\text{хол.}} + t_{i+1}^{\text{хол.-груз.}} + t_{i+2}^{\text{груз.}} + t_{i+3,\text{ЛПП}}^{\text{груз.}} \quad (7)$$

где: $N_{\text{рейса}}$ — номер рейса форвардера; $t_{\text{ЛПП},i}^{\text{хол.}}$ — операция перехода от ЛПП до вершины 1 в холостом ходе; $t_{i+1}^{\text{груз.}}$ — операция обработки вершины графа из холостого пути в груженный; $t_{i+2}^{\text{груз.}}$ — операция переезда на вторую вершину графа в груженом состоянии; $t_{i+3,\text{ЛПП}}^{\text{груз.}}$ — операция по обработке третьей вершины графа и возвращение на ЛПП в груженом виде.

Ранее, при проводимых изучениях работы многофункциональных машин на лесосеках, было установлено, что при схожих природно-производственных условиях на лесосеках и одинаковых работающих на них комплексах и общих допущениях производительность форвардера может кратно варьироваться. Это обуславливается формами разрабатываемых лесосек. На лесосеках, чьи формы более приближены к правильным с достижением наименьшего количества угловых участков, проходимое расстояние на них трелевочным трактором будет соответственно ниже.

Подводя итоги, можно сказать, что современная лесозаготовительная технология, применяющая многофункциональные машины, требует большого внимания. Вопрос оптимизации и улучшения производственного процесса будет всегда актуален для лесозаготовителей.

Предлагаемый метод в настоящей статье может не только способствовать ускорению разработки лесосек, но и предложить более средоохраняющие варианты работы на них для более стабильного лесовосстановления в будущем.

Библиографический список

1. Меньшиков, В. Н. Разработка лесосек машинами при сплошнолесосечных рубках : лекции для студентов спец. 0901 / В. Н. Меньшиков. — Ленинград : ЛТА, 1983. — 58 с.
2. Каляшов, В. А. Обоснование рациональной технологии несплошных рубок при заготовке сортиментов многооперационными машинами : автореферат дисс. канд. техн. наук / В. А. Каляшов. — Санкт-Петербург : ЛТА. 2004. — 20 с.
3. Григорьев, И. В. Средоохраняющие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации : монография / И. В. Григорьев, А. И. Жукова, О. И. Григорьева, А. В. Иванов. — Санкт-Петербург : ЛТА. 2008. — 178 с.
4. Рукомойников, К. П. Графоаналитический подход к обоснованию целесообразности размещения лесовозного уса на территории лесного квартала / К. П. Рукомойников // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6. — С. 1—8.

В статье проведено исследование условий проектирования и строительства объектов различного назначения в районах Крайнего Севера и приравненных к ним районах Рассмотрено состояние условий, характеризующих эти районы на территории Республики Коми. Проведено исследование инженерно-геологических условий многолетнемерзлых грунтов и сезоннопромерзаемых грунтов в этих районах. Предложены возможные решения для применения при проектировании и строительстве объектов различного назначения с учетом природно-климатический условий этих районов.

Ключевые слова: Крайний Север, приравненные районы, сезонномерзлые грунты, многолетняя мерзлота, температурный режим, глубина промерзания, продолжительность существования мерзлых грунтов.

К. Е. Вайс,
старший преподаватель;
В. С. Слабиков,
кандидат экономических наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

Территории Российской Федерации, отнесенные к районам Крайнего Севера и приравненным к ним районам, определены Концепцией социально-экономического развития Севера, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 18.02.1992 № 107-р, которая, опираясь на особое значение освоения северных регионов, определила возможности поставить в один ряд регионы Крайнего Севера и территориальные округа, приравненные к районам Крайнего Севера. Эти территории составляют более 50% всей площади России. Часть территории Республики Коми входит в состав Крайнего Севера и приравненных к ним районов. Это города Воркута, Инта с прилегающими местностями, Усинский, Усть-Цилемский районы с прилегающими территориями. К районам, приравненным к Крайнему Северу, отнесены города и районы Республики Коми, в том числе города Сыктывкар и Ухта.

Эти территории характеризуются большой продолжительностью холодного периода в сочетании с низкими температурами, с частыми зимними ветрами, снежными заносами, малой естественной освещенностью в зимний период, присутствием вечномерзлого состояния грунтов. При этом к особенностям этих районов относятся: чрезмерное многообразие литологических и температурных характеристик распространения грунтов, неблагоприятных в строительном отношении, морозоопасных пылеватых суглинков с малой несущей способностью при оттаивании; наличие во многих случаях вблизи верхней гра-

ницы многолетнемерзлой толщи подземного льда, вскрытие которого обуславливает возникновение термокарстовых явлений в пределах строительных площадок и дорожного полотна; распространенность заболоченных территорий; наличие на многих участках наледных образований; широкое распространение пучения грунтов.

Вышеприведенные особенности районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий Республики Коми характеризуются присутствием сезонномерзлых и многолетнемерзлых грунтов.

Сезонномерзлые грунты характеризуются нахождением в мерзлом состоянии только в течении холодного периода года, когда они имеют отрицательную температуру, в теплый период года эти грунты оттаивают. В Республике Коми территории, характеризующиеся присутствием сезонномерзлых грунтов, относятся к районам, приравненным к Крайнему Северу. Среди них Ухтинский и Печорский районы по геологическим и геокриологическим условиям связаны с сезонномерзлым характером распределения мерзлых пород. Верхняя часть геологического разреза представлена рыхлыми четвертичными отложениями мощностью до 30—50 м; сверху вниз выделяются следующие генетические типы: покровные образования, главным образом суглинки супеси, мощностью 0,5—1,0 м, отложения верхней морены флювиогляциальных песков с галечником и ледниковые суглинки московского ледниковья. Вечномерзлые грунты в районах отсутствуют, а сезонное промерзание грунтов в зимнее время — глубокое, средняя глубина промерзания суглинистого грунта 190 см, влажного песчаного 230 см. Снежный покров устойчивый — средняя высота его 76 см, максимальная до 1,2 м. Снежный покров появляется в середине октября — в начале ноября и держится до конца апреля — начала мая. В этих природно-климатических условиях сезонномерзлого состояния грунты подвержены морозному пучению и развитию морозобойных трещин, которые наносят большой ущерб при строительстве и эксплуатации объектов. Явление пучения происходит при промерзании пылевато-глинистых грунтов, песков пылеватых и мелких, а также крупнообломочных грунтов с пылевато-глинистым заполнителем, имеющим к началу промерзания повышенную влажность. При сезонном промерзании почвы и грунтов деформации пучения проявляются в поднятии поверхности почвы или грунта. Высота такого поднятия определяется с учетом времени промерзания, средней температуры, влажности, коэффициента фильтрации и льдистости.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов принимается равной средней из максимальных глубин сезонного промерзания за многолетний период наблюдений (не менее 10 лет) на участке с оголенной поверхностью земли и глубиной залегания подземных вод, большей сезонного промерзания пород. При отсутствии данных многолетних наблюдений ее определяют на основе теплотехнических расчетов, а для районов, где она не превышает 2,5 м, — по формуле:

$$H^n = H_0 \sqrt{M_t}, \quad (1)$$

где M_t — сумма абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе; N_o — величина принимаемая равной для суглинков и глин равной 0,23; для пылеватых супесей, мелко- и среднезернистых песков — 0,28; для гравелистых, крупно- и среднезернистых песков — 0,3; и для крупнообломочных пород — 0,34. Значение N_o для грунтов неоднородного сложения определяется как средневзвешенное в пределах глубины промерзания.

Расчетную глубину сезонного промерзания грунтов определяют по формуле:

$$H = m_t N^H, \quad (2)$$

где N^H — нормативная глубина сезонного промерзания, определяемая по формуле (1), m ; m_t — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания или сооружения.

При возведении зданий или сооружений на пучинистых породах не допускается их увлажнения поверхностными водами. С этой целью необходимо предусматривать соответствующие мероприятия, в том числе и такие, которые уменьшают силы смерзания фундаментов с горными породами (засыпка крупнообломочными породами, обмазка фундаментов специальными составами, придание им определенной формы и др.).

Глубина залегания фундаментов в значительной степени может определяться также конструктивными особенностями сооружений, например необходимостью устройства подвальных помещений, подземных коммуникаций и др., а также расположением существующих сооружений.

Многолетнемерзлые грунты постоянно содержат лед и при повышении температуры (свыше 0 °C) мерзлый грунт оттаивает, его прочность резко снижается, качественно изменяются и другие свойства грунтов. В этих условиях коренным образом изменяются гидрогеологические особенности территории; возникают опасные криогенные(мерзлотные) процессы — термокарст, морозное пучение, наледи и др.

В составе многолетнемерзлых грунтов присутствует: деятельный слой (верхняя часть толщи многолетней мерзлоты, подверженной оттаиванию; многолетняя мерзлота, представляющая толщу грунтов с постоянной отрицательной температурой, имеющая мощность от нескольких метров до нескольких сотен метров; подмерзлотный слой, представляющий собой слой талых грунтов с положительной температурой.

К районам с присутствием многолетнемерзлых грунтов на территории Республики Коми относятся Усинский и Воркутинский инженерно-геокриологические районы.

Усинский инженерно-геокриологический район расположен в наиболее изменчивых по криогенным условиям зонам острого и массивно-острого распространения многолетнемерзлых грунтов с комплексом развития в верхней части разреза покровных суглинков мощностью 0,5—1,0 м и ледниковых образований верхней морены, представленной валунными суглинками мощностью до 40—70 м. По данным метеостанции Усть-Уса, среднегодовая температура в

этом районе равна $-3,2$ °С. Среднегодовое количество осадков 610 мм. Территория характеризуется близким залеганием к поверхности зеркала грунтовых вод от 0,2 до 2,4 м. Мощность водоносного горизонта 12—17 м. Высокое залегание грунтовых равнинных характер территории обуславливают высокую заболоченность (до 40 % площади). Преобладание в разрезе болотистых грунтов и илов, мощность торфяников от 0,3 до 4,0 м, илов до 1,0 м. Промерзание грунтов в этом районе начинается в конце октября — начале ноября. Полное оттаивание происходит в середине мая. Наибольшая глубина сезонного промерзания в естественных условиях 1,2—2,0 м, нормативная глубина промерзания в глинах и суглинках составляет 2,6 м; супесь, пески — 3,1 м; торф — 0,7 м. Несмотря на довольно низкую среднегодовую температуру воздуха, вечномерзлые грунты имеют островной характер залегания при высокой температуре вечномерзлых грунтов 0—2 °С, мощностью до 25 м. Степень сложности криогенных условий в данном районе определяется прежде всего развитием криогенных процессов в виде пучения, термокарста и склоновых проявлений солифлюкции. В зоне островного распространения ММП развитие современной мерзлоты фиксируется на площади до 10 % и массивно-островного 10—50%. Наиболее распространенным видом деформации является морозное пучение. Оно происходит вследствие объемного расширения воды в связном (глинистом) грунте, при дополнительном ее поступлении в промерзающий грунт из нижележащих талых слоев грунта с образованием ледяных прослоев и линз, разуплотнение скелета грунта, увеличение его объема и поднятие поверхности грунта (пучение). Недоучет этого явления хотя и не вызывает, как правило, катастрофических разрушений, однако приводит к широкому развитию многочисленных мерзлотных деформаций, таких как выпучивание неглубоко погруженных фундаментов зданий и сооружений, пучины на автомобильных дорогах.

В практике инженерных расчетов и оценок территории обычно требуется определить следующие параметры, характеризующие процесс криогенного пучения в грунтах: суммарную величину, среднюю интенсивность пучения по глубине, неравномерность пучения по площади.

Воркутинский инженерно-геокриологический район характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых грунтов на участках развития тундры, верхняя часть геологического разреза представлена рыхлыми наносами четвертичного возраста. Мощность их неодинакова и на некоторых участках достигает 120—130 м. В разрезе выделяется четыре генетических типа сверху-вниз: покровные образования, главным образом суглинки, мощностью 0,5—1,0 м, отложения верхней морены — суглинки, супеси (влажные), межледниковые отложения, отложения нижней морены — супеси, суглинки (находившиеся в мерзлом состоянии). Все грунты в течение четвертичного периода подвергались неоднократному промерзанию и оттаиванию. Вечномерзлые грунты в рассматриваемой зоне характеризуются сплошным распространением, мощностью от 40—80 м в отдельных случаях 130—200 м и температурой 2—5 °С и ниже. В верхней части многолетней зоны мерзлоты выделяется деятель-

ный слой наименьшая (0,2—1,0 м) его толщина наблюдается на болотистых местах вследствие плохой теплопроводности торфа, а наибольшая (2,0—4,0 м) — в песчаных, гравелистых и щебенистых грунтах.

Из криогенных процессов в этом районе широко распространены термокарстовые образования, приуроченные к сильно льдистым грунтам. Отмечаются интенсивные образования бугров пучения, морозобойного растрескивания, солифлюкции, пятнообразования.

Для оценки особенностей многолетнемерзлых грунтов при выборе оснований и фундаментов возводимых объектов в районах Крайнего Севера необходимо выработать инженерно-криологические и гидрогеологические прогнозы и рекомендации для обеспечения оптимальных условий строительства и эксплуатации объектов и автомобильных дорог. При этом в качестве фундаментов зданий и сооружений в этих условиях рекомендуются различного типа свайные (буроопускные, бурозабивные, бурообсадные), а также свай-оболочки и винтовые. Вместо традиционных технологий возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона, кирпича и блоков, являющихся очень трудоемкими, материалоемкими и климатозависимыми производствами, рекомендуются к применению современные быстровозводимые технологии, наиболее адаптированные к условиям Крайнего Севера, к которым относятся модульное строительство и возведение трансформируемых зданий и сооружений.

Библиографический список

1. Долматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б. И. Долматов. — Ленинград : Стройиздат, Ленингр. Отд-ние 1988. — 416 с.
2. Илларионов, В. А. Инженерное мерзлотоведение : учеб. пособие / В. А. Илларионов. — Сыктывкар : СГУ, 2015. — 153 с.
3. Кудрявцев, В. А. Мерзлотоведение / В. А. Кудрявцев. — Москва : Изд-во Московского университета, 1981. — 240 с.
4. Новые методы исследования состава, строения и свойств мерзлых грунтов / под ред. С. Е. Гречищева, Э. Д. Ершова. — Москва : Изд-во «Недра», 1983.
5. Оберман, Н. Г. Современные и прогнозируемые изменения мерзлотных условий Европейского северо-востока Российской Федерации / Н. Г. Оберман И. Г. Шеслер // Проблемы Севера и Арктики Российской Федерации. — 2009. — Вып. 9. — С. 96—106.
6. Осадчая, Г. Г. Региональные особенности мерзлотных условий на Европейском северо-востоке / Г. Г. Осадчая, Н. В. Тумель // Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения: матер. междунар. конф. (Пушино, 2003). — Пушино, 2003. — С. 174—175.
7. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88* : СП 25.13330.2012. — Введ. 2011-12-29 // СПС «КонсультантПлюс». — С. 117.
8. Рекомендации по выбору принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований зданий НИИОСП. — Москва, 1984. — С.55.

Для снижения энергоемкости процесса сушки пиломатериалов в воздушных конвективных камерах периодического действия, а также повышения теплового КПД применяемых топочных агрегатов предлагается оснастить топочные агрегаты теплообменниками для предварительного нагревания свежего воздуха, подаваемого в сушильные камеры.

Ключевые слова: принципиальные схемы сушильных камер, Id-диаграмма, график процесса сушки, топочный агрегат, теплообменник, атмосферный воздух, смесь отработанного и свежего воздуха, тепловая энергия.

С. Г. Ганапольский,
кандидат технических наук, доцент кафедры ЛХиЛПТ;
М. Н. Кочева,
старший преподаватель кафедры ЛХиЛПТ
(Сыктывкарский лесной институт)

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Основным способом сушки пиломатериалов до эксплуатационной или транспортной влажности является традиционная камерная сушка с использованием различных теплоносителей. Преобладающее большинство камер оснащены калориферами-теплообменниками, предназначенными для передачи тепла от теплоносителя к циркулирующему агенту сушки [1].

Традиционно в лесосушильных камерах зарубежных фирм и в камерах ряда отечественных производителей (ПК «Ижора», Санкт-Петербург; «Термолес», г. Великий Новгород; «Камі», г. Москва; «Макил Плюс», г. Серпухов и др.) в качестве теплоносителя используется горячая вода с температурой 90—95°C при атмосферном давлении. Параметры агента сушки (влажный воздух) при этом отвечают категории мягких режимов, сохраняющих цвет и прочность пиломатериалов.

Данные сушильные комплексы оснащаются топочными агрегатами, работающими на древесных отходах — крупнокусковой древесине, опилках, стружке и т.д., что придает деревоперерабатывающему производству безотходный характер и способствует охране окружающей среды [2].

Особенности термодинамики процесса сушки пиломатериалов в конвективных воздушных камерах достаточно полно характеризуются их принципиальными схемами, показывающими направление воздушного потока относительно материала и нагревательно-воздухообменного оборудования, а также графиком изменения состояния сушильного агента на Id-диаграмме.

Принципиальная схема воздушной камеры с многократной циркуляцией и график изменения состояния сушильного агента показаны на рисунке 1.

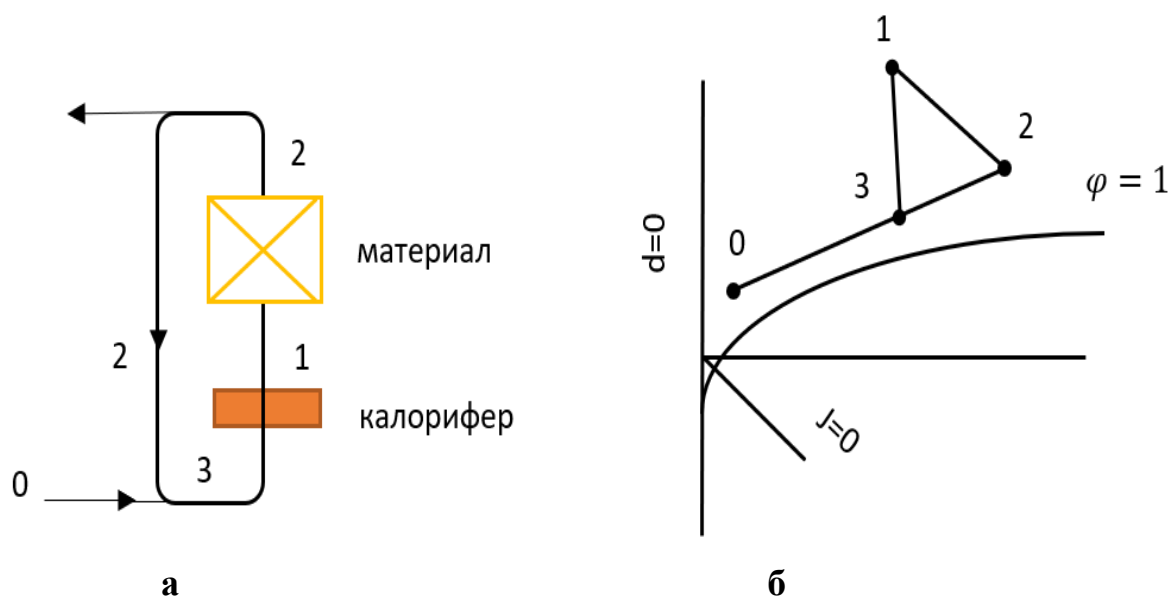


Рис. 1. а) Принципиальная схема конвективной камеры с многократной циркуляцией; б) График процесса на Id – диаграмме

Атмосферный воздух в состоянии 0 (см. рисунок 1) смешивается с частью отработанного воздуха 2. Полученная смесь 3 нагревается в калорифере (отрезок 3—1, рисунок 1б). Нагретый до состояния 1 воздух подается к высушиваемому материалу, процесс сушки идет по линии параллельной линиям энтальпии (отрезок 1—2, рисунок 1б).

Сушильные камеры с многократной циркуляцией агента сушки отличаются гибкостью в управлении технологическим процессом, так как состояние сушильного агента можно регулировать в широком диапазоне за счет степени нагревания и кратности воздухообмена.

Недостатком данной принципиальной схемы является то, что часть нагретого отработанного воздуха выбрасывается в атмосферу, а образующуюся смесь с холодным наружным воздухом необходимо нагреть до требуемой для текущей ступени режима температуры. Указанное обстоятельство повышает энергоемкость процесса сушки пиломатериалов в подобных камерах.

Снижение расхода тепловой энергии, потребляемой на нагревание воздушной смеси, возможно достичь при оснащении топочного агрегата, входящего в сушильный комплекс, теплообменником, в котором атмосферный воздух перед смешиванием с отработанным воздухом (точка 3, рисунок 1б) будет нагреваться за счет контакта с развитой поверхностью воздуховода для удаления топочных газов, температура которых теоретически достигает 1300 °С [3].

Предлагаемая принципиальная схема и график изменения состояния агента сушки показаны на рисунке 2.

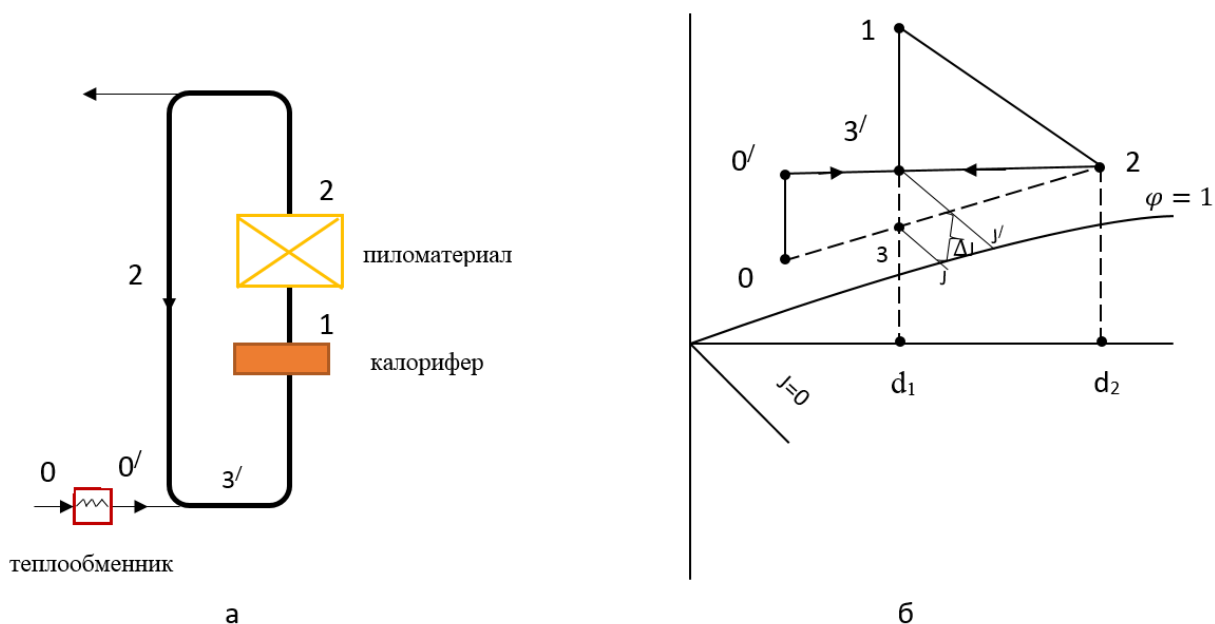


Рис. 2. а) Измененная принципиальная схема сушильной камеры с многократной циркуляцией; б) График энергосберегающего процесса сушки пиломатериалов на Id -диаграмме

Атмосферный воздух в состоянии 0 (см. рисунок 2) подается в теплообменник, где его температура повышается на определенную величину, далее в состоянии 0' поступает в сушильную камеру и смешивается с отработанным воздухом до значения энтальпии J' (точка 3', рисунок 2б). Отрезок 3'—1 характеризует нагревание воздушной смеси, отрезок 1—2 — процесс сушки пиломатериала.

При этом величина сэкономленной тепловой энергии вычисляется по выражению:

$$\Delta Q = L \cdot \Delta J = L(J' - J); \quad (1)$$

$$J = \frac{(J_2 + nJ_0)}{(1+n)}; \quad (2)$$

$$J' = \frac{(J_2 + nJ_0')}{(1+n)}, \quad (3)$$

где ΔQ — величина сэкономленной тепловой энергии, кДж;

L — суммарный массовый расход сухого воздуха, кг;

ΔJ — разность энтальпий смеси воздуха с подогревом и без него, кДж/кг (см. рис.2).

J — энтальпия смеси в точке 3 (см. рисунок 1, б), кДж/кг;

J' — энтальпия смеси в точке 3' (см. рисунок 2, б), кДж/кг;

J_2, J_0, J_0' — энтальпия воздуха в точках диаграммы 2, 0, 0' соответственно, кДж/кг.

n — коэффициент пропорции смеси.

Таким образом, оптимизация структурных схем конвективных камер для снижения энергоемкости процесса сушки пиломатериалов, достигается за счет использования теряемой теплоты отходящих топочных газов тепловых агрегатов для нагревания свежего воздуха подаваемого в сушильную камеру, что снижает нагрузку на теплообменные калориферы и потребление тепловой энергии.

Библиографический список

1. Лакомкин, В. Ю. Теплообменное оборудование предприятий (сушильные установки) / В. Ю. Лакомкин, М. Н. Смородин. — Санкт-Петербург, 2016.
2. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П. С. Серговский. — Москва : Лесная промышленность, 1987. — 300 с.
3. Лебедев, В. В. Адаптивная система управления сушильными камерами периодического действия : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.07 / В. В. Лебедев. — Тверь, 2000. — 20 с.

В статье рассмотрено применение сверточных нейронных сетей с использованием зашумленных значений векторных измерений напряжения и тока для определения топологии электрической сети в аварийном и послеаварийном режимах на примере 39-узловой тестовой схемы.

Ключевые слова: нейронные сети глубокого обучения, сверточная нейронная сеть, топология электрической сети, векторные измерения напряжения и тока.

Н. Э. Готман,
старший преподаватель, научный сотрудник
(Сыктывкарский лесной институт,
ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

ВЫБОР ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ПРИМЕРЕ 39-УЗЛОВОЙ ТЕСТОВОЙ СХЕМЫ

Выявление изменений топологии электрической сети, т.е. схемы расположения и соединения ее объектов, необходимо для управления энергосистемой в реальном времени. Неожиданные изменения топологии, например, отключение линии, могут повлиять на остальные линии (привести к перегрузке отдельных линий) и дестабилизировать сеть. Быстрое обнаружение таких изменений позволит предпринять необходимые действия для уменьшения риска каскадных нарушений электроснабжения.

В настоящее время идентификация топологии основана на информации о состоянии выключателей (включен/выключен), которая поступает по каналам телемеханики и в результате помех может быть искажена. Но размещение измерительных устройств синхронизированных векторных измерений (УСВИ), использование векторных измерений напряжения и тока и применение методов искусственного интеллекта дают возможность реализовать новые алгоритмы определения топологии электрической сети.

Одним из методов искусственного интеллекта являются нейронные сети. Применение нейронных сетей глубокого обучения позволяет обработать большие объемы данных, получаемых от УСВИ, и обнаружить в них скрытые закономерности изменяющейся топологии.

Отличительными особенностями сетей глубокого обучения являются: большое количество нейронов в слоях, более сложные способы соединения, автоматическое выделение признаков и увеличение вычислительных мощностей для обучения [1]. Для решения рассматриваемой задачи наибольшую популярность получили сверточные нейронные сети (СНС) [2—5]. Описание СНС представлено в [6—8].

В работе [9] предложен классификатор на основе СНС (рисунок 1) для определения топологии электрической сети в любой момент аварийного и переходного режимов, вызванных отключением или включением произвольной линии. В качестве входных параметров СНС использовались изменения фазы напряжения и модуля тока за 60 мс режима энергосистемы. При отсутствии шума в данных точность классификатора по всем линиям 39-узловой схемы (рисунок 2) составила более 96%. Но в реальности УСВИ, а также измерительные трансформаторы напряжения и тока имеют погрешности. Поэтому для адекватной оценки работы классификатора необходимо использовать данные с добавлением случайного шума.

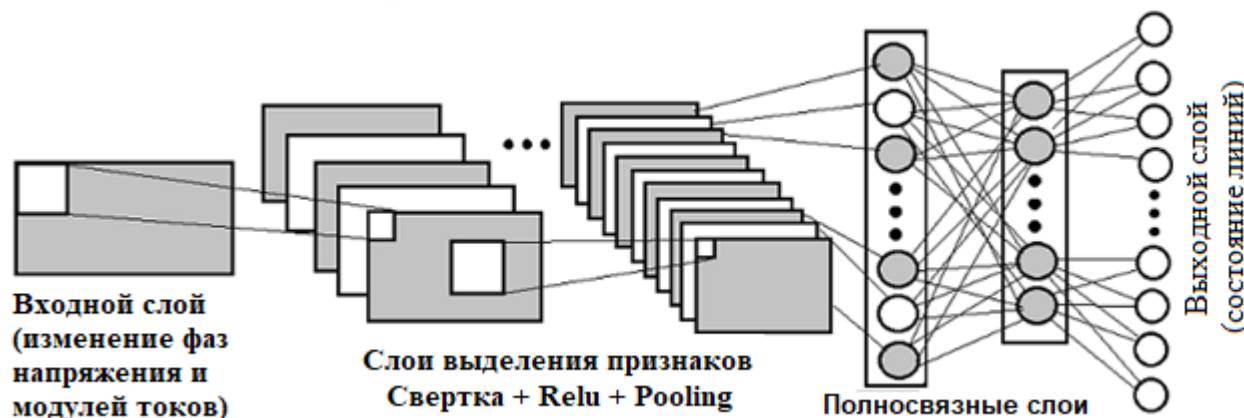


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Целью данной работы является выбор входных параметров и структуры СНС, которые позволили бы получить приемлемую точность определения состояния линий электрической сети при зашумленных векторных измерениях напряжения и тока.

IEEE 39-узловая схема (рисунок 2) собрана в среде Matlab/Simulink. Она включает в себя 10 генераторов, 46 линий, из них 12 трансформаторов. Аварийные ситуации (включение/отключение одной произвольной линии) применялись для 34-х линий (отключение трансформаторов не рассматривалось). УСВИ были размещены в 17 узлах (рисунок 2), а интервал между выборками измерений УСВИ установлен 0,02 с.

Чтобы обучить и протестировать СНС, необходима большая база данных. Для этого были подготовлены 400 режимов с различными нагрузками в узлах. Для каждого режима в среде Matlab проведены расчеты аварийных и переходных процессов, связанных с отключением одной из линий и включением ее через три секунды устройством автоматического повторного включения. Полное время рассматриваемого процесса составило 6 секунд. Через 0,1 секунды от начала периода происходило отключение произвольной линии, а еще через 3 с (т.е. через 3,1 секунды от начала) — ее включение. Из всех 400 режимов 100 использовались затем для обучения и 300 — для тестирования.

Во время расчета аварийного и послеаварийного процессов через каждые 0,02 секунды выполнялась запись данных от УСВИ. За рассматриваемый период времени одного расчета (6 с) получен 301 срез векторных измерений с 152

данными от всех УСВИ. Для входных параметров СНС использовались только фазы напряжения и модули токов, т.е. половина измерений, предоставляемых УСВИ, — это 76 измерений. Расчетные значения измерений напряжения и тока применялись с добавлением случайным образом шума: изменение фазы напряжения на $\pm 0,5^\circ$ и модуля тока на $\pm 0,5\%$.

В качестве входных параметров СНС для выбора набора, предоставляющего наименьшую погрешность определения состояния линий, были рассмотрены следующие варианты:

- значения фаз напряжения и модулей токов за два и четыре временных среза (варианты 1 и 2);
- изменение значений фаз напряжения и модулей тока за интервал выборки 0,02 с (вариант 3);
- скорость изменения фаз напряжения и модулей тока за интервал выборки 0,02 с (вариант 4).

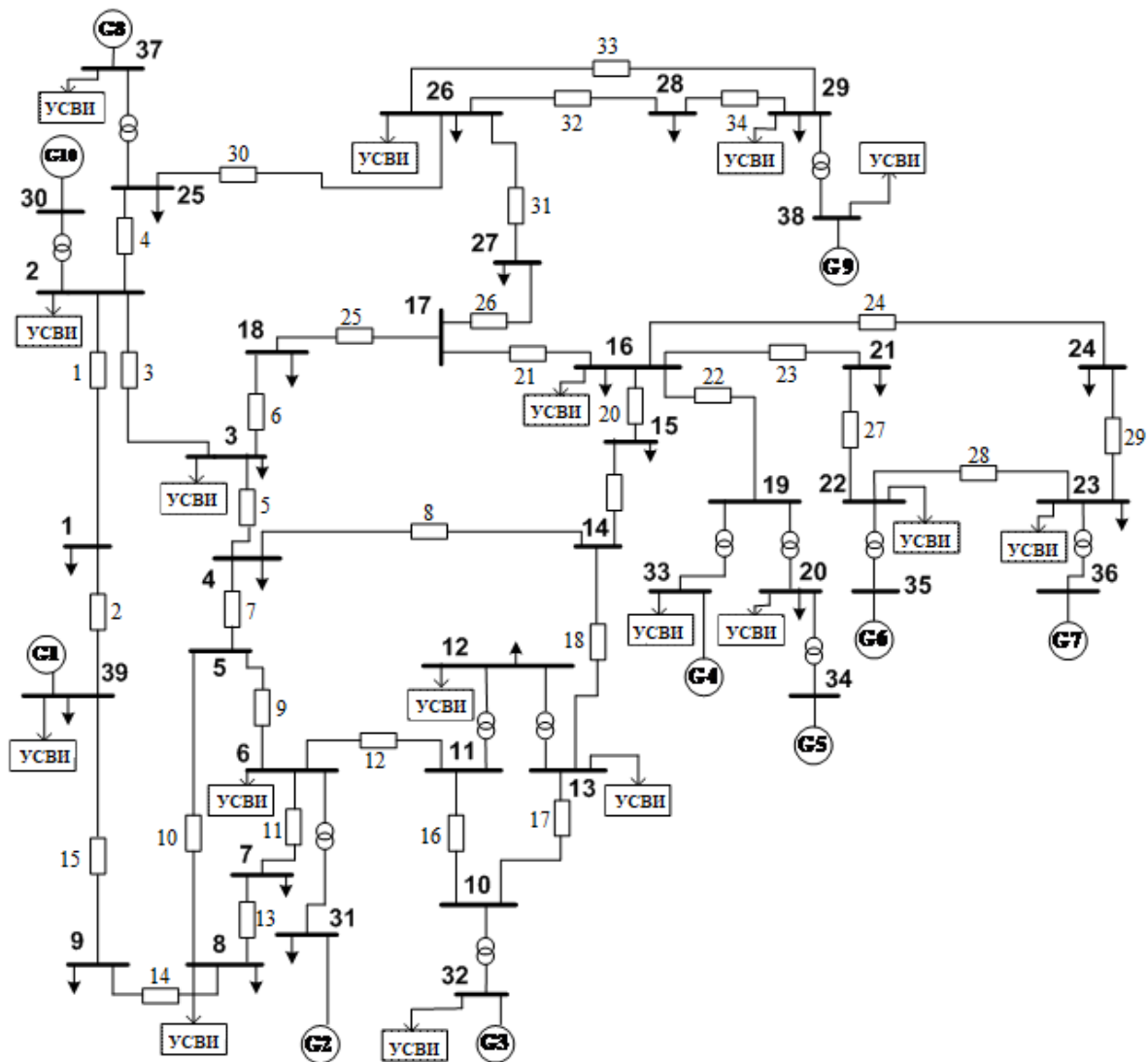


Рис. 2. 39-узловая тестовая схема электрической сети

Расчеты по определению состояния линий проводились по программе, разработанной на языке Julia (версия 1.9.3) с применением пакета Flux (версия

0.12.9). В таблице 1 приведены средние точности для каждого варианта входных параметров, полученные при тестировании всех аварийных ситуаций с данными 300 режимов. Максимальная точность соответствует 1-му варианту, т.е. набору параметров, состоящему из фаз напряжения и модулей тока за два временных среза. При этом на вход СНС подавались данные в виде матрицы размерности $2 \times 76 \times 1$. Для этого варианта была разработана модель СНС, представленная в таблице 2.

Таблица 1. Средние точности определения состояния линий для рассмотренных вариантов входных параметров СНС

Варианты входных параметров	1	2	3	4
Точность (%)	96,6	96,5	70,5	92,2

Таблица 2. Архитектура СНС для входных параметров $2 \times 76 \times 1$ (вариант 1)

Слои	Действие	Размерность входа	Ядро	Размерность выхода
Первый слой	Свертка	$2 \times 76 \times 1$	1×3	$2 \times 74 \times 3$
	Пулинг	$2 \times 74 \times 3$	1×2	$2 \times 37 \times 3$
Второй слой	Свертка	$2 \times 37 \times 3$	2×2	$1 \times 36 \times 7$
	Пулинг	$1 \times 36 \times 7$	1×2	$1 \times 18 \times 7$
Слой классификации	Полносвязный слой	126	-	35

Точности определения топологии при отключении/включении определенной линии для входных параметров варианта 1 приведены в таблице 3. В тестовой схеме есть шесть линий (№№ 7, 8, 16, 19, 25, 26 — их результаты выделены в таблице 3 жирным шрифтом), которые не имеют ни на одном из концов УСВИ. Для линий с №№ 8, 16, 25 результаты оказались достаточно хорошими, а вот для линий с №№ 7, 19, 26 получена низкая точность. Это связано с тем, что модули токов по указанным линиям в большинстве режимов сравнительно малы, поэтому отключение и включение этих линий мало влияло на измерения УСВИ, и СНС не могла их правильно классифицировать.

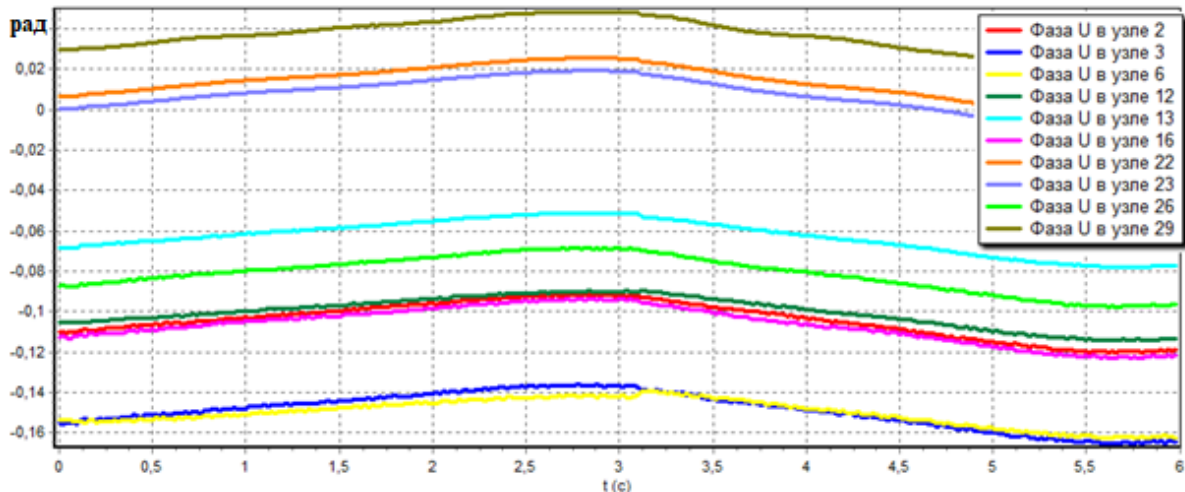
Для примера влияния тока по отключаемой линии на рисунках 3—5 приведены графики фаз напряжения в узлах и модулей токов в линиях, ближайших к линии №7, при аварийных ситуациях, связанных с отключением/включением линии №7. При токе $I=0,3115$ А (рисунок 3) точность определения состояния линии №7 составила 50%, при этом все ошибки были во время отключения линии №7 с 0,1 с до 3,1 с, т.е. СНС не отметила отключение линии №7. При токе $I=0,696$ А (рисунок 4) точность определения состояния линии №7 составила 91,8%, при этом 24 ошибки были в период отключения линии. При токе $I=2,987$ А (рисунок 5) точность определения состояния линии №7 составила 100%, т.е. в течение всего расчетного периода (6 с) СНС правильно определяла состояние линии. На графиках хорошо видно, как минимальное влияние на изменение фаз

напряжения и модулей токов оказало отключение линии №7 при токе $I=0,3115$ А, что привело к большой погрешности, а при токе $I=2,987$ А наблюдаются сильные качания у графиков и, как результат, СНС безошибочно указала находится ли линия №7 в работе или нет.

Таблица 3. Точность определения топологии при отключении/включении одной из линии

Линия	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Точность (%)	98,86	99,19	98,83	99,03	99,05	97,85	77,67
Линия	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14
Точность (%)	98,99	97,95	98,49	99,49	98,06	99,5	99,05
Линия	№15	№16	№17	№18	№19	№20	№21
Точность (%)	99,3	99,09	99,99	99,05	75,09	99,28	98,35
Линия	№22	№23	№24	№25	№26	№27	№28
Точность (%)	99,83	99,17	99,38	99,27	65,12	98,96	99,35
Линия	№29	№30	№31	№32	№33	№34	
Точность (%)	99,3	98,08	99,13	99,2	99,03	99,19	

а)



б)

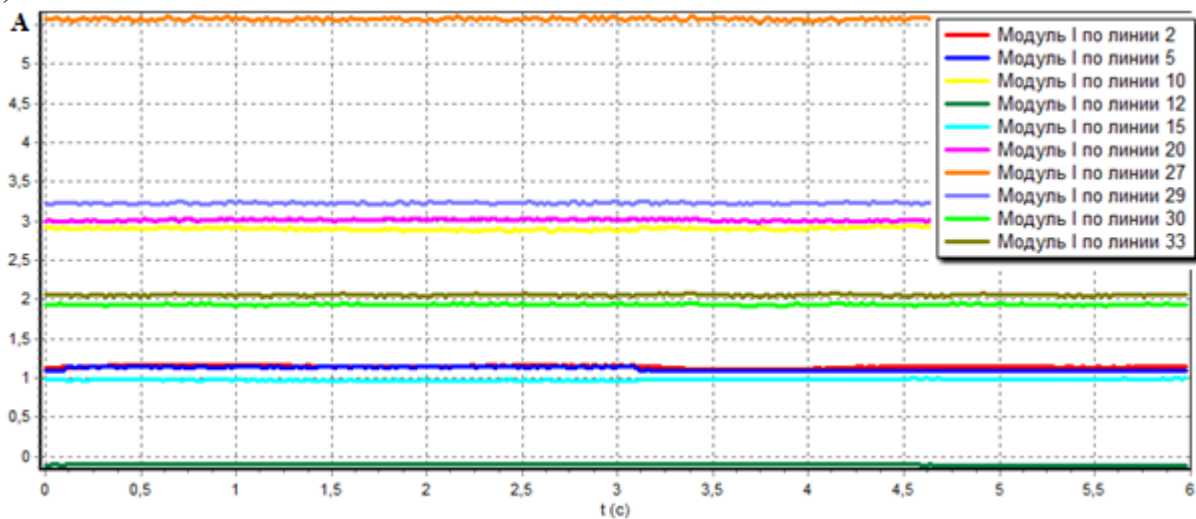
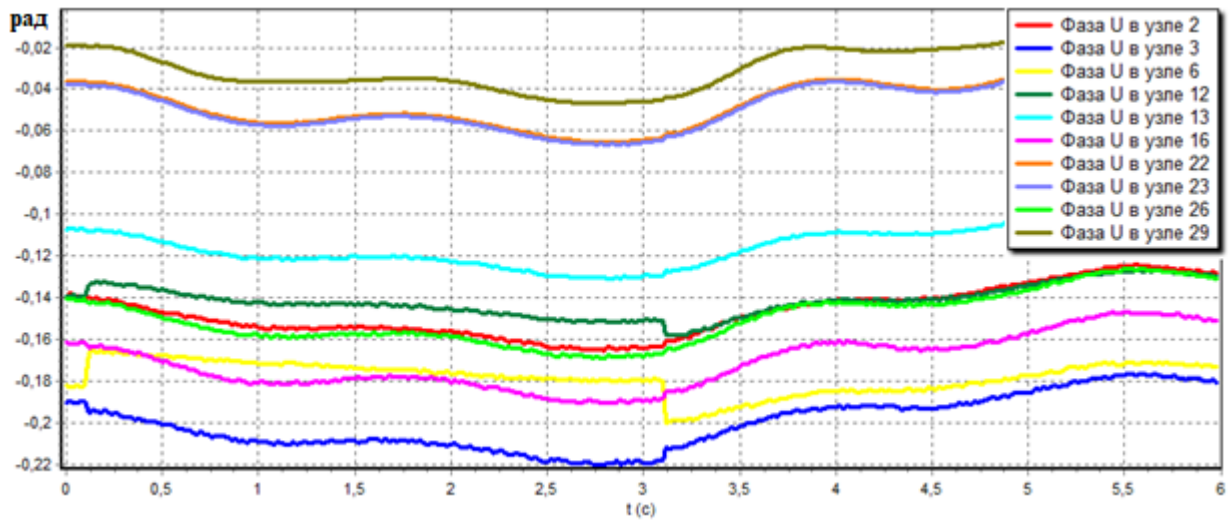


Рис. 3. Графики фаз напряжения (а) и модулей тока (б) при отключении в 0,1 с и включению в 3,1 с линии №7 при токе по линии $I=0,3115$ А.

Выводы. Для определения топологии в любой момент времени аварийного и послеаварийного режимов работы энергосистемы на примере 39-узловой тестовой схемы были проведены исследования по выбору входных параметров СНС, предоставляющего наименьшую погрешность определения состояния линий. Лучшая точность с зашумленными данными (96,6%) была получена для набора, в который вошли значения фаз напряжения в узлах размещения УСВИ и модули токов в ветвях, инцидентных этим узлам, за 2 временных среза. Дальнейшие исследования по использованию СНС для определения топологии требуются для аварийных ситуаций, связанных с отключением/включением линий, не имеющих на своих концах УСВИ.

а)



б)

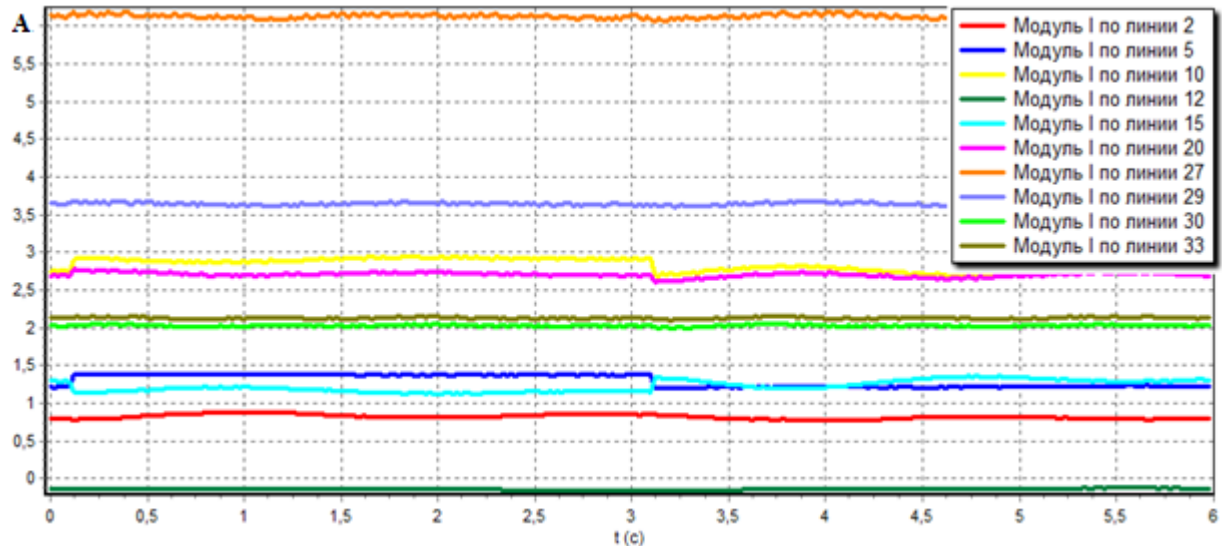
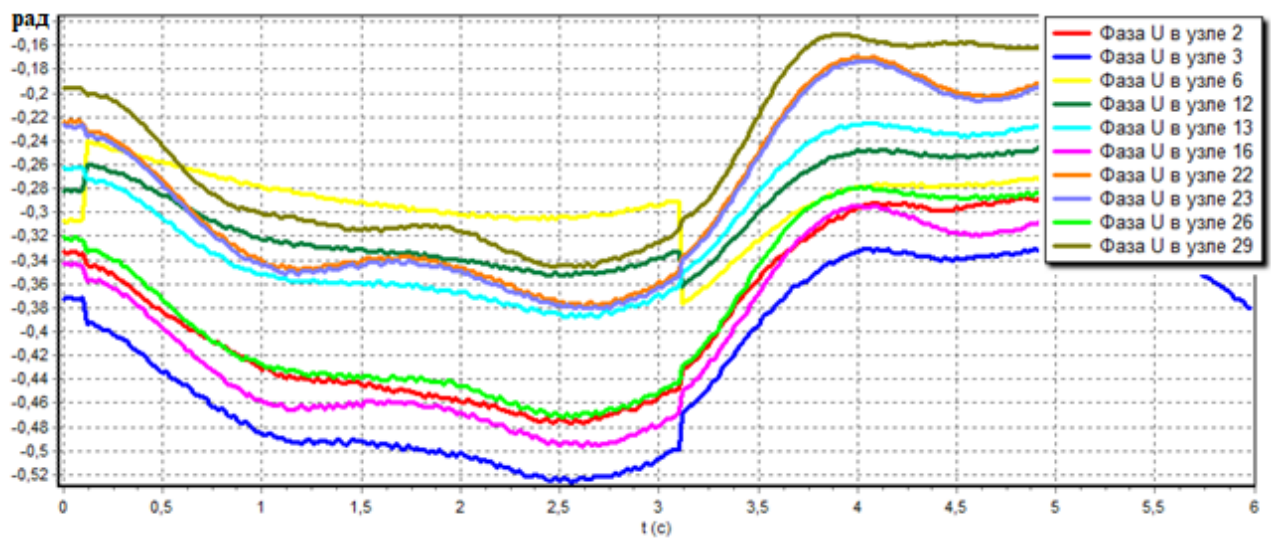


Рис. 4. Графики фаз напряжения (а) и модулей тока (б) при отключении в 0,1 с и включению в 3,1 с линии №7 при токе $I=0,696$ А.

а)



б)

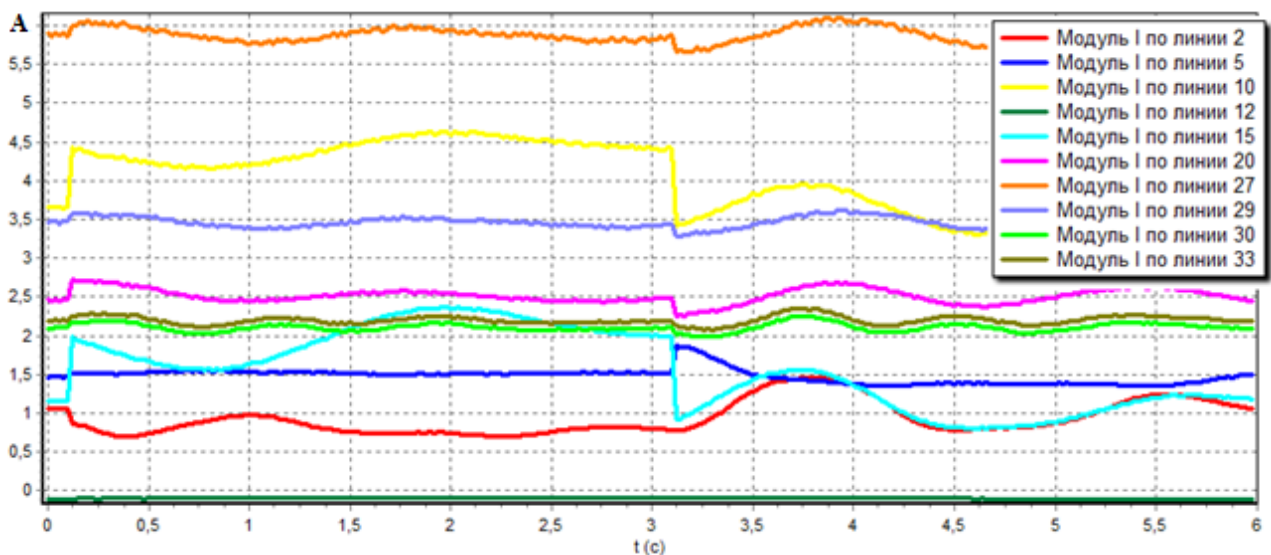


Рис. 5. Графики фаз напряжения (а) и модулей тока (б) при отключении в 0,1 с и включению в 3,1 с линии №7 при токе $I=2,987$ А.

Библиографический список

1. Паттерсон, Дж. Глубокое обучение с точки зрения практика (пер. с англ.) / Дж. Паттерсон, А. Гибсон. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 418 с.
2. Miranda, V. Estimating Breaker Status with Electrical State Images and Convolutional Neural Networks / V. Miranda, L. Teixeira, J. Pereira // 2019 20th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP).
3. Qu, M. Distribution Network Electrical Topology Identification Algorithm Based on Deep Learning / M. Qu, T. Wang, F. Li et al. // IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science 645 (2021) 012076. — DOI:10.1088/1755-1315/645/1/012076
4. Xiao, M. Topology detection in power distribution system using kernel-node-map deep networks / M. Xiao, S. Wang, Z. Ullah et al. // IET Gener. Transm. Distrib. — 2020. — Vol. 14. — Iss. 19. — pp. 4033—4041.
5. Мясников, Е. Ю. Подтверждение конфигурации электрической сети по данным телеизмерений на основе сверточных нейронных сетей / Е. Ю. Мясников, В. И. Антонов, А. В. Солдатов, Р. В. Разумов // Электротехника. — 2024. — № 8. — С. 8—16.

6. Готман, Н. Э. Идентификация изменения состояния линии по векторным измерениям в переходном режиме на основе сетей глубокого обучения / Н. Э. Готман, Г. П. Шумилова // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики : Вып. 71. Надежность энергоснабжения потребителей в условиях их цифровизации : в 3-х книгах. — Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2020. — Книга 2. — С. 171—180.

7. Готман, Н. Э. Распознавание топологии электрической сети в реальном времени на основе нейронных сетей глубокого обучения / Н. Э. Готман, Г. П. Шумилова // I Всероссийская научно-практическая конференция «Цифровые технологии и платформенные решения для управления развитием электроэнергетики» (Севастополь, 23 марта 2023 г.) : сборник научных трудов / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет ; гл. ред. Илюшин П. В. ; ред. колл.: Петрова С. Ю. [и др.]. — Севастополь : СевГУ, 2023. — С. 187—194.

8. Готман, Н. Э. Применение сетей глубокого обучения для определения состояния линии электропередачи / Н. Э. Готман, Г. П. Шумилова // Сборник материалов научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской работы 2020 года преподавателей Сыктывкарского лесного института (Сыктывкар, 16—18 февраля 2021 г.). — Научное электронное издание. — Сыктывкар : СЛИ. 2021. — С.42—48. — URL: https://sli.komi.com/files/fevralskie_chtenia_2021.pdf

9. Готман, Н. Э. Верификация топологии электрической сети в аварийном и послеаварийном режимах на основе нейронной сети глубокого обучения / Н. Э. Готман // Сборник материалов научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской работы 2024 года преподавателей Сыктывкарского лесного института (Сыктывкар, 19—21 февраля 2025 г.). — Научное электронное издание. — Сыктывкар : СЛИ. 2025. — С. 27—31. — URL: https://sli.komi.com/files/fevralskie_chtenia_2025.pdf

Проведено изучение возможности гидрофобизации сульфатной целлюлозы парафином. В качестве растворителя использован бензин. Определены зависимости водопоглощения, поглощения нефтепродукта — отработанного моторного масла, в зависимости от удельного расхода парафина. Проведена оценка избирательности сорбции нефтепродукта сорбентами на основе целлюлозы и макулатуры.

Ключевые слова: целлюлоза, гидрофобизация, водопоглощение, поглощение нефтепродукта, избирательность сорбции.

В. А. Дёмин,
доктор химических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры ЛХ и ЛПТ;
В. А. Булычев,
Д. Я. Игнатов,
студенты 4-го курса ФЛ и СХ (ТиОХПД)
(Сыктывкарский лесной институт)

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПАРАФИНОМ

Транспортировка и переработка нефти в Российской Федерации ежегодно сопровождается многочисленными инцидентами, связанными с разливами нефти и нефтепродуктов общим объемом свыше 1,5 млн тонн. Особую остроту проблема приобретает в контексте реализации государственной экологической политики, направленной на снижение антропогенного воздействия на окружающую среду.

Применение сорбционных материалов является одним из наиболее эффективных методов локализации и ликвидации аварийных разливов нефти, позволяющим оперативно извлекать загрязнители с поверхности водных объектов и почвенного покрова. Однако широкое использование традиционных синтетических сорбентов сдерживается их высокой стоимостью, недостаточной биоразлагаемостью и экологическими рисками при утилизации отработанных материалов [1].

Переработка вторичного целлюлозосодержащего сырья, в частности макулатуры, в функциональные сорбционные материалы представляет собой перспективное направление развития отечественной химической промышленности, объединяющее решение двух стратегических задач. Во-первых, это создание доступной и экологически безопасной альтернативы импортным нефтесорбентам, что особенно актуально в условиях санкционного давления и необходимости импортозамещения критически важных материалов. Во-вторых, вовлечение макулатуры в промышленную переработку способствует снижению объемов твердых коммунальных отходов и сокращению потребления первичных природных ресурсов, что полностью соответствует концепции устойчивого развития и требованиям Федерального закона «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ.

Степень разработанности проблемы в отечественной научной и технической литературе характеризуется наличием фундаментальных исследований в области адсорбционных процессов и модификации целлюлозных материалов, выполненных в РХТУ им. Д.И. Менделеева, ИНХС РАН им. А.В. Топчиева, Санкт-Петербургском государственном технологическом институте. Значительный вклад в развитие теории сорбции нефтепродуктов на пористых структурах внесли работы российских ученых в области коллоидной химии и химической технологии переработки растительного сырья. Вместе с тем вопросы направленной модификации макулатурной массы с целью повышения нефтеёмкости и гидрофобности, а также разработки промышленно приемлемых технологических схем получения сорбентов на основе вторичных целлюлозных волокон остаются недостаточно изученными и требуют комплексного химико-технологического обоснования [2].

Основной целью данной исследовательской работы является изучение процесса гидрофобизации целлюлозы парафином, проводимого по безводной технологии, что является отличительной особенностью от известных ранее способов получения сорбентов нефтепродуктов на основе целлюлозы, базирующихся на двухступенчатых водных обработках исходного целлюлозосодержащего сырья гидрофобизирующими агентами (растворами мыл — солей жирных кислот [3]) и растворами коагулянтов, в качестве которых обычно выступают соли алюминия. Ряд научно-технических и патентных разработок был выполнен в этом направлении в последние 30 лет в Институте химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (патенты РФ 2097123; 2149684; 2150998 и др.).

В качестве исходных материалов (аналогов макулатуры) использованы небеленая хвойная сульфатная целлюлоза, небеленая лиственная сульфатная целлюлоза, отобранные около 20 лет назад (2006 г.) с соответствующих потоков Сыктывкарского ЛПК и хранившиеся в открытом виде в лаборатории на кафедре. Жесткость целлюлозы в момент отбора соответствовала 17—20 единицам Каппа для лиственной и хвойной целлюлозы соответственно. После отжима, расщипывания и естественной сушки на воздухе при комнатной температуре образцы имели вид, представленный рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид исходного сырья.

Слева направо: хвойная сульфатная целлюлоза, лиственная сульфатная целлюлоза (после варки и промывки обе), картон тарный

Для улучшения состояния капиллярной структуры целлюлозы [4] при подготовке образцов сорбентов нефтепродуктов волокна подвергали набуханию в воде при pH около 9 и размешиванию с помощью лабораторной мешалки по следующей методике: 20 г воздушно сухой целлюлозы (константа сухости 0,97) заливали в лабораторном стакане дистиллированной водой (400 мл), добавляли 2 мл 1 М раствора NaOH и интенсивно перемешивали лабораторной мешалкой в течение 1 ч, контролируя визуально равномерность целлюлозной массы на отсутствие сгустков и пучков волокон, то есть до полного «расчеса» и набухания.

Однородную целлюлозную массу отливали на пористом стеклянном фильтре (фильтр Шотта), заполняя его до верха однократно. После обезвоживания под небольшим вакуумом с помощью водоструйного насоса отливки выдували из фильтра не подвергая прессованию, высушивали в сушильном шкафу при температуре около 100 °С.

Сухие образцы целлюлозы в виде отливок круглой формы (рисунок 2) далее подвергали гидрофобизации парафином.



Рис. 2. Внешний вид сухих отливок целлюлозы

В данной работе безводный (сухой) способ гидрофобизации волокон целлюлозы был проведен раствором парафина (ГОСТ 23683-89) в бензине АИ-92.

Навеску парафина 1,00 г растворили в 100 мл бензина, получив раствор № 1. Следующие два раствора (№№ 2, 3) пониженной концентрации получали путем разбавления раствора № 1. Растворы № 4 получили разбавлением раствора № 3, раствор № 5 разбавлением раствора № 4. Каждая из последующих за первым раствором пониженных концентраций отличается от предыдущей в 10 раз. Соответственно, ряд концентраций парафина в бензине составил в мг/мл: 10; 1; 0,1; 0,01; 0,001.

Гидрофобизация целлюлозных отливок

Первая серия опытов (целлюлозы небеленая сульфатная лиственничная).

Опыт 1. Отливку в виде сухой «таблетки» массой 1,16 г пропитывали с помощью пипетки 5 мл раствора парафина концентрацией 10 мг/мл в чашке Петри. Режим пропитки капельный. Свободной жидкости на чашке Петри не было, парафиновый раствор поглощался целлюлозой полностью. Условия пропитки: давление атмосферное, температура 25 °С.

Опыты 2—5 отличались от опыта 1 массой навески целлюлозы и меньшей на порядок (каждый раз в 10 раз) концентрацией раствора парафина в бензине. Объем раствора одинаковый — 5 мл.

Опыт 2 — абсолютно сухая навеска целлюлозы 1,09 г. Концентрация парафина 1 мг/мл.

Опыт 3 — навеска целлюлозы 1,25 г, концентрация парафина 0,1 мг/мл.

Опыт 4 — навеска целлюлозы 1,32 г, концентрация парафина 0,01 мг/мл.

Опыт 5 — навеска целлюлозы 1,25 г, концентрация парафина 0,01 мг/мл.

Вторая серия опытов — 6, 7, 8 (целлюлозы небеленая сульфатная листовая) при концентрации парафина 5 мг/мл.

Опыт 6 — навеска целлюлозы 1,41 г, концентрация парафина 5 мг/мл (раствор № 1 разбавленный в два раза), объем раствора 5,0 мл.

Опыт 7 — навеска целлюлозы 1,29 г, объем раствора 4,0 мл, концентрация парафина 5 мг/мл.

Опыт 8 — навеска целлюлозы 1,43 г, объем раствора 3,0 мл, концентрация парафина 5 мг/мл.

После пропитки образцы сорбента сушили в шкафу для удаления растворителя (бензина) при 60—80 °С до постоянного веса.

Исходя из массы навески, объема раствора парафина и его концентрации рассчитывали удельный расход парафина на гидрофобизацию в долях и процентах. Данные расчетов представлены в таблицах 1—3.

Целью гидрофобизации является придание сорбенту способности плавать на поверхности воды без механического разрушения лепестков или таблеток целлюлозы при минимальном набухании. Следует отметить, что после гидрофобизации образцы целлюлозы становятся значительно жестче на изгиб и излом (установлено органолептическим способом).

Поглощение воды образцами сорбентов проводили весовым методом, помещая таблетку с известным весом в сосуд с водой на 10 мин. Сосуд слегка покачивали для заливания образца сверху, если погружение его в воду не смачивало всю поверхность. Через 10 мин образец подвешивали на 10 мин над чашкой Петри для свободного стекания воды и взвешивали на лабораторных весах. Разность весов до и после пропитки водой отвечает массе Δm поглощенной воды. Отношение Δm массе абсолютно сухой гидрофобизированной целлюлозы выражали в % (таблица 1).

Поскольку был выбран широкий шаг и большой интервал концентраций, только первые два опыта обеспечивали относительно хорошую гидрофобизацию, причем первый опыт — практически абсолютную гидрофобизацию сорбента. Поэтому следующие опыты проводили при промежуточной концентрации парафина, равной 5 мг/мл.

По данным таблицы 1 была получена графическая зависимость массы поглощенной воды от удельного расхода парафина, представленная на рисунке 3.

Таблица 1. Результаты определений поглощения воды

№ образца	Концентрация парафина, мг/мл	Удельный расход парафина, % от абс.сух. целлюлозы	Масса сорбента, г	Масса сорбента с водой	Δm , г	Водопоглощение, % воды от массы абс.сух. сорбента
1	10	4,35	1,24	1,68	0,44	0,35
2	1	0,47	1,12	6,64	5,52	4,93
3	0,1	0,04	1,29	11,69	10,40	8,06
6	5	1,7	1,38	1,95	0,57	0,41
7	5	1,5	1,41	2,43	1,02	0,72
8	5	1,0	1,27	2,38	1,11	0,87
Исходная лиственная целлюлоза	0,0	0,0	1,53	12,53	11,00	7,19
Исходная хвойная целлюлоза	1,01	0,0004	1,01	8,51	7,50	7,43

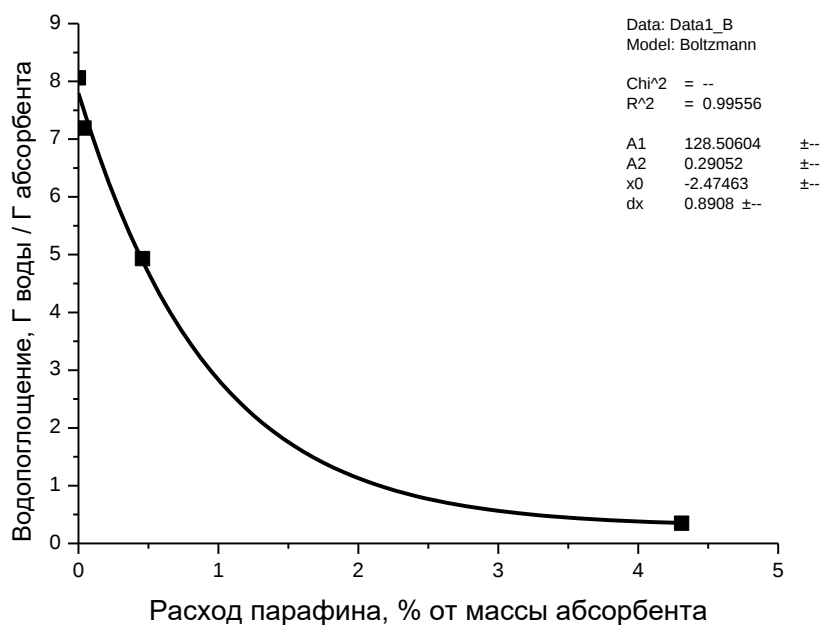


Рис. 3. Зависимость водопоглощения сорбента от удельного расхода парафина при гидрофобизации лиственной целлюлозы

В качестве нефтепродукта в работе использовано отработанное моторное масло.

Анализ проводили весовым методом, погружая предварительно взвешенный образец сорбента в ванну с отработанным маслом на 10 мин, погружая его в первый момент полностью в моторное масло. Извлеченный из ванны образец сорбента после 10 мин свободного стекания масла снова взвешивали.

Таблица 2. Результаты по поглощению отработанного масла образцами сорбентов

№ образца	Концентрация парафина, мг/мл	Удельный расход парафина, % от абс.сух. целлюлозы	Масса сорбента, г	Масса сорбента с моторным маслом	Δm , г	Поглощение моторного масла % от массы абс.сух. сорбента
1	10	4,35	1,25	7,74	6,49	5,19
2	1	0,47	1,11	6,58	5,47	4,92
3	0,1	0,04	1,29	7,79	6,50	5,04
4	0,01	0,004	1,34	8,22	6,88	5,13
5	0,001	0,0004	1,29	7,55	6,26	4,85
6	5 (5 мл)	1,7	1,36	7,55	6,19	4,55
7	5 (4 мл)	1,5	1,23	7,10	5,87	4,77
8	5 (3 мл)	1,0	1,41	8,15	6,74	4,78
Хвойная целлюлоза	—	—	1,14	5,91	4,77	4,18

Поданным таблиц 1 и 2 можно заключить, что образцы сорбента из лиственной целлюлозы обладают несколько большей емкостью по нефтепродукту — моторному маслу, чем образцы из хвойной целлюлозы.

В результате статистической обработки данных получено среднее значение поглощения нефтепродукта для листовенного сорбента — $5,07 \pm 0,12$ %, хвойного — $4,7 \pm 0,13$ % (по образцам 1—5 для листовенной, 6—8 — для хвойной целлюлозы).

По-настоящему гидрофобными являются сорбенты 1, 6, 7, 8 (номера образцов по таблице 2), содержащие от 1,0 % парафина и более.

Избирательность поглощения нефтепродукта оценивали по отношению масс сорбции моторного масла к сорбции воды (коэффициент избирательности $K_{изб.}$). Результаты приведены в таблице 3 и на рисунке 4.

Для сорбентов на основе небеленой листовенной сульфатной целлюлозы (образцы 1—3, см. таблица 3) максимальный коэффициент избирательности поглощения нефтепродукта составляет 14,8 — для образца 1, полученного с удельным расходом парафина 4,35% от массы абсолютно сухой целлюлозы. При снижении удельного расхода парафина в 10 раз $K_{изб.}$ снижается до 1,0 (образец 2).

Таблица 3. Избирательность сорбции нефтепродукта

№ образца	Поглощение нефтепродукта, %	Поглощение воды, %	Коэффициент избирательности
1	5,19	0,35	14,8
2	4,92	4,93	1,00
3	5,04	8,06	0,62
6	4,55	0,41	11,1
7	4,77	0,72	6,6
8	4,78	0,87	5,5
Исходная хвойная целлюлоза	4,18	7,43	0,56
Исходная лиственная целлюлоза	4,85	7,19	0,67

Для сорбентов на основе небеленой хвойной сульфатной целлюлозы наибольший коэффициент избирательности получен при удельном расходе парафина 1,7 %, при меньших расходах парафина — 1,5—1,0 % — величина $K_{изб.}$ снижается до 6,6—5,5 (см. таблицу 3, рисунок 4).

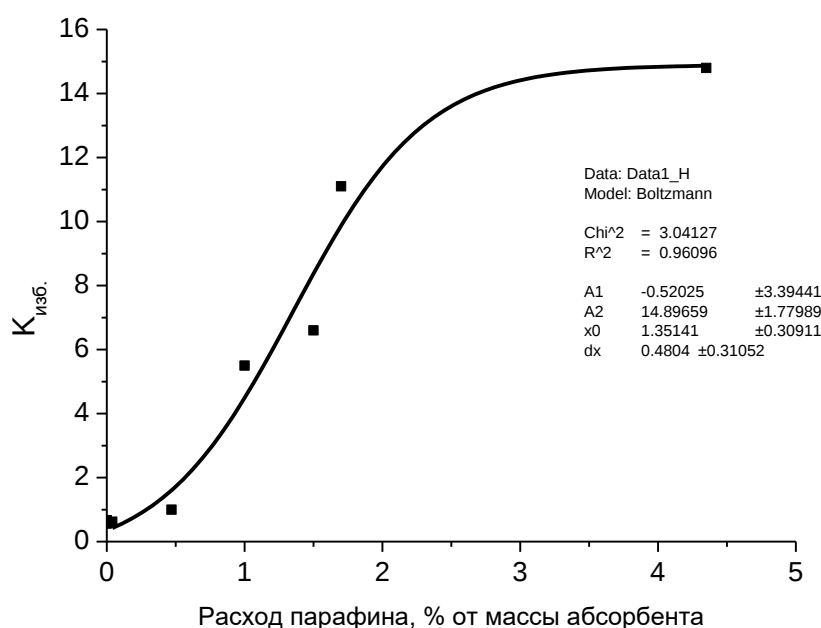


Рис. 4. Коэффициент избирательности гидрофобных сорбентов при поглощении отработанного моторного масла в зависимости от расхода парафина

Наименьшие значения коэффициента избирательности, 0,56—0,67, характерны для исходных целлюлоз, которые при большом водопоглощении (более 7 %) обладают относительно меньшим поглощением нефтепродукта.

Закключение

Для обеспечения плавучести и прочности сорбентов нефтепродуктов на водной поверхности на основе технической целлюлозы необходимо придать им

гидрофобные свойства. С целью сокращения потребления воды на производство сорбентов нефтепродуктов гидрофобизацию предлагается проводить раствором парафина в углеводородном растворителе (бензине и более тяжелых фракциях). Практически абсолютная гидрофобность сорбента достигается при расходе парафина более 2 % (2—5 %). Для практической реализации гидрофобных свойств сорбента на основе хвойной целлюлозы и ее отходов достаточен расход парафина в пределах 1—2 %.

Библиографический список

1. Березин, Г. И. Современное состояние и перспективы развития производства сорбентов для ликвидации разливов нефти в Российской Федерации / Г. И. Березин, А. С. Комаров // Химическая промышленность сегодня. — 2023. — № 5. — С. 22—31.
2. Федорова, Н. Л. Влияние гидрофильности целлюлозных материалов на сорбцию нефти и воды / Н. Л. Федорова, А. В. Смирнов // Журнал прикладной химии. — 2023. — Т. 96. — № 8. — С. 132—140.
3. Андреев, К. В. Модификация целлюлозных волокон жирными кислотами для получения гидрофобных материалов / К. В. Андреев // Химическая промышленность сегодня. — 2023. — № 8. — С. 92—98.
4. Фляте, Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. — Санкт-Петербург : Лань, 2023 (репринт издания 1986 года). — 680 с.

Проведен анализ потенциометрических кривых, полученных в условиях бездиафрагменного электролиза водного раствора соляной кислоты, суспензии небеленой целлюлозы, суспензии биологически пораженной древесины осины, суспензии древесной муки из сосны в растворе соляной кислоты при разном отношении скоростей генерирования хлора и его расхода на реакцию с лигнином, содержащемся в технических целлюлозах и древесине.

Показано, что кулонометрический метод с потенциометрической индикацией точки эквивалентности может быть использован для быстрого определения хлорного числа, косвенно характеризующего содержание лигнина в небеленых волокнистых полуфабрикатах, а также в древесине, размолотой до состояния древесной муки.

Ключевые слова: электролиз, кулонометрия, потенциометрия, редокс потенциал, потенциометрическая кривая, специфическая абсорбция, водород, хлор, соляная кислота, хлорное число, статистическая обработка.

В. А. Дёмин,

доктор химических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры ЛХ и ЛПТ;

В. А. Патов,

студент 4-го курса ФЛ и СХ (ТиОХПД)
(Сыктывкарский лесной институт)

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ КРИВЫХ ПРИ КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРНОГО ЧИСЛА ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изучение реакционной способности лигнинных веществ, содержащихся в древесине и волокнистых полуфабрикатах различного происхождения, остается весьма актуальным, особенно в современную эпоху, когда резко расширились возможности компьютерных технологий и ужесточаются экологические требования к производственным процессам.

Для разработки новых подходов и технологий получения целлюлозы, технологического контроля важно иметь точные и быстрые методы определения лигнина, легко поддающиеся компьютеризации и требующие минимального набора химических веществ.

Все методы определения лигнина в лигноцеллюлозных материалах можно разделить на прямые и косвенные [1]. Прямые методы определения лигнина основаны на гидролизе углеводной части концентрированными кислотами, выделении и определении массы лигнина. Большинство косвенных методов определения содержания лигнина в целлюлозе основаны на способности лигнина окисляться или вступать в реакции электрофильного замещения в ароматическое ядро [2]. По этой способности судят о степени провара (жесткости) целлюлозы, пересчитывая ее в содержание лигнина. Среди косвенных методов известны методы перманганатные, метод хлорного числа Роэ, гипохлоритного числа и др. Все они требуют довольно больших количеств материала на анализ,

длительны, трудоемки, не очень точны и в значительной степени условны. Например, метод числа Каппа, который используют в технологическом контроле даже в процессе отбелки целлюлозы, не отражает истинного содержания лигнина (при его содержании менее 2 %) из-за параллельных реакций гексену-роновых кислот с 0,1 н KMnO_4 [3].

Ранее сотрудниками Отдела химии КФАН был предложен способ (по авт. свид. СССР № 1366570) кулонометрического определения лигнина [4] по хлорному числу с автоматической записью кривых потенциометрии, однако в то время материальная база, использованная авторами, не позволила осуществить компьютерный контроль процесса, т. к. персональных компьютеров тогда не было. Вместе с тем кулонометрический способ позволяет получать весьма точные данные, а также требует минимального набора химикатов. Суть способа заключается в бездиафрагменном электролизе непрерывно перемешиваемой суспензии анализируемой пробы лигноцеллюлозного материала в растворе соляной кислоты с потенциометрическим контролем процесса, окончание которого определяют по резкому, почти мгновенному, повышению значения редокс потенциала из области отрицательных значений (хлорсеребряного электрода сравнения), характерных для водорода, в сторону положительных значений, характерных для хлорной системы (около +800 мВ отн.хлс.). Электролиз ведут с использованием нерастворимого анода, предпочтительно из платины (Pt).

Условием получения потенциометрической кривой кулонометрического титрования лигнина является определённая скорость электрохимического генерирования хлора ($V_{\text{эл.-хим.}}$), которая не должна быть больше скорости его химической реакции с лигнином ($V_{\text{хим.}}$). Это достигается за счет определенной величины удельной силы тока (А/г или мА/мг), которая подбирается из широкого интервала значений и зависит от характера пробы, условий измерений, содержания лигнина в древесине или технической целлюлозе, концентрации суспензии, условий ее перемешивания, температуры, характера пробоподготовки и других факторов.

Впервые возможность специфической абсорбции водорода на платиновом электроде и потенциометрического контроля реакций в условиях бездиафрагменного электролиза растворов хлоридов была экспериментально показана еще в 70-е годы прошлого века, а кривые опубликованы в монографии «Электрохимическая отбелка сульфатной целлюлозы» [5].

Целью данной работы является рассмотрение различных видов потенциометрических кривых и физико-химические характеристики явлений, происходящих в результате изменений в состоянии платины (Pt электрода) в среде (суспензии лигноцеллюлозного материала), насыщенной сначала водородом, а затем молекулярным хлором — продуктами бездиафрагменного электролиза раствора соляной кислоты.

Экспериментальная установка включает систему питания и контроля силы постоянного тока (Б5-47 и лабораторный миллиамперметр М2038), лабораторную магнитную мешалку, иономер «Мультитест ИПЛ-103, снабженный компьютерным выходом, комбинированный платиновый измерительный и

хлорсеребряный (нас. KCl) электроды сравнения, персональный компьютер с программой Excel. Взвешивание образцов воздушно-сухой небеленой лиственной сульфатной целлюлозы проводили на лабораторных весах с точностью до $\pm 0,001$ г. Общий вид приборов представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Экспериментальная установка для кулонометрического определения хлорного числа

В процессе бездиафрагменного электролиза 100 см^3 раствора соляной кислоты типичная потенциометрическая кривая характеризуется быстрым, за 2—3 с, подъёмом до значений близких к потенциалу хлорного электрода (рисунок 2).

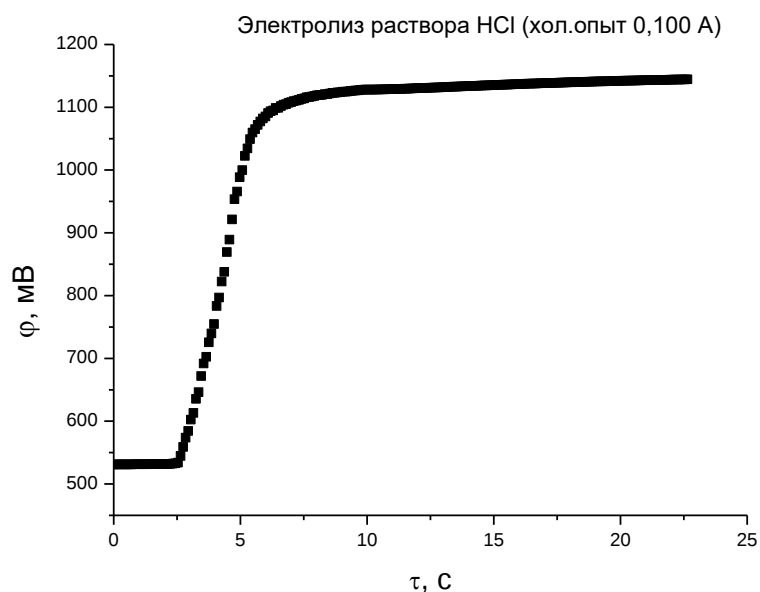


Рис. 2. Холостой опыт, потенциометрическая кривая электролиза водного раствора 1 М соляной кислоты при 25 °С

Аналогичный вид имеет потенциометрическая кривая, снятая в суспензии небеленой лиственной сульфатной целлюлозы (16 ед. Каппа), при избыточном генерировании хлора. Например, при удельной силе тока 0,24 А/г потенциометрическая кривая имеет вид, представленный на рисунке 3. Однако подъем потенциала до тех же предельных значений происходит заметно медленнее. До значений 900÷1000 мВ требуются десятки секунд в тех же условиях опыта.

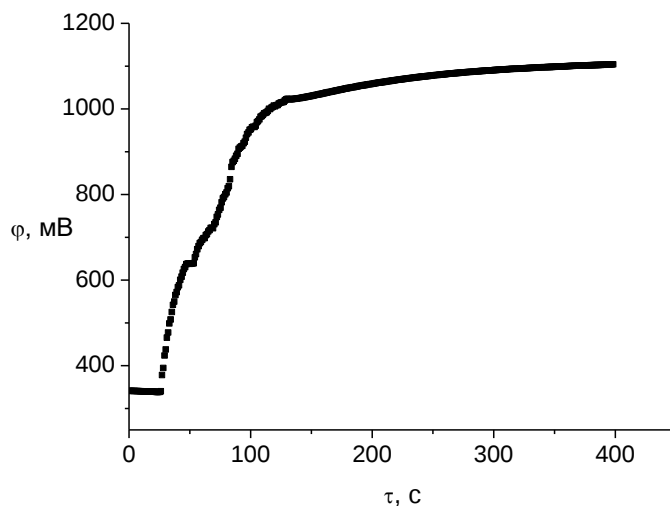


Рис. 3. Потенциометрическая кривая, полученная в 0,2 %-ной суспензии небеленой лиственной сульфатной целлюлозы в 1 н растворе соляной кислоты на платиновом электроде с хлорсеребряным электродом сравнения при удельной силе тока электролиза 0,24 А/г

Скорость первичной электрохимической реакции ($V_{\text{эл.-хим.}}$), то есть генерирования титранта — молекулярного хлора, при этом выше или сопоставима со скоростью вторичной химической реакции хлора ($V_{\text{хим.}}$) хлорирования остаточного лигнина лиственной сульфатной целлюлозы жесткостью 16 ед. Каппа. Сорбции водорода на платиновом электроде, которая приводит к снижению потенциала, нет.

Рассмотрим детально изменения потенциала (см. рисунок 3). Начальный горизонтальный участок кривой « $\phi - \tau$ » соответствует состоянию гладкой платины до начала электролиза (около +350 мВ отн.хлс. электрода). Примерно с 30-й секунды в момент включения электролиза начинается подъем кривой потенциала, значение которого быстро достигает +650 мВ, и далее с несколько меньшей скоростью +750 мВ – +850 мВ. Через одну минуту электролиза значение ϕ достигает +1000 мВ и далее медленно увеличивается до значений, характерных для хлорного электрода (около +1150 мВ относительно хлорсеребряного электрода или +1356 мВ относительно стандартного водородного электрода [7]). По такой зависимости непосредственно весьма трудно определить точку эквивалентности кулонометрического титрования лигнина хлором, поскольку на пологой потенциометрической кривой характеристическое время титрования, по которому рассчитывают количество электричества и, соответ-

ственно, сгенерированного хлора, трудно определить и интерпретировать однозначно. Несмотря на использование бездиафрагменного электролиза влияние водорода на величину потенциала платинового, образующегося на катоде, не заметно. Снижение его значения не отмечено.

Совершенно другой вид имеют потенциометрические кривые при условии, что скорость генерирования хлора существенно меньше скорости реакции хлорирования лигнина. Типичная потенциометрическая кривая при кулонометрическом определении хлорного числа по способу [4] должна иметь вид, представленный на рисунке 4.

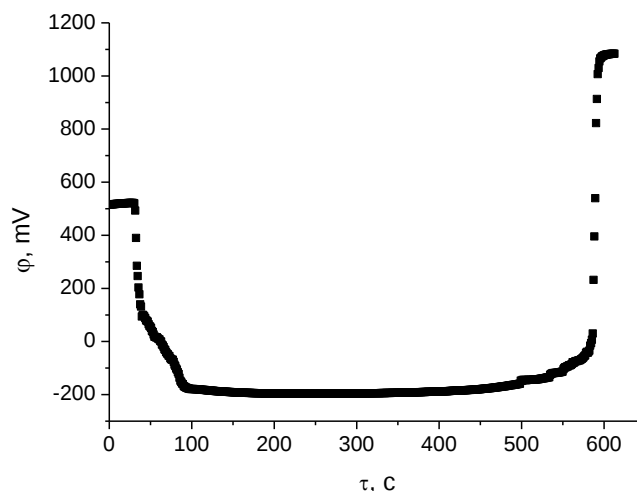


Рис. 4. Потенциометрическая кривая для расчета хлорного числа, полученная в условиях кулонометрического титрования ($V_{\text{эл.-хим.}} \leq V_{\text{хим.}}$)

С началом электролиза происходит резкое снижение значений потенциала до отрицательных значений (относительно насыщенного хлорсеребряного электрода сравнения), достигая минимума — около -200 мВ. Это соответствует состоянию водородного электрода (нулевому потенциалу относительно водородного электрода [5—7]). Водород генерируется на катоде и мгновенно распределяется в суспензии целлюлозы (или древесной муки [4]), при этом платиновый измерительный электрод в результате специфической адсорбции водорода заряжается отрицательно и в таком состоянии находится большую часть кулонометрического титрования хлором. В точке эквивалентности происходит практически мгновенная перезарядка платинового электрода избыточно генерируемым хлором и потенциал электрода становится «хлорным», достигая значений более $+1000$ мВ со скоростью около $150 \div 200$ мВ/с, которая позволяет точно определить окончание кулонометрического титрования лигнинных веществ.

Расчет содержания лигнина (% поглощенного хлора) проводят по формуле:

$$X = \frac{1,32 \cdot K \cdot \tau \cdot 100 \cdot I}{g \cdot K_c \cdot 60},$$

где:

1,32 — количество хлора, выделяющегося на 1 А·ч/г;
 К — коэффициент выхода хлора по току (0,95—0,95 в 1—2 н. HCl);
 I — сила тока;
 τ — время электрохимического хлорирования (до 700—900 мВ); м.
 g — навеска исследуемого лигноцеллюлозного материала, г;
 Кс — константа сухости целлюлозного материала;
 60 — коэффициент пересчета времени (мин. в час);
 Х — хлорное число, равное % поглощенного хлора за время определения (% от массы абсолютно сухого целлюлозного материала).

Согласно литературным источникам [4, 5, 7] для разных лигноцеллюлозных материалов были получены следующие значения отклонений в параллельных определениях:

Для небеленой лиственной сульфатной целлюлозы с содержанием остаточного лигнина около 2% — ±6 % [7].

Для биопораженной древесины осины в виде небольших волокон после размол в роторном устройстве — ±2,6 %.

Для древесной муки из проэкстрагированных спиртобензольной смесью сосновых опилок — ±0,47 % [4].

По хлорному числу вычисляют жесткость целлюлозы в перманганатных единицах по уравнениям (1) и (3) для сульфатной хвойной и лиственной (соответственно) целлюлоз [4]. По уравнению (2) вычисляют содержание лигнина в хвойных лигноцеллюлозных материалах:

$$Y = 36,03 \cdot X - 12,4 \quad (1)$$

$$Y_{\text{л}} = 1,145 \cdot X - 0,41 \quad (2)$$

$$Y = 51,5 \cdot X - 44,6 \quad (3)$$

где:

Y — жесткость, перманганатные единицы (градус Бьеркмана);

$Y_{\text{л}}$ — содержание лигнина, %;

X — хлорное число.

Среднеквадратичная ошибка при вычислении остаточного лигнина по хлорному числу равна:

для уравнения (1) ± 1,82 %;

для уравнения (2) ± 0,10 %;

для уравнения (3) ± 0,67 %.

Из приведенных данных видно, что чем больше содержание лигнина и чем мельче частицы пробы анализируемого материала, тем меньше относительная погрешность определения хлорного числа и расчетного содержания лигнина.

Заключение.

Проведен анализ потенциометрических кривых, полученных в условиях бездиафрагменного электролиза водного раствора соляной кислоты, суспензии небеленой целлюлозы, суспензии биологически пораженной древесины осины, суспензии древесной муки из сосны в растворе соляной кислоты при разном

отношении скоростей генерирования хлора и его расхода на реакцию с лигнином, содержащемся в технических целлюлозах и древесине.

Показано, что кулонометрический метод с потенциометрической индикацией точки эквивалентности может быть использован для быстрого определения содержания лигнина в небеленых волокнистых полуфабрикатах, а также в древесине, размолотой до состояния древесной муки.

В силу влияния диффузии на реакцию хлорирования древесины и целлюлозы для повышения сходимости результатов параллельных определений хлорного числа пробоподготовку древесины необходимо вести с размолом до однородного состояния (древесной муки), а перед электрохимическим хлорированием замачивать образец, перемешивая его в слабощелочной среде для улучшения набухания материала.

Библиографический список

1. Оболенская, А. В. Практические работы по химии древесины и целлюлозы / А. В. Оболенская, В. П. Щеголев, Г. Л. Аким, Э. Л. Аким, Н. Л. Коссович, И. З. Емельянова — Москва : Экология, 1965. — 411 с.
2. Дёмин, В. А. Химия процессов целлюлозно-бумажного производства. Ч. I. Структура, свойства и химические реакции лигнина : учеб. пособие : электрон. аналог печатного издания / В. А. Дёмин : Сыкт. лесн. ин-т. — 2-е изд., перераб. — Сыктывкар, 2014. — 64 с.
3. Хабаров, Ю. Г. Методы определения лигнинов / Ю. Г. Хабаров // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 2004. — № 3. — С. 86—102.
4. Авторское свидетельство на изобретение № 1366570 СССР, МКИ4 D21C 9/12, 3/18; G01N 27/46. Способ определения содержания лигнина в лигноцеллюлозном материале / В. А. Дёмин, А. П. Карманов, Е. У. Ипатова, В. Н. Сюткин // Открытия. Изобретения. — 1988. — № 2. — С. 104.
5. Демин, В. А. Электрохимическая отбелка сульфатной целлюлозы / В. А. Демин, В. Д. Давыдов, Б. Д. Богомолов. — Ленинград : Наука, 1982. — 136 с.
6. Лопатин, Б. А. Теоретические основы электрохимических методов анализа / Б. А. Лопатин. — Москва : Высшая школа, 1975. — 295 с.
7. Дёмин, В. А. Кулонометрическое определение содержания лигнина в сульфатной целлюлозе / В. А. Дёмин, А. А. Размыслова // Сборник материалов научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской работы 2021 года преподавателей Сыктывкарского лесного института. — Сыктывкар, 2022. — С. 32—35.

Проведено экспериментальное изучение возможности использования азотнокислой варки с последующей щелочной обработкой для получения целлюлозного коротковолокнистого или порошкового продукта из нестандартного сырья — древесины осины, глубоко пораженной осиновым трутовиком.

Показано, что выход целлюлозного продукта из биологически пораженной древесины осины при обработках по схеме: HNO_3 — NaOH при жидкостном модуле 10:1, температуре 90 °С сопоставим или несколько ниже выходов сульфатной целлюлозы для химической переработки из здоровой древесины (минимальный около 47 %). Возможные области применения полученного продукта — фармацевтика, сорбционные материалы, темплатный синтез керамических материалов.

Ключевые слова: древесина осины, осиновый трутовик, азотная кислота, гидроксид натрия, концентрация, температура, продолжительность, выход продукта, масса, весовой анализ, фотометрия.

В.А. Дёмин,

доктор химических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры ЛХ и ЛПТ;

С.С. Соин,

Ю.М. Хозяинова,

А.М. Эйвазова,

студенты 3-го курса ФЛ и СХ (ТиОХПД)
(Сыктывкарский лесной институт)

АЗОТНОКИСЛАЯ ВАРКА БИОЛОГИЧЕСКИ ПОРАЖЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ

Переработка биологически пораженной древесины представляет собой перспективное направление исследований с одной стороны как способ утилизации низкосортного сырья, а с другой — как этап развития биотехнологий. Грибковые и бактериальные поражения снижают качество древесного сырья, ограничивая его применение в целлюлозно-бумажном производстве. Однако в ряде других направлений переработки целлюлозного сырья, например, при получении сорбционных материалов, тонкодисперсных порошковых материалов и МКЦ, в темплатном синтезе керамических материалов деструкция древесной ткани ферментными системами грибов трутовиков может быть частью технологического процесса.

В связи с этим разработка эффективных методов переработки такой древесины с получением ценных продуктов приобретает особую значимость.

Одним из перспективных направлений является азотнокислая варка, позволяющая не только перерабатывать биопораженную древесину, но и получать целлюлозу и другие полезные компоненты.

Азотнокислый способ был открыт в 1838 г. французским химиком Ансельмом Пайя, который получил прочный волокнистый композит обработкой

различных растительных тканей поочередно растворами азотной кислоты и гидроксида натрия. Способ подходит для выделения целлюлозы из лиственной древесины, для травянистых растений, в том числе для соломы злаков. В связи с отсутствием широких сосудов хвойная древесная ткань очень плохо поддается пропитке азотной кислотой, в отличие от древесины лиственных пород и однолетних растений [1]. При азотнокислой варке для особенно тщательной пропитки применяется щепа малых размеров, не более 15 мм [3]. Запатентован процесс «Нитроцелл», в котором для ускорения пропитки щепы азотной кислотой предусмотрена ее предварительная обработка водным раствором аммиака.

Азотная кислота является сильной кислотой, поэтому ее воздействие на полисахаридную часть древесины в условиях варки носит главным образом гидролитический характер, приводя к существенному гидролизу гемицеллюлоз [1].

Азотная кислота является эффективным делигнифицирующим реагентом, действующим по механизму электрофильного замещения [1, 2]. Как и в большинстве аналогичных случаев для удаления нитролигнина необходимо проводить щелочную обработку.

Азотная кислота инициирует цепные окислительные реакции, вероятно радикального характера, в результате которых лигнин превращается в нитролигнин и продукты глубокого окисления, такие как щавелевая и муравьиная кислоты. Нитролигнин содержит карбоксильные группы, которые значительно повышают его растворимость в щелочной среде, что делает последующую щелочную экстракцию обязательной для полного удаления лигнина [2]. Помимо окисления, происходят реакции нитрования, образования сложных эфиров, хотя их вклад в процесс менее значителен. В биопораженной древесине, где лигнин уже частично модифицирован грибковыми ферментами, эти реакции могут протекать с большей скоростью, что снижает необходимую концентрацию кислоты.

Образование газообразных продуктов. В процессе варки выделяются оксиды азота (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2), углекислый газ CO_2 , а также следовые количества азотистой кислоты (HNO_2) и других летучих соединений. Эти газы необходимо улавливать, регенерировать для минимизации экологического воздействия и сокращения расхода реагентов. Например, оксиды азота могут быть преобразованы обратно в растворы азотной и азотистой кислот с использованием абсорбционных систем [1]. Эффективная регенерация является ключевым фактором для повышения экономической целесообразности процесса.

Азотнокислую варку обычно проводят при концентрации кислоты 3—15 % и температуре 60—95 °С, что позволяет работать при атмосферном давлении, снижая энергозатраты по сравнению с высокотемпературными методами, такими как сульфатная варка. Для биопораженной древесины оптимальная концентрация кислоты может быть ниже (1,5—5 %), так как биodeградация уже ослабляет лигноуглеводный комплекс [3, 4]. Однако точное установление условий обработки биодеструктированной древесины осины, пораженной осиновым трутовиком, является исследовательской задачей.

Цель работы — установить зависимость выхода целлюлозного продукта из биологически деструктированной древесины осины от концентрации азотной кислоты, обработку которой проводили по схеме « HNO_3 — NaOH ».

Сырьем для исследования варки выбрана древесина осины в третьей стадии поражения осиновым трутовиком. Экстракцию размолотого после сушки древесного материала водой или растворителями не проводили.

Условия первой ступени обработки: концентрацию азотной кислоты варьировали от 0,75 % до 2,25 % с шагом 0,25 %. Гидромодуль 10:1, продолжительность обработки 70 мин., температура 90 °С. Масса исходного материала составляла 2,00 г (абс.сух.). $K_{\text{сух.}} = 0,97$.

Вторую ступень — щелочную обработку — проводили при удельном расходе NaOH 4 %, остальные условия такие же, как на первой ступени. Между ступенями обработок проводили промывку дистиллированной водой.

Для сравнения был проведен опыт с гидромодулем 50:1 при концентрации азотной кислоты 10 % путем кипячения смеси с обратным холодильником. Выход продукта 58,2 %, выход после второй ступени щелочной обработки с удельным расходом 4 % NaOH составил 46,7 %.

График зависимости выхода продукта после двух ступеней обработок от концентрации азотной кислоты на первой ступени представлен на рисунке 1.

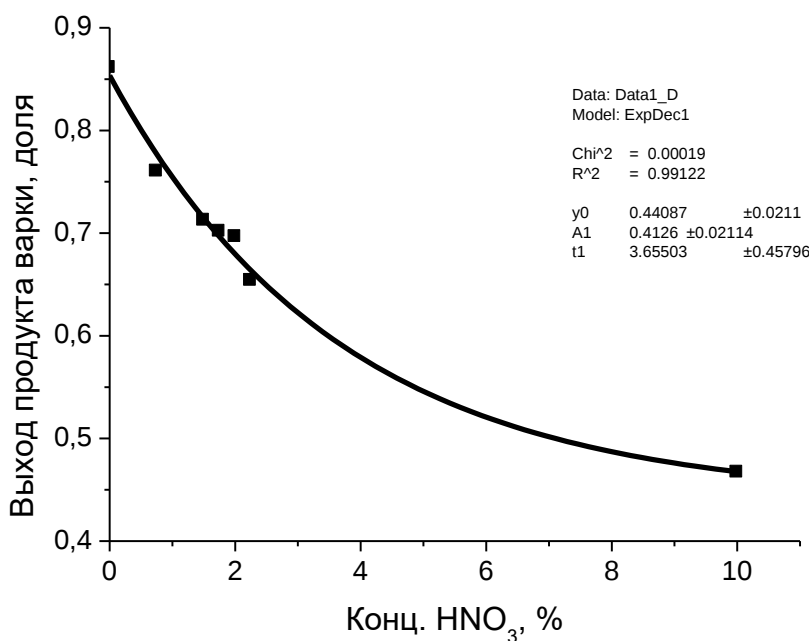


Рис. 1. Выход продукта из древесины биологически пораженной осины после обработок по схеме: HNO_3 — NaOH

Для сравнения представлена такая же зависимость для другого образца биологически деструктированной древесины осины, полученного по такой же схеме (гидромодуль 20:1, 95 °С), но с предварительной экстракцией горячей водой (рисунок 2).

В первом приближении экстракция водой и повышение температуры обработок на всех ступенях до 95 °С приводит к уменьшению выхода в $\approx 1,5$ раза. При этом выходы при тех же концентрациях азотной кислоты отдельно по двум ступеням обработок (азотная кислота — гидроксид натрия) отличаются примерно на 2 %. Чем выше температура, тем ниже выход продукта.

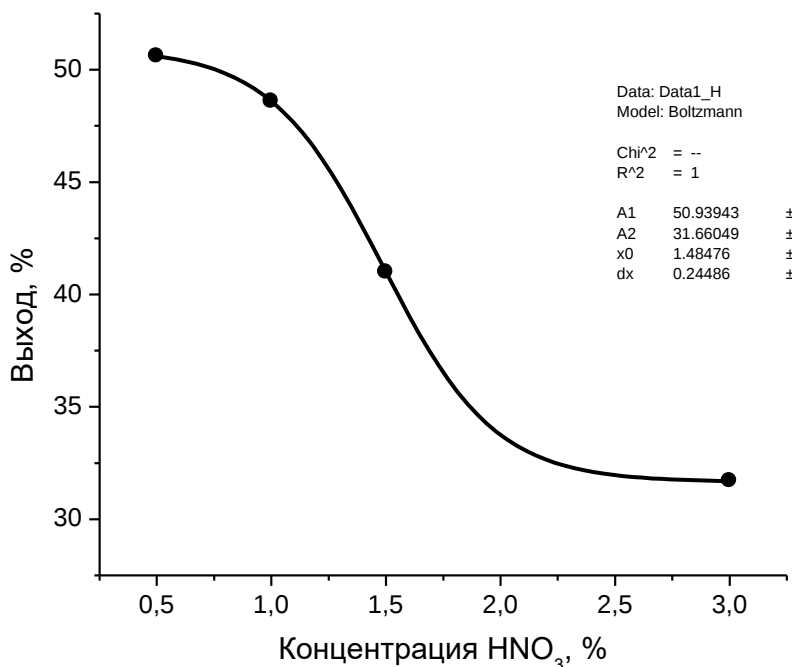


Рис. 2. Выход целлюлозного порошкового продукта после трех ступеней обработок по схеме: H_2O — HNO_3 — NaOH

Полученный по двухступенчатой схеме обработок 0,75 % HNO_3 — NaOH образец был проанализирован по методу кулонометрии на хлорное число — косвенную меру содержания лигнина. Хлорное число составило 16,4—16,7 % (содержание лигнина примерно в 1,1 раза больше), при этом потеря массы древесины уже составила около 25 %. Из этого можно заметить, что при низкой концентрации азотной кислоты преобладает процесс гидролиза полисахаридов, деструктированных ферментами гриба трутовика, а не процесс делигнификации.

Заключение

Минимальный выход продуктов обработок деструктированной ферментной системой осинового трутовика древесины осины после обработок азотной кислотой и гидроксидом натрия при температуре 90 °С составляет около 47 %. С предварительной экстракцией горячей водой и повышением температуры до 95 °С и гидромодуля вдвое (до 20:1) выход продукта снижается до ≈ 32 %.

Библиографический список

1. Непенин, Н. Н. Технология целлюлозы : учебное пособие для вузов в 3-х томах. Т. III. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы. Прочие способы получения целлюлозы / Н. Н. Непенин, Ю. Н. Непенин. — 2-е изд., перераб. — Москва : Экология, 1994. — 592 с.
2. Дёмин, В. А. Химия процессов целлюлозно-бумажного производства : учебное пособие. Ч. II. Сольволиз, озонолиз, реакции лигнина при варках / В. А. Дёмин ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2018. — 76 с.
3. Лендьел, П. Химия и технология целлюлозного производства / П. Лендьел, Ш. Морвай; под ред. А. Ф. Тищенко. — Москва : Лесн. промышленность, 1978. — 544 с.
4. Хабаров, Ю. Г. Деполимеризация конденсированных лигнинов под действием азотной кислоты / Ю. Г. Хабаров, Д. Е. Лахманов // Лесной журнал. — 2014. — № 5. — С. 173—181.

Биоразложение фитомассы древесных растений в результате жизнедеятельности грибов, протекающее в естественных условиях, с одной стороны, приводит к существенным потерям деловой древесины, ухудшению технико-экономических показателей работы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, снижению качества продукции целлюлозно-бумажного производства. С другой стороны, изменения в химическом составе древесины при поражении грибами различных видов (т.е. с различными ферментными системами) могут служить основой для направленного изменения свойств древесного сырья, для использования ферментов в качестве биокатализаторов многих биотехнологических процессов с целью получения как низкомолекулярных (экстрагируемых) продуктов, так и для выделения высокомолекулярных продуктов, обогащенных целлюлозой или лигнином, или их частично де-структурированных композиций, которые после минимальной химической обработки можно использовать в качестве порошковых или волокнистых сорбентов, наполнителей, носителей лекарственных форм, антиоксидантов и в др.

Ключевые слова: биологически пораженная древесина, грибы, ферментные системы, групповой и химический состав древесины, целлюлоза, лигнин, коррозионная и деструктивная гниль, фитомасса.

В. А. Дёмин,

доктор химических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры ЛХ и ЛПТ;

С. С. Соин,

Ю. М. Хозяинова,

А. М. Эйвазова,

студенты 3-го курса ФЛ и СХ (ТиОХПД)
(Сыктывкарский лесной институт)

ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРЕВЕСИНЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГРИБОВ

Разрушение морфологической структуры древесины в древостоях происходит в результате поражения их дереворазрушающими грибами, обладающими своеобразным набором ферментов. Это сопровождается потерей биологических свойств и технических качеств древесины. Характер разрушения древесины зависит от вида гриба и его ферментов, степени и последовательности разрушения им клеточных стенок, изменения химического состава древесной массы и её материальных свойств. В зависимости от структуры, окраски сгнивший древесины и микроскопических особенностей разрушения клеточных стенок выделяют разрушительный (деструктивный) и коррозионный типы гниения (рисунки 1, 2) [1].

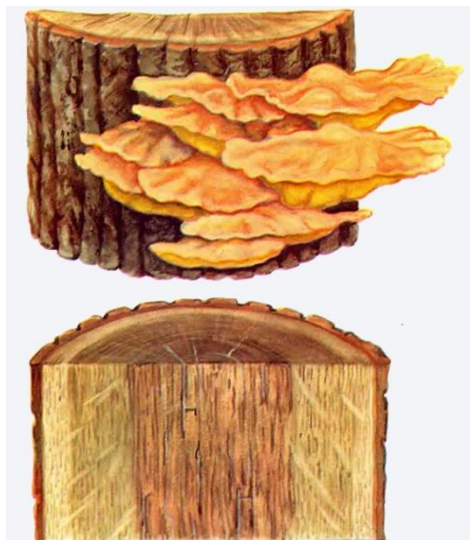


Рис. 1. Деструктивная гниль



Рис. 2. Коррозионная гниль

Гнили развиваются в результате деятельности микро- и макромицетов и характеризуются резким нарушением структуры древесины, разрушением ее под действием ферментативных систем грибов. Тип гнили определяется составом ферментов возбудителей. В зависимости от того, какими ферментами обладают ксилотрофы, т. е. дереворазрушающие грибы, и в какой последовательности они воздействуют на компоненты оболочек клеток, различают две группы грибов — возбудителей гнилей: целлюлозоразрушающие и лигнинразрушающие [2].

Они содержат гидролитические ферменты, разлагающие сложные органические вещества на более простые, а лигнинразрушающие грибы имеют еще и оксидазы, т. е. окислительные ферменты.

Грибы первой группы вызывают деструктивную гниль — разрушают целлюлозу (клетчатку), одну из основных частей оболочек растительных клеток, что способствует освобождению лигнина (в древесине содержится около 30 %, это сложное органическое вещество поли-фенилпропановой структуры). В результате деструкции целлюлозы древесина становится хрупкой, ломкой, крошащейся и в конце растрескивается на крупные или мелкие призматические куски, легко растирающиеся в порошок. Постепенно изменяется и цвет — от красноватого до темно-бурого, отсюда и другое название гнили — бурая [3].

Грибы второй группы вызывают коррозионную гниль. Коррозионная гниль вызывается лигнинразрушающими грибами, воздействующими не только на целлюлозу, но и на лигнин. К лигнинразрушающим грибам относятся: ложный трутовик, сосновая губка, опенок и др. Гниение древесины сопровождается образованием многочисленных больших отверстий, проделываемых в стенках клетки гифами гриба. После этого стенки клетки распадаются и от них остаются только обрывки. В древесине образуются пустоты в виде ямок, ячеек и т. п.

Древесина хвойных пород (сосна, ель) чаще всего поражается коррозионной гнилью, а лиственные (береза и осина) коррозионно-деструктивной гнилью. Деструктивная гниль встречается редко. На различные породы древесины

воздействуют определенные грибы. Например, ложный трутовик, дубовый трутовик поражают древесину лиственных пород, ложный осиновый трутовик — только древесину осины, а сосновая губка — только древесину хвойных пород. Некоторые дереворазрушающие грибы (опенок, корневая губка, окаймленный трутовик и др.) поражают древесину как хвойных, так и лиственных пород [4].

При быстрой деструкции древесины этими грибами в пораженной древесине появляются пустоты вследствие гниения групп клеток — они хорошо видны невооруженным глазом и заполнены неразложившейся целлюлозой. По окраске такая гниль пестрая (стандартное название этого типа гнили в случае, если она вызвана сосновой губкой, — ситовина или ситовая древесина). В отличие от пестрой гнили при белой гнили происходит постепенное разрушение лигнина оболочек клеток. В результате этого процесса в пустотах также накапливается неразложившаяся целлюлоза в виде так называемых выцветов, а оболочка клеток набухает и расслаивается. Древесина становится мягкой, волокнистой, расщепляется по годичным кольцам и белеет. Некоторые дереворазрушающие грибы способны вызывать смешанную гниль, воздействуя на целлюлозный и лигниновый комплексы древесины.

Воздействие гнили на древесину приводит к снижению показателей ее физико-механических свойств.

При высоком содержании гниения в древесине ее необходимо удалять. Гниль можно удалить двумя способами: из бревен до изготовления щепы или уже из полученной щепы. При первом способе, применяемом при небольшом объеме производства, гниль выкалывают или выфрезеровывают из отдельных поленьев; гниль этим способом можно удалить также при групповой обработке расколотых поленьев в специальных барабанах сухого трения. Второй способ, используемый для переработки больших объемов древесного сырья, позволяет легко механизировать весь комплекс работ по подготовке технологической щепы.

Гниение древесины — процесс динамический и протекает в несколько стадий [5]. Каждая стадия — это показатель степени разрушения древесины и характеризуется изменением ее окраски и структуры. Различают четыре стадии:

- начальная или первая стадия — наблюдается потемнение древесины, она приобретает красновато-бурый, оливковый или фиолетово-серый оттенок, сохраняется её нормальная структура и прочность;

- развитая вторая стадия — происходят видные изменения первоначальной структуры древесины, она приобретает мерный бурый цвет, в ней появляются светлые пятна и полосы, иногда «черные линии», мелкие трещинки и ямки, кремовые или белые пленки. Древесина еще сохраняет достаточную твердость, но её технические качества мощно снижены;

- конечная третья стадия — в древесине происходят макро- и микроскопические изменения, она приобретает наружный вид и структуру, специфические для того или другого типа разложения. Становится легкой, рыхлой, в ней созда-

ются выцветы целлюлозы, мицелиальные пленки. Оболочки клеток мощно истончаются, клетки распадаются. Древесина полностью теряет нерушимость, легко крошится, ломается, расщепляется на волокна;

- образование дупла — четвертая стадия — прекращение процесса разложения и начало её машинального разрушения, сотворению дупла содействуют насекомые, птицы, животные.

Механический распад древесины начинается на последней стадии. От момента заражения дерева базидиоспорами макромицетов — возбудителей гнилевых болезней — и начала гниения до наступления конечной стадии проходит разное время. Продолжительность течения каждой стадии характеризуется скоростью гниения — медленной, быстрой и очень быстрой. Она зависит от биологических особенностей возбудителя гнили, состояния живого дерева, физических свойств древесины и условий внешней среды. Например, скорость распространения гнили, вызываемой корневой губкой, 48 см в год [6].

У древесных пород, пораженных гнилями, наблюдается резкое нарушение физиолого-биохимических процессов, ослабляющее деревья и снижающее прирост древесины. В зависимости от биологических особенностей возбудителей гнили располагаются в дереве различно и по-разному влияют на его жизненные процессы и технические свойства древесины. Биологически наиболее вредоносны корневые и заболонные гнили стволов. Первые способствуют нарушению функций корневой системы и ветровалу деревьев, а вторые изменяют нормальное распределение в дереве питательных веществ. Гнили корней и стволов наблюдаются главным образом в насаждениях, подвергающихся неблагоприятным климатическим, биотическим и антропогенным воздействиям; их вызывают плохой уход за лесом, непланомерный выпас скота, засуха, неправильное проведение мелиоративных работ и т. д.

Биодеструкция компонентов древесины при поражении гнилями сопровождается изменениями группового состава.

Состав здоровой древесины основных технологически важных отечественных пород представлен в таблице 1 [7].

Содержание целлюлозы в древесине различных пород составляет (%): березы — 38,5; сосны — 40; ели — 41,5; осины — 42. Древесина хвойных пород в среднем содержит целлюлозы на 2—4 % больше, чем лиственных породах. Обычно, когда в литературе для содержания целлюлозы в древесине приводятся цифры 50 % и более, то нужно считать, что они соответствуют не чистой целлюлозе, а целлюлозе, содержащей гемицеллюлозы.

Можно отметить некоторые характерные отличия по содержанию компонентов и их соотношению: в хвойной древесине лигнина больше (27—32 %), в лиственной — меньше (18—24 %). В лиственной древесине гемицеллюлоз примерно в 1,5 раза больше, чем в хвойной, причем пентозаны преобладают в лиственной, а гексозаны — в хвойной.

При гниении древесины происходят изменения ее химического состава, зависящие от глубины разрушения и вида участвующего в гниении гриба [8—11].

Таблица 1. Химический состав древесины отечественных пород, %

Порода древесины	Целлюлоза без гемицеллюлоз	Гексозаны	Пентозаны	Лигнин	Пектиновые вещества	Вещества, растворимые в горячей воде	Вещества, растворимые в эфире (жиры, воски, смолы)
Береза	41,0	3,0	28,0	21,0	1,5	2,2	1,8
Сосна	43,3	11,8	10,4	27,5	1,1	2,3	3,4
Ель	44,2	12,3	10,3	29,0	1,2	1,9	2,2
Осина	43,6	2,0	26,0	20,1	1,8	2,3	1,6

При некоторых видах гнили, особенно в ранней стадии, химические изменения в древесине незначительны или же идут в направлении, обогащающем ее наиболее важной частью — целлюлозой, и такая древесина, как показывают исследования, вполне может быть использована для химической переработки. Например, слабо поврежденная ложным трутовиком древесина осины или поврежденная красниной древесина ели может применяться для получения целлюлозы; древесина лиственницы с гнилью *Stereum Abietinum* (коррозионный тип) — пригодна для выработки крафтцеллюлозы, оберточной и технических бумаг; гнилая древесина дуба — может быть пригодной для получения дубильных экстрактов, а древесина, поврежденная коррозионными гнилями — для гидролиза, в зависимости от степени разрушения.

В промышленности сухой перегонки гнилая древесина считается непригодной для переугливания. Уголь, полученный из зараженной древесины, обладает малой технической прочностью и большой склонностью к самовозгоранию вследствие повышенной способности к поглощению кислорода. Пораженная грибами древесина дает также пониженные выходы кислот и спиртов. Например, из березовой древесины со следами поражения было получено 6,39 % кислот, из пораженной на 60 % — 5,74 % и из полностью пораженной — 5,22 % против 7,1 % из здоровой древесины [9].

При деструктивном типе, к которому относятся бурые гнили, как это видно из таблицы 2, разрушается преимущественно целлюлоза и пентозаны; лигнин остается более или менее незатронутым, в виде остатка коричневого цвета. При сильном распаде содержание лигнина в таком остатке достигает 70 % и более. Это делает принципиально возможным использование бурых гнилей для выделения лигнина. Так, например, для этой цели можно использовать *Merulius lacrymans*.

Таблица 2. Состав древесины, пораженной гнилью, в %

Порода, тип и стадии гнили	Целлюлоза по Кюшнеру	Лигнин	Пентозаны	Растворимые в горячей воде вещества	Экстрагируемы эфиром	Растворимые в 1 %-м NaOH	Сумма растворимых веществ	Зола
Коррозионный тип — белые	-	-	-	-	-	-	-	-
Сосна: здоровая	52,1	27,2	11,2	2,1	3,6	1,0	6,7	0,23
Белая гниль от <i>Polyporus Destructor</i> , III стадия	68,0	11,6	5,3	6,3	0,4	7,7	14,2	0,38
Ель: здоровая	55,0	29,6	11,2	1,6	0,8	0,4	2,8	0,39
Пестрая гниль, <i>Trametes</i> , <i>Abietis</i> , II стадия	54,0	26,3	10,7	4,7	0,8	1,7	7,2	0,64
То же, III стадия	53,5	23,8	9,0	7,9	0,6	3,4	11,9	1,11

Содержание метоксидов зависит от количества лигнина, оставшегося в разложившейся древесине и от типа гнили. Например, в древесине сосны, пораженной *Merulius Lacrymans* (деструктивная гниль), метоксильных групп содержалось 8,05 %, а в пораженной *Polyporus Destructor* (коррозионная гниль) — всего лишь 1,8 %. Содержание ацетильных групп в этой гнилой древесине было найдено почти такое же, как и в здоровой.

Содержание уроновых кислот в древесине в процессе гниения изменяется также в зависимости от вида гриба. В древесине, поврежденной *Merulius Lacryman*, оно значительно увеличивалось, а в поврежденной *Polyporus Destructor* и *Fomes Igniarius* оставалось без изменения. Благодаря накоплению в гнилой древесине продуктов распада редуцирующая способность такой древесины значительно выше (медное число 7—13), чем здоровой (3,2—3,5). Имеются указания на присутствие в гниющей древесине ванилина и ванилиновой кислоты.

В сосновой древесине, инокулированной *Lentinus Lepideus*, увеличивается содержание низкомолекулярных веществ, летучих с паром производных коричной кислоты, т.е. экстрактивных веществ.

Пораженная коррозионными гнилями древесина дает больше сбраживаемых сахаров, чем здоровая. Противоположное явление наблюдается в случае деструктивной гнили от дубового трутовика и белого домового гриба.

При гниении в древесине увеличивается содержание золы и веществ, растворимых в 1 %-й щелочи и в горячей воде. На образование веществ, растворимых в щелочи, грибы бурой и белой гнили действуют неодинаково. При разложении древесины грибами, вызывающими белую гниль, содержание веществ, растворимых в щелочи, если выражать его в процентах от веса исходной, т. е. здоровой древесины, в начале гниения слабо или совсем не увеличивается, а затем падает. В древесине же, пораженной грибами бурой гнили, количество этих веществ в процессе разрушения сначала быстро возрастает, достигая максимума при потерях в весе около 40 %, а затем падает. Ход образования щелочерастворимых веществ является одним из основных химических признаков дифференциации этих двух типов гнили.

Заключение.

Биоразложение фитомассы древесных растений в результате жизнедеятельности грибов, протекающее в естественных условиях, с одной стороны, приводит к существенным потерям деловой древесины, ухудшению технико-экономических показателей работы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, снижению качества продукции целлюлозно-бумажного производства.

С другой стороны, изменения в химическом составе древесины при поражении грибами различных видов (т.е. с различными ферментными системами) может служить основой для направленного изменения свойств древесного сырья, для использования ферментов в качестве биокатализаторов многих биотехнологических процессов с целью получения как низкомолекулярных (экстрагируемых) веществ, так и для выделения высокомолекулярных продуктов, обогащенных целлюлозой или лигнином, или их частично деструктурированных композиций, которые после минимальной химической обработки можно использовать в качестве порошковых или волокнистых сорбентов, наполнителей, носителей лекарственных форм, антиоксидантов и в других ценных продуктов.

Библиографический список

1. Прутникова, С. В. Микробиология руководство для работ по малому практикуму / Ц.М. Гукасян, Н.И. Сарматова. — Красноярск, 2004. — 105 с.
2. Влияние гнили на качество щепы и сульфатной целлюлозы из хвойных пород древесины // Бумажная промышленность. — 1979. — Вып. 9. — С. 30.
3. Жалина, В. А. Исследование влияния изменения химического состава пихты под действием дереворазрушающих грибов на свойства сульфатной целлюлозы / А. В. Жалина, Э. В. Александрова, Ю. А. Бобров // Химия и химическая технология целлюлозы. — 1978. — Вып. 5. — С. 46—51.
4. Использование низкокачественной древесины лиственницы и ели для производства тарного картона / А. Д. Железнякова [и др.] // Целлюлоза, бумага и картон: реферат. информ. ВНИПИЭИлеспром. — 1975. — № 4. — С. 28.
5. Ушаков, И. И. Использование пораженной гнилью сосновой древесины при выработке сульфатной целлюлозы / И.И. Ушаков // Целлюлоза, бумага и картон : реферат. информ. ВНИПИЭИлеспром. — 1971. — Вып. 7. — С. 9—11.
6. Ушаков, И. И. Исследование пригодности пораженной гнилью древесины лиственницы для производства сульфатной целлюлозы / И. И. Ушаков, Т. Г. Голикова // Целлюлоза, бумага и картон : реферат. ВНИПИЭИлеспром. — 1974. — Вып. 27. — С. 11—12.

7. Уголев, Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение : Учебник для сред. проф. Образования / Б. Н. Уголев. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательский центр «Академия», 2006. — 272 с.

8. Методы исследования древесины и ее производных : учебное пособие / Н. Г. Базарнова, Е. В. Карпова, И. Б. Катраков и др. ; под ред. Н. Г. Базарновой. — Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. — 160 с.

9. Крейцберг, З. Н. Исследование энзиматически разрушенной древесины (разрушение древесины березы грибами белой гнили) / З. Н. Крейцберг // Химия древесины. — 1978. — Вып. 3. — С. 98—101.

10. Левдикова, В. Л. О химическом составе древесины, пораженной гнилью / В. Л. Левдикова // Химия и химическая технология древесины. — Красноярск, 1973. — Вып. 1. — С. 28—34.

11. Скиба, Л. П. О химическом составе здоровой и фаутной древесины хвойных пород / Л. П. Скиба, Н. А. Чупрова // Химия и химическая технология древесины. — Красноярск, 1976. — Вып. 4. — С. 27—33.

Для оценки расхода топлива при валке деревьев бензопилами используется удельный расход топлива на разрабатываемой лесосеке, определяемый на основе часового расхода топлива, рассчитываемого с учетом мощности и удельного расхода топлива внешней скоростной характеристики бензопил, определяемого с использованием кусочно-составной формулы Лейдермана.

Ключевые слова: лесозаготовки, валка деревьев, расход топлива, бензопилы.

Н. Г. Евстафьев,
кандидат технических наук
(Сыктывкарский лесной институт);
В. В. Королёв
(ООО «Клариго»)

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ ВАЛКЕ ДЕРЕВЬЕВ БЕНЗОПИЛАМИ

Рассмотрим оценку удельного $g_{уд}$ (кг/м³) и общего g (кг) расхода топлива при валке деревьев бензопилами на площади лесосеки, используя следующие соотношения:

$$g_{уд} = \frac{t_{тп} \cdot G_T(n_e^{3дн})}{3600 \cdot g_{ср}}, \text{ кг/м}^3; \quad (1)$$

$$g = g_{уд} \cdot Q^{лкв}, \text{ кг}; \quad (2)$$

где, $t_{тп}$ — суммарное время технологических переходов рабочего цикла выполнения технологической операции с применением бензопил, с; $G_T(n_e^{3дн})$ — часовой расход топлива внешней скоростной характеристики для заданного при валке деревьев числа оборотов двухтактного двигателя бензопил $n_e^{3дн}$, кг/ч; $g_{ср}$ — средний объем дерева (хлыста), обрабатываемого бензопилами за время рабочего цикла технологической операции; $Q^{лкв}$ — объем ликвидной древесины на лесосеке.

Удельные $g_{уд}$ и общие расходы g топлива при разработке лесосек рассчитываются с целью управления технологической операцией валки деревьев при разработке лесосеки посредством планирования объема заготовки древесины и расхода топлива с последующей их корректировкой с учетом проведенного «план-факт» анализа.

Планируемые расходы топлива включаются в разрабатываемые маршрутные карты [1] выполнения технологической операции валки деревьев на лесосеке, содержащие параметры:

- заданную марку бензопилы с указанием ее номинальной мощности N_{en} (кВт), номинального числа оборотов n_{en} (об/мин), номинального удельного расхода топлива g_{en} (г/кВт·ч) и минимального удельного расхода топлива g_{min} при числе оборотов $n_{g_{min}} = 0,8 \cdot n_{en}$);
- заданное число оборотов двигателя бензопилы для валки деревьев $n_e^{3дн}$;
- рассчитанное суммарное время технологических переходов рабочего цикла, использующих бензопилы $t_{тп}$;
- рассчитанный часовой расход топлива внешней скоростной характеристики для заданного числа оборотов двигателя бензопилы $G_T(n_e^{3дн})$ бензопил;
- заданные лесотаксационные параметры лесосеки, включающие средний объем дерева $q_{ср}$, объем ликвидной древесины $Q^{лкв}$;
- рассчитанные удельные $g_{уд}$ и общие расходы g топлива для разработки лесосеки.

Маршрутные карты являются приложением к технологической карте разработки лесосеки [2], которая в соответствии с законодательством отправляется для утверждения в лесничество через личный кабинет лесопользователя ФГИС ЛК [3]. Отметим, что маршрутные карты технологических операций, выполняемых на лесосеке, имеют статус внутреннего документа предприятия и в лесничество для согласования не передаются.

Опишем расчет параметров маршрутных карт: суммарное время технологических переходов $t_{тп}$, часовой расход топлива $G_T(n_e^{3дн})$, удельные и общие расходы топлива $g_{уд}$ и g .

Для расчета параметра $t_{тп}$ рассмотрим время рабочего цикла $T_{ц}^{6п}$ выполнения операции валки деревьев бензопилами как сумму времен выполнения технологических переходов операции валки [4]

$$T_{ц}^{6п} = t_{дв} + t_{ор} + t_{сп} + t_{пд}, \quad (3)$$

где $t_{дв}$ — время движения моториста к дереву, с; $t_{ор}$ — время обустройства рабочего места для валки дерева, с; $t_{сп}$ — время спиливания дерева, с; $t_{пд}$ — время падения спиленного дерева, с.

В соответствии с требованиями техники безопасности [5] при валке деревьев бензопила должна работать только при технологическом переходе подпила и спиливания дерева, поэтому суммарное время технологических переходов с использованием бензопилы $t_{тп} = t_{сп}$, время выполнения которого определяется по следующей формуле [4]:

$$t_{тп} = t_{сп} = \frac{\pi \cdot d_{ср(пн)}^2 \cdot \rho}{4 \cdot П_{чп} \cdot \varphi_{чп}}, \quad (4)$$

где ρ — коэффициент учета площади подпила; $П_{чп}$ — производительность чистого пиления бензопилы, м²/с; $\varphi_{чп}$ — оценка использования чистого пиления бензопилы.

Для расчета часового расхода топлива внешней скоростной характеристики $G_T(n_e^{3дн})$ для заданного числа оборотов двухтактного двигателя бензопил $n_e^{3дн}$ предлагается использовать модифицированную формулу Лейдермана. Поскольку для двухтактных двигателей отсутствует столь же универсальная и широко признанная единая эмпирическая формула Лейдермана, используемая для расчета внешней скоростной характеристики четырехтактных двигателей, что обусловлено более сложными процессами газообмена, наблюдаемыми в двухтактном цикле.

Также следует отметить, что из-за природной неопределенности предмета труда при планировании производства лесосечных работ сложно с высокой точностью оценить удельные и общие затраты топлива при разработке лесосек, поэтому допустимо при использовании бензопил, оснащенных двухтактными двигателями, применить менее точную модифицированную формулу Лейдермана для построения внешних скоростных характеристик, используемых для оценки затрат топлива.

Рассмотрим обоснование выбора для модифицированной формулы Лейдермана значений эмпирических коэффициентов (A_g, B_g, C_g) и (A_N, B_N, C_N) , которые можно применять для расчета соответственно удельного расхода топлива g_e (г/кВт·ч) и мощности N_e (кВт) двухтактного двигателя, на основе которых рассчитывается часовой расход топлива G_T двухтактного двигателя.

При выборе эмпирических коэффициентов (A_g, B_g, C_g) и (A_N, B_N, C_N) считаются заданными технические характеристики двухтактного двигателя: номинальная мощность N_{en} (кВт), номинальное число оборотов коленчатого вала двигателя n_{en} (об/мин.), номинальный удельный расход топлива g_{en} (г/кВт·ч).

Предполагается, что модель изменения параметров внешней скоростной характеристики двухтактного двигателя удовлетворяет следующим условиям:

- во-первых, максимальное число оборотов двигателя на 20% больше номинального значения оборотов двигателя $n_{max} = 1,2 \cdot n_{en}$ и минимальное число оборотов двигателя на 50% меньше его номинального значения $n_{min} = 0,5 \cdot n_{en}$;

- во-вторых, минимальное значение удельного расхода топлива на 10—18 % меньше номинального значения удельного расхода топлива и принимается равным $g_{min} = 0,8608 \cdot g_{en}$;

- в-третьих, минимальное значение удельного расхода топлива g_{min} наблюдаются при оборотах на 20% меньше номинального $n_{g_{min}} = 0,8 \cdot n_{en}$.

Отметим, что расчет внешней скоростной характеристики двигателя производится в численном виде. Поэтому интервал изменения числа оборотов двигателя $[n_{min}; n_{max}]$ разбивается на отсчеты с шагом h . Для i -ого отсчета число оборотов двигателя равно $n_e^i = n_{min} + h \cdot (i - 1)$, где $i = 1, 2, \dots, n$; при $n = \frac{(n_{max} - n_{min})}{h} + 1$. Кроме того, при численных расчетах значений параметров мощности N_e^i и крутящего момента M_e^i бензопилы определяется относительное

число оборотов $n_N^i = \frac{n_e^i}{n_{en}}$, а для параметра удельного расхода топлива $g_{e,i}$ рассчитывается относительное число оборотов $n_g^i = \frac{n_e^i}{n_{gmin}}$.

Выбор значений эмпирических коэффициентов (A_g, B_g, C_g) для расчета зависимости удельного расхода топлива двигателя g_e производится из следующих диапазонов значений:

$$A_g \in [1,0; 2,1]; B_g \in [1,0; 2,1]; C_g = 1,0; \quad (5)$$

при этом для выбираемых значений коэффициентов должно выполняться условие $A_g - B_g + C_g = 1$. Поэтому с учетом указанного условия при значении $C_g = 1,0$ справедливо равенство $B_g = A_g$, то есть искомые значения эмпирических коэффициентов должны удовлетворять соотношению $(A_g, B_g, C_g) = (A_g, -A_g, 1)$.

С учетом указанного соотношения при построении зависимости удельного расхода топлива двигателя g_e используется следующее выражение

$$\begin{aligned} g_e^i &= g_{min} \cdot \left[A_g - A_g \cdot \frac{n_e^i}{n_{gmin}} + \frac{(n_e^i)^2}{(n_{gmin})^2} \right] = \\ &= 0,8608 \cdot g_{en} \cdot \left[A_g - A_g \cdot \frac{n_e^i}{0,8 \cdot n_{en}} + \frac{(n_e^i)^2}{(0,8 \cdot n_{en})^2} \right], \end{aligned} \quad (6)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$.

Для определения значения эмпирического коэффициента A_g запишем необходимое условие существования минимального значения зависимости удельного расхода топлива g_e , предполагающее равенства нулю ее первой производной

$$\frac{d(g_e)}{d(n_e)} = \frac{0,8608 \cdot g_{en}}{0,8 \cdot n_{en}} \cdot \left(\frac{2 \cdot n_e}{0,8 \cdot n_{en}} - A_g \right) = 0. \quad (7)$$

Из соотношения (5) следуют следующие равенства

$$\frac{2 \cdot n_e}{0,8 \cdot n_{en}} - A_g = 0, \quad (8)$$

$$A_g = \frac{2 \cdot n_e}{0,8 \cdot n_{en}}. \quad (9)$$

Далее для определения значения эмпирического коэффициента A_g используем вышеуказанное третье допущение описания параметров внешней скоростной характеристики, что минимальное значение удельного расхода топлива $g_{min} = 0,8608 \cdot g_{en}$ достигается при оборотах двигателя $n_{gmin} = 0,8 \cdot n_{en}$.

Подставим указанное значение оборотов в формулу (9) и определим искомое значение эмпирического коэффициента

$$A_g = \frac{2 \cdot n_e}{0,8 \cdot n_{en}} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot n_{en}}{0,8 \cdot n_{en}} = 2. \quad (10)$$

Таким образом, предлагается рассчитывать зависимость удельного расхода топлива для двухтактных двигателей по модифицированной формуле Лейдермана

$$g_e^{M,i} = 0,8608 \cdot g_{en} \cdot \left[2 - 2 \cdot \frac{n_e^i}{0,8 \cdot n_{en}} + \left(\frac{n_e^i}{0,8 \cdot n_{en}} \right)^2 \right], \quad (11)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$.

Далее рассчитаем по формуле (11) удельный расход топлива при номинальном числе оборотов двигателя n_{en} ,

$$g_{en}^M = 0,8608 \cdot g_{en} \cdot \left[2 - 2 \cdot \frac{n_{en}}{0,8 \cdot n_{en}} + \left(\frac{n_{en}}{0,8 \cdot n_{en}} \right)^2 \right] = 0,9146 \cdot g_{en}. \quad (12)$$

С учетом (12) справедливо условие $g_{en}^M < g_{en}$. Однако следует учитывать, что номинальный удельный расхода топлива g_{en} указывается производителем, поэтому при номинальном числе оборотов n_{en} рассчитываемый по модифицированной формуле Лейдермана номинальный удельный расход топлива g_{en}^M должен быть равен заданному производителем номинальному значению g_{en} , то есть при номинальном числе оборотов двигателя n_{en} должно выполняться равенство $g_{en}^M = g_{en}$. Для выполнения этого требования определим значение переменной x , при котором для числа оборотов двигателя n_{en} выполняется равенство

$$g_{en}^M = 0,8608 \cdot g_{en} \cdot \left[2 - 2 \cdot \frac{n_{en}}{0,8 \cdot n_{en}} + \left(\frac{n_{en}}{0,8 \cdot n_{en}} \right)^x \right] = g_{en}. \quad (13)$$

После упрощения выражения (13) получаем следующее уравнение

$$1,25^x = 1,66176. \quad (14)$$

Тогда искомое значение переменной x определяется как результат решения уравнения (14) и может быть представлено в следующем виде

$$x = \frac{\log 1,66176}{\log 1,25} = 2,27602. \quad (15)$$

Далее для выполнения условия равенства расчетного и заданного номинальных значений удельного расхода топлива $g_{en}^M = g_{en}$ предлагается использовать при расчете удельного расхода топлива для оборотов двигателя в интервале значений $n_e^i \in [0,8 \cdot n_{en}; n_{en}]$ поправленную модифицированную формулу Лейдермана

$$g_e^{пм,i} = 0,8608 \cdot g_{en} \cdot \left[2 - 2 \cdot \frac{n_e^i}{0,8 \cdot n_{en}} + \left(\frac{n_e^i}{0,8 \cdot n_{en}} \right)^{2,27602} \right]. \quad (16)$$

Для числа оборотов двигателя из интервала $n_e \in [n_{en}; n_{max}]$ при расчете зависимости удельного расхода топлива предлагается использовать классическую формулу Лейдермана со значениями эмпирических коэффициентов, применяемых для четырехтактных двигателей $(A_g; B_g; C_g) = (1,2; 1; 0,8)$

$$g_e^{кл,i} = g_{en} \cdot \left(1,2 - n_g^{кл,i} + 0,8 \cdot (n_g^{кл,i})^2 \right), \quad (17)$$

где $n_g^{кл,i} = \frac{n_e^i}{n_{en}}$ — относительное значение числа оборотов двигателя в i -ой точке отсчета.

С учетом выполнения заданных допущений, накладываемых на зависимость удельного расхода топлива, предлагается при расчете зависимости удельного расхода топлива внешней скоростной характеристики двухтактного двигателя использовать формулу Лейдермана в виде кусочно-составной формулы $g_e^{ксф}$:

$$g_e^{ксф} = \begin{cases} g_e^м, & \text{при } n_e \in [n_{min}; n_{g_{min}}]; \\ g_e^{пм}, & \text{при } n_e \in [n_{en}; n_{max}]; \\ g_e^{кл}, & \text{при } n_e \in [n_{en}; n_{max}]. \end{cases} \quad (18)$$

Очевидно, что кусочно-составная формула Лейдермана может быть описана следующим образом:

- для оборотов двигателя $n_e \in [n_{min}; n_{g_{min}}]$ используется модифицированная формула Лейдермана (13) с коэффициентами $(A_g; B_g; C_g) = (2; -2; 1)$ с расчетом значений удельного расхода топлива $g_e^{ксф} = g_e^м$;

- для оборотов двигателя $n_e \in (n_{g_{min}}; n_{en})$ применяется поправленная модифицированная формула Лейдермана (16) с расчетом значений удельного расхода топлива $g_e^{ксф} = g_e^{пм}$;

- для оборотов двигателя $n_e \in [n_{en}; n_{max}]$ используется классическая формула Лейдермана (17) с коэффициентами $(A_g; B_g; C_g) = (1,2; 1; 0,8)$ с расчетом значений удельного расхода топлива $g_e^{ксф} = g_e^{кл}$.

Выбор значений эмпирических коэффициентов (A_N, B_N, C_N) , используемых для расчета зависимости мощности двигателя N_e от числа оборотов коленчатого вала n_e , производится в следующих диапазонах значений:

$$A_N \in [0,6; 0,7]; B_N \in [1,6; 1,8]; C_N \in [1,1; 1,3]; \quad (19)$$

с учетом условия $A_N + B_N - C_N = 1$, накладываемого на выбираемые значения коэффициентов.

Для расчета параметра мощности внешней скоростной характеристики двухтактного двигателя выбираются следующие значения эмпирических коэффициентов Лейдермана $(A_N, B_N, C_N) = (0,6; 1,7; 1,3)$.

С учетом выбранных значений эмпирических коэффициентов Лейдермана рассчитываются значения параметра мощности N_e^i по формуле:

$$N_e^i = N_{en} \cdot (0,6 \cdot n_N^i + 1,7 \cdot (n_N^i)^2 - 1,3 \cdot (n_N^i)^3), \quad (20)$$

где сумма коэффициентов $A_N + B_N - C_N = 1$; $i = 1, 2, \dots, n$; $n_N^i = \frac{n_e^i}{n_{en}}$ — относительное значение числа оборотов двигателя в i -ой точке отсчета.

Далее с учетом построенной зависимости мощности двигателя N_e (20) и зависимости удельного расхода топлива $g_e^{\text{кф}}$ (18) рассчитаем параметры:

— крутящего момента

$$M_e^i = 9549 \cdot \frac{N_e^i}{n_N^i}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (21)$$

— часового расхода топлива

$$G_{T,e}^i = g_e^{\text{кф},i} \cdot N_e^i, \text{ г/ч;} \quad (22)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$.

Затем для маршрутной карты технологических операций разработки лесосек с использованием бензопил по формуле (22) рассчитаем часовой расход топлива внешней скоростной характеристики $G_T(n_e^{\text{здн}})$ при выбранном числе оборотов двухтактного двигателя бензопил $n_e^{\text{здн}}$ для валки деревьев на заданной лесосеке:

— удельный расход топлива по формуле (18)

$$g_e^{\text{кф}}(n_e^{\text{здн}}) = \begin{cases} g_e^{\text{м}}(n_e^{\text{здн}}), & \text{при } n_e^{\text{вбр}} \in [n_{\min}; n_{g_{\min}}]; \\ g_e^{\text{пм}}(n_e^{\text{здн}}), & \text{при } n_e^{\text{вбр}} \in [n_{en}; n_{\max}]; \\ g_e^{\text{кл}}(n_e^{\text{здн}}), & \text{при } n_e^{\text{вбр}} \in [n_{en}; n_{\max}]. \end{cases} \quad (23)$$

— мощность по формуле (20)

$$N_e^i(n_e^{\text{здн}}) = N_{en} \cdot (0,6 \cdot n_e^{\text{здн}} + 1,7 \cdot (n_e^{\text{здн}})^2 - 1,3 \cdot (n_e^{\text{здн}})^3), \quad (24)$$

— часовой расход топлива по формуле (22)

$$G_T(n_e^{\text{здн}}) = \frac{g_e^{\text{кф}}(n_e^{\text{здн}}) \cdot N_e^i(n_e^{\text{здн}})}{1000} \text{ кг/ч.} \quad (25)$$

Рассчитаем по формуле (1) удельные расходы топлива $g_{\text{уд}}$, используя суммарное время технологических переходов с использованием бензопилы $t_{\text{тп}}$,

рассчитанное по формуле (4), и заданный в маршрутной карте операции валки деревьев средний объем дерева $q_{\text{ср}}$ на лесосеке

$$g_{\text{уд}} = \frac{t_{\text{ТП}} \cdot G_{\text{T}}(n_e^{\text{ЗДН}})}{3600 \cdot q_{\text{ср}}}, \text{ кг/м}^3. \quad (26)$$

Далее рассчитаем по формуле (2) общие расходы топлива g , используя удельные расходы топлива $g_{\text{уд}}$, рассчитанные по формуле (26) и заданные в маршрутной карте операции валки деревьев объем ликвидной древесины на лесосеке $Q^{\text{ЛКВ}}$

$$g = g_{\text{уд}} \cdot Q^{\text{ЛКВ}}, \text{ кг}. \quad (27)$$

Рассчитанные значения параметров часового расхода топлива $G_{\text{T}}(n_e^{\text{ЗДН}})$ для заданного числа оборотов двигателя $n_e^{\text{ЗДН}}$, удельного расхода топлива $g_{\text{уд}}$ и общего расхода топлива g при разработке лесосеки включим в состав параметров маршрутной карты операции валки деревьев на рассматриваемой лесосеке.

Рассмотрим пример расчета удельного и общего расхода топлива бензопилы МП «Урал-4» при валке деревьев на лесосеке Делянке 1 Пожегодского участковое лесничество, ГУ «Помоздинское лесничество», Республика Коми.

Как указывалось выше, маршрутная карта технологической операции валки деревьев на указанной лесосеке содержит следующие заданные параметры:

- валка деревьев производится бензопилой МП «Урал-4» с номинальной мощностью $N_{\text{ен}} = 2,94$ кВт, с номинальным числом оборотов $n_{\text{ен}} = 5000$ об/мин., с номинальным удельным расходом топлива 790 г/кВт·ч, с минимальным расходом топлива 680 г/кВт·ч для оборотов $n_{g_{\text{мин}}} = 4000$ об/мин.;
- выбранное число оборотов для валки деревьев $n_e^{\text{ЗДН}} = 5000$ об/мин.;
- лесотаксационные параметры лесосеки (объем вырубаемой ликвидной древесины $Q^{\text{ЛКВ}} = 1396,3$ м³; средний объем хлыста $q_{\text{ср}} = 0,299$ м³; средний диаметр дерева на высоте пня $d_{\text{ср}} = 27$ см).

Определим значения расчетных параметров маршрутной карты: $t_{\text{ТП}}$ — суммарное время технологических переходов рабочего цикла выполнения операции валки деревьев с использованием бензопилы МП «Урал-4», $G_{\text{T}}(n_e^{\text{ЗДН}})$ — часовой расход топлива внешней скоростной характеристики для заданного числа оборотов двигателя бензопилы $n_e^{\text{ЗДН}}$, $g_{\text{уд}}$ — удельный расход топлива и общий расход топлива g при валке деревьев на лесосеке.

Как указывалось выше, суммарное время технологических переходов рабочего цикла выполнения операции валки деревьев с использованием бензопилы $t_{\text{ТП}}$ совпадает с временем технологического перехода спиливания дерева $t_{\text{СП}}$, которое рассчитывается по формуле (4):

$$t_{\text{ТП}} = t_{\text{СП}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ср(ПН)}}^2 \cdot \rho}{4 \cdot \Pi_{\text{ЧП}} \cdot \varphi_{\text{ЧП}}} = \frac{3,14 \cdot 27^2 \cdot 1,2}{4 \cdot 100 \cdot 0,55} = \frac{2748}{220} = 12 \text{ с}, \quad (28)$$

где коэффициент учета площади подпила $\rho = 1,2$; производительность чистого пиления бензопилы «Урал-4» $P_{\text{чп}} = 100 \text{ см}^2/\text{с}$; $\varphi_{\text{чп}}$ — оценка использования чистого пиления бензопилы «Урал-4» $\varphi_{\text{чп}} = 0,55$ [4].

Для расчета $G_T(n_e^{3\text{дн}})$ значения часовой расход топлива внешней скоростной характеристики для заданного числа оборотов двигателя $n_e^{3\text{дн}} = 5000$ бензопилы МП «Урал-4» построим его внешнюю скоростную характеристику, используя кусочно-составную формулу Лейдермана (18) для расчета удельного расхода топлива $g_e^{\text{кcf}}$, формулу (20) для мощности N_e^i , формулу (21) для крутящего момента M_e^i и формулу (22) для часового расхода $G_{T,e}^i$.

При этом для графического отображения результатов построения внешней скоростной характеристики определим количество отсчетов разбиения интервала изменения числа оборотов двигателя $n = \frac{(n_{\text{max}} - n_{\text{min}})}{h} + 1 = \frac{0,7}{0,05} + 1 = 15$, где $h = 0,05 \cdot n_{\text{en}} = 0,05 \cdot 5000 = 250 \text{ об/мин}$ — шаг разбиения интервала значений оборота двигателя $n_e \in [n_{\text{min}}; n_{\text{max}}] = [2500; 6000]$.

Вначале рассчитаем параметр удельного расхода топлива $g_e^{\text{кcf}}$, используя кусочно-составную формулу Лейдермана. Для расчета значений $g_e^{\text{кcf},i}$ определим значения числа оборотов двигателя:

– абсолютные

$$n_e^i = n_{\text{min}} + h \cdot (i - 1) = 2500 + 250 \cdot (i - 1), \quad (29)$$

– относительные

$$n_G^i = \frac{n_e^i}{n_{g_{\text{min}}}} = \frac{n_e^i}{0,8 \cdot n_{\text{en}}} = \frac{2500 + 500 \cdot (i - 1)}{4000}, \quad (30)$$

где $i = 1, 2, \dots, 15$. С учетом относительных значений числа оборотов двигателя:

$$n_G^i \in [0,625; 0,6875; 0,75; 0,8125; 0,875; 0,9375; 1; 1,0625; 1,125; 1,1875; 1,25; 1,3125; 1,375; 1,4375; 1,5], \quad (31)$$

по формуле (11) рассчитаем значения удельного расхода топлива по модифицированной формуле Лейдермана

$$g_e^{M,i} = 0,8608 \cdot g_{\text{en}} \cdot [2 - 2 \cdot n_G^i + (n_G^i)^2], \quad (32)$$

где $i = 1, 2, \dots, 15$. В результате получаем набор значений удельного расхода топлива модифицированной формулы Лейдермана:

$$g_e^{M,i} \in [776; 746; 723; 704; 691; 683; 680; 683; 691; 704; 723; 746; 779; 810; 850]. \quad (33)$$

Далее по формуле (16) рассчитаем значения удельного расхода топлива с учетом поправленной модифицированной формулы Лейдермана

$$g_e^{пм,i} = 0,8608 \cdot g_{en} \cdot [2 - 2 \cdot n_G^i + (n_G^i)^{2,27602}]. \quad (34)$$

где $i = 1, 2, \dots, 15$; значения n_G^i принадлежат вышеуказанному интервалу (18).

В результате расчета получаем набор значений удельного расхода топлива с поправленной модифицированной формулой Лейдермана

$$g_e^{пм,i} \in [743; 715; 693; 679; 672; 672; 680; 696; 719; 750; 790; 838; 894; 958; 1031]. \quad (35)$$

Затем по формуле (17) рассчитаем значения удельного расхода топлива по классической формуле Лейдермана

$$g_e^{кл,i} = g_{en} \cdot (1,2 - n_g^{кл,i} + 0,8 \cdot (n_g^i)^2); \quad (36)$$

$$n_g^{кл,i} \in [0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1; 0,5; 1,1; 1,15; 1,2]; \quad (37)$$

где $n_g^{кл,i} = \frac{n_e^i}{n_{en}}$ — относительное значение оборотов в i -ой точке, $i = 1, 2, \dots, 15$.

В результате расчета получаем набор значений удельного расхода топлива по классической формуле Лейдермана

$$g_e^{кл,i} \in [711; 705; 702; 702; 705; 711; 720; 733; 749; 768; 790; 815; 844; 875; 910]. \quad (38)$$

На рисунке 1 приведены результаты расчета удельного расхода топлива двухтактного двигателя бензопилы «Урал-4» по модифицированной формуле (34), поправленной модифицированной формуле (36) и по классической формуле (39).

Затем в соответствие с формулой (18) сформируем значения удельного расхода топлива для кусочно-составной формулы Лейдермана

$$g_e^{кф,i} \in [776; 746; 723; 704; 691; 683; 680; 696; 719; 750; 790; 815; 844; 875; 910]. \quad (39)$$

На рисунке 2 приведен удельный расход топлива двухтактного двигателя бензопилы «Урал-4», рассчитанный на основе кусочно-составной формулы Лейдермана.

Далее для расчета значений мощности N_e^i определим
— абсолютные значения числа оборотов двигателя

$$n_e^i = n_{min} + h \cdot (i - 1) = 2500 + 500 \cdot (i - 1), \quad (40)$$

— относительные значения числа оборотов двигателя

$$n_N^i = \frac{n_e^i}{n_{en}} = \frac{2500 + 500 \cdot (i - 1)}{5000}, \quad (41)$$

где $i = 1, 2, \dots, 15$.

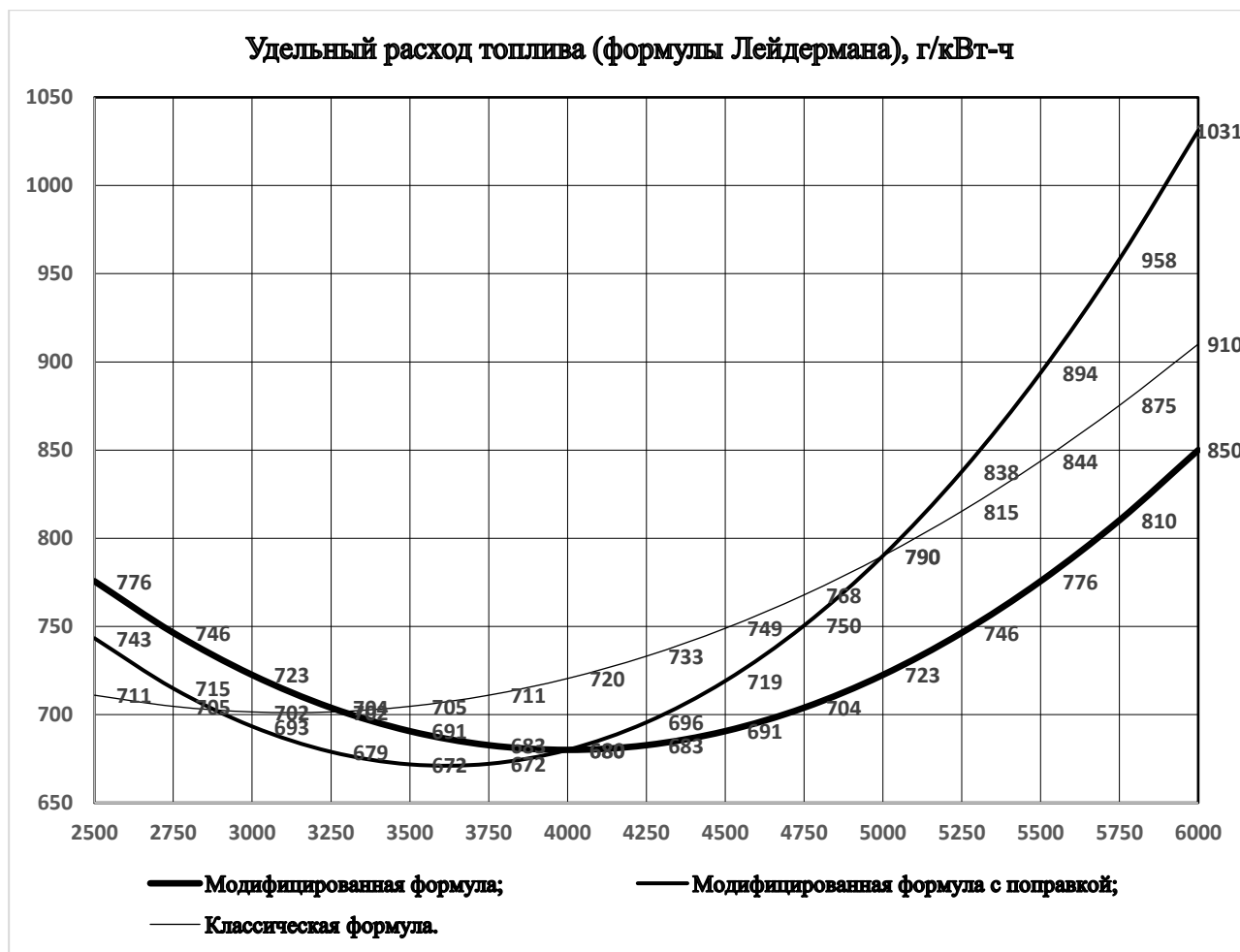


Рис. 1. Результаты расчета удельного расхода топлива внешней скоростной характеристики g_e двухтактных двигателей с использованием различных формул Лейдермана

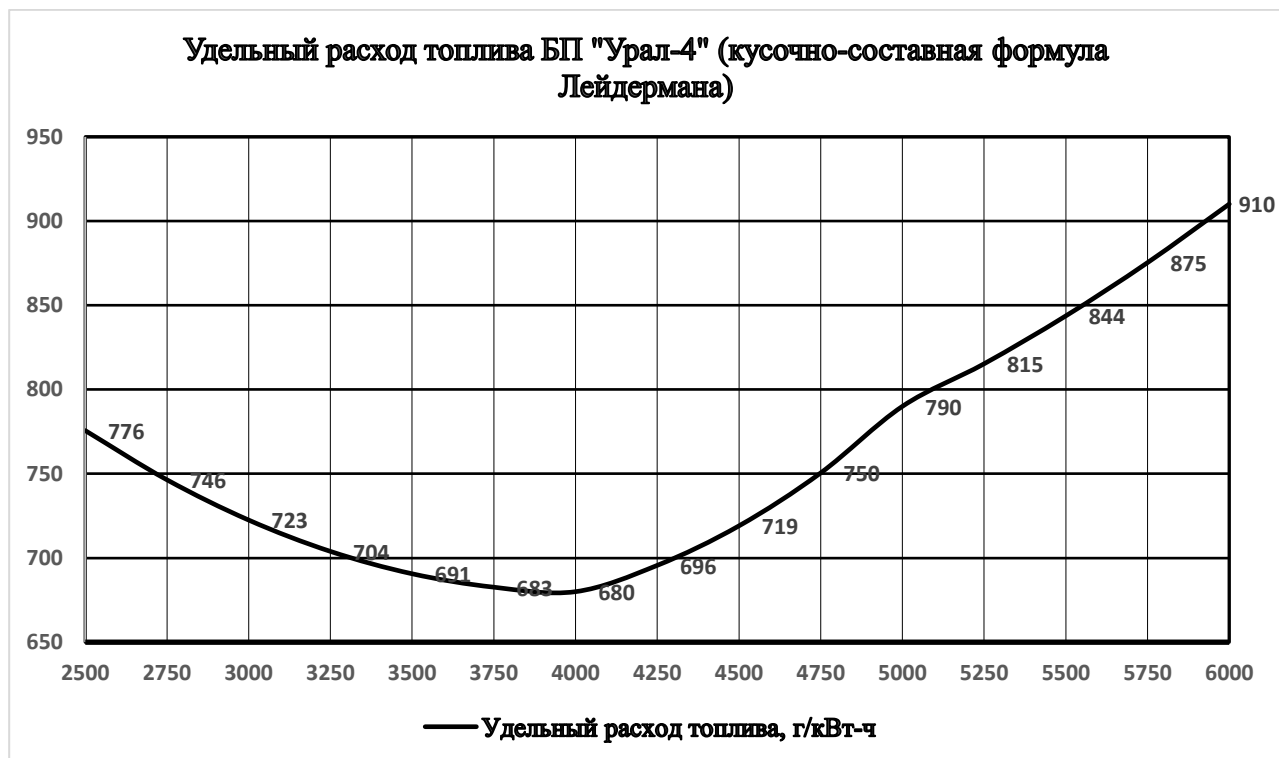


Рис. 2. Расчет удельного расхода топлива внешней скоростной характеристики g_e двухтактных двигателей с использованием различных кусочно-составной формулы Лейдермана

С учетом относительных значений числа оборотов двигателя

$$n_N^i \in [0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1; 0,5; 1,1; 1,15; 1,2] \quad (42)$$

рассчитаем значения мощности

$$N_e^i = 2,94 \cdot (0,6 \cdot n_N^i + 1,7 \cdot (n_N^i)^2 - 1,3 \cdot (n_N^i)^3) \text{ кВт}, \quad (43)$$

где $i = 1, 2, \dots, 15$. В результате получаем набор значений параметра мощности

$$N_e^i \in [1,65; 1,85; 2,03; 2,21; 2,37; 2,52; 2,65; 2,76; 2,85; 2,91; 2,94; 2,94; 2,9; 2,83; 2,71], \quad (44)$$

Затем с учетом зависимости мощности двигателя N_e^i (44) рассчитаем параметр крутящего момента

$$M_e^i = 9549 \cdot \frac{N_e^i}{n_N^i}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (45)$$

где $i = 1, 2, \dots, 15$. В результате получаем набор значений крутящего момента

$$M_e^i \in [6,32; 6,41; 6,47; 6,49; 6,47; 6,42; 6,33; 6,21; 6,05; 5,85; 5,61; 5,34; 5,04; 4,69; 4,31]. \quad (46)$$

Далее на основе построенной зависимости мощности двигателя N_e^i (45) и зависимости удельного расхода топлива $g_e^{\text{кcf},i}$ (40) рассчитаем параметр часового расхода топлива

$$G_{T,e}^i = g_e^{\text{кcf},i} \cdot N_e^i, \frac{\text{кг}}{\text{ч}}; \quad (47)$$

где $i = 1, 2, \dots, 15$. В результате получаем набор значений параметра часового расхода топлива

$$G_{T,e}^i \in [1,28; 1,38; 1,47; 1,55; 1,64; 1,72; 1,8; 1,92; 2,05; 2,18; 2,32; 2,38; 2,43; 2,45; 2,44], \quad (48)$$

На рисунке 3 приведена рассчитанная внешняя скоростная характеристика двухтактного двигателя бензопилы «Урал-4».

Рассчитаем удельный и общий расход топлива бензопилы МП «Урал-4» при валке деревьев механизированным способом на лесосеке Делянка 1 Пожеегодского участкового лесничества, ГУ «Помоздинское лесничество», Республика Коми. Для расчета удельного расхода топлива из маршрутной карты операции валки деревьев выбирается заданное число оборотов двигателя $n_e^{\text{здн}} = 5000$ об/мин и определяется:

– относительное число оборотов двигателя для расчета мощности

$$n_N^{\text{здн}} = \frac{n_e^{\text{здн}}}{n_{en}} = \frac{5000}{5000} = 1, \quad (49)$$

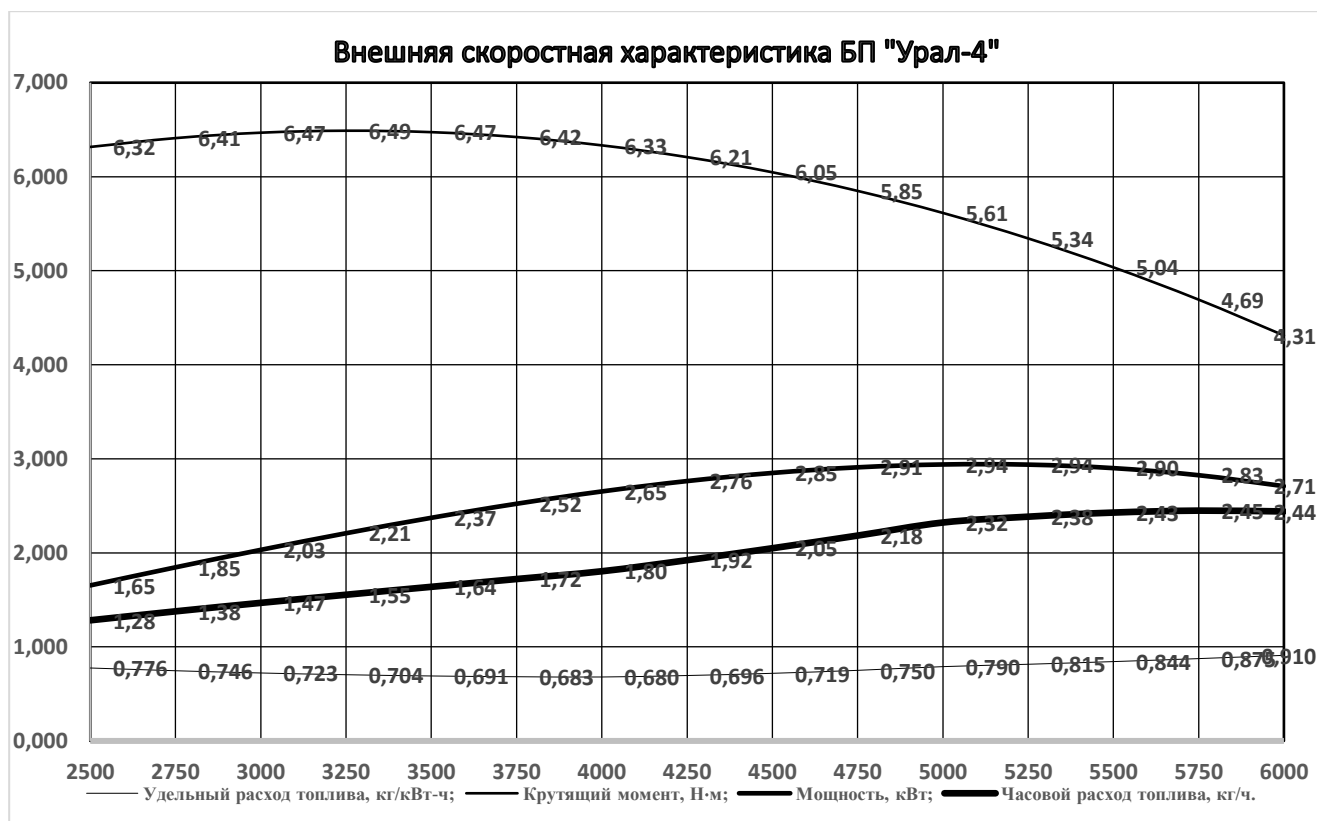


Рис. 3. Внешняя скоростная характеристика двухтактного двигателя бензопилы «Урал-4», рассчитанная с использованием кусочно-составной формулы Лейдермана

– мощность двигателя по формуле (44)

$$N_e^{\text{здн}} = 2,94 \cdot (0,6 \cdot 1 + 1,7 \cdot 1^2 - 1,3 \cdot 1^3) = 2,94 \cdot 1 = 2,94 \text{ кВт.} \quad (50)$$

– относительное число оборотов двигателя для удельного расхода топлива

$$n_g^{\text{здн}} = \frac{n_e^{\text{здн}}}{n_{g\min}} = \frac{5000}{4000} = 1,25 \quad (51)$$

– удельный расход топлива по формуле (18)

$$g_e^{\text{ксф,здн}} = 680 \cdot (2 - 2 \cdot 1,25 + (1,25)^2) = 680 \cdot 1,0625 = 722,5 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч.} \quad (52)$$

Далее рассчитывается часовой удельный расход топлива для заданного числа оборотов двигателя $n_e^{\text{здн}}$

$$G_T(n_e^{\text{здн}}) = \frac{g_e^{\text{здн}} \cdot N_e^{\text{здн}}}{1000} = \frac{722,5 \cdot 2,94}{1000} = 2,124 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}. \quad (53)$$

Для рассматриваемой лесосеки суммарное время технологических переходов, использующих бензопилу, $t_{\text{тп}} = t_{\text{пс}} = 12 \text{ с}$, и с учетом этого определим:

– удельные затраты топлива при валке деревьев по формуле (1)

$$g_{\text{уд}} = \frac{t_{\text{тп}} \cdot G_{\text{т}}(n_e^{\text{вбп}})}{3600 \cdot q_{\text{ср}}} = \frac{12 \cdot 2,124}{3600 \cdot 0,299} = \frac{25,49}{1076,4} = 0,0237 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad (54)$$

– и общие затраты топлива при валке деревьев по формуле (2)

$$g = g_{\text{уд}} \cdot Q^{\text{лкв}} = 0,0237 \cdot 1396,3 = 33,07 \text{ кг}. \quad (55)$$

Таким образом, для оценки удельного и общего расхода топлива при выполнении технологических операций разработки лесосек с использованием бензопил предложена методика, в соответствии с которой для оценки общего расхода топлива g при разработке лесосеки бензопилами на разрабатываемой лесосеке определяется удельный расход топлива $g_{\text{уд}}$ на лесосеке. Для расчета удельного расхода топлива $g_{\text{уд}}$ используются параметры маршрутной карты операции валки деревьев на лесосеке: средний объем дерева (хлыста) на лесосеке $q_{\text{ср}}$, суммарное время технологических переходов рабочего цикла выполнения операций лесозаготовки с применением бензопил $t_{\text{тп}}$, часовой расход топлива внешней скоростной характеристики бензопил $G_{\text{т}}(n_e^{\text{зДН}})$ для заданного числа оборотов двигателя бензопилы $n_e^{\text{зДН}}$, рассчитываемый с использованием предложенной в данной работе кусочно-составной формулой Лейдермана.

Библиографический список

1. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД Формы и правила оформления маршрутных карт (введён 01.01.1984). — Москва : Издательство стандартов, 1982. — 22 с.
2. Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их выполнения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта заключительного осмотра лесосеки и порядка заключительного осмотра лесосеки : приказ Минприроды РФ от 17.01.2022 № 23 // СПС «КонсультантПлюс».
3. ФГИС ЛК. Информационные материалы. — URL: <https://rosleshoz.gov.ru/information-systems/fgis-lk-information/>
4. Ширнин, Ю.А. Технология и машины лесосечных работ : курс лекций / Ю.А. Ширнин. — Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. — 304 с.
5. Об утверждении правил по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при выполнении лесохозяйственных работ : приказ Минтруда и соцзащиты РФ от 23.09.2020 № 664н // СПС «КонсультантПлюс».

В данной статье проанализированы некоторые вопросы проектирования элементов мебели, представлен широкий обзор на подъемные механизмы для мебели, описаны их характеристика и применение. Затронуты вопросы снижения себестоимости, повышения технологичности и других характеристик. Описаны возможные проблемы, возникающие при неграмотно подобранном виде подъемного механизма.

Ключевые слова: проектирование элементов мебели, мебельная фурнитура, виды подъемных механизмов, газлифты.

А. М. Иванов,
кандидат технических наук, кафедра ЛХиЛПТ
(Сыктывкарский лесной институт)

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

На сегодняшний день существует несколько видов подъемных механизмов, отличающихся между собой траекторией движения при открытии фасадов, типу силовых механизмов, способу открытия, конструкцией [1].

Установка подъемных механизмов целесообразна не во всех случаях, поскольку даже самая дешевая фурнитура стоит значительно дороже стоимости четырехшарнирных петель, устанавливаемых в распашные двери. Кроме увеличения стоимости усложняется монтаж, уменьшается срок эксплуатации готового изделия, уменьшается полезный объем корпуса. Установка подъемных механизмов оправдана в модулях, у которых ширина фасада превышает высоту (устанавливать петли на распашные двери возможно при соблюдении двух условий: ширина двери не превышает 600 мм и соотношение высоты и ширины двери больше чем 1:1, в противном случае со временем произойдет провисание дверей). Также подъёмные механизмы позволяют «разрядить» однородность распашных фасадов. При выборе силового механизма необходимо учитывать размер и массу фасада, высоту над уровнем пола, место установки подъемного механизма в изделии [2].

1. Складные подъемные механизмы (рисунок 1) используются при установке двойных фасадов. При этом необходимо соблюдать их равенство по размерам и по массе. С эстетической и практической точки зрения устанавливать такую фурнитуру следует в широкие корпуса (от 1200 мм), поскольку при большей ширине корпуса установка двойных распашных дверей не представляется возможной. Из-за наличия рычагов необходимо уменьшать по глубине полки. Установка и настройка такого механизма трудозатратна. В некоторых случаях при установке ограничителя угла открывания доступ к верхней полке и ее содержимому может быть затруднен. Установка ограничителя угла открывания необходима в случае, если открытие фасада выше верхней точки корпуса не представляется возможным из-за выступающих антресолей или потолка помещения.



Рис. 1. Складные подъемные механизмы

2. Откидной подъемный механизм (рисунок 2) устанавливается на одиночный фасад, установка петель в этом случае не требуется. Поскольку в открытом положении фасад заходит над корпус, то установка карниза или другого модуля выше невозможна, следовательно, и установка модуля с таким подъемным механизмом под самый потолок помещения не представляется возможной. Если изделие будет располагаться высоко, то при закрытии возможны трудности, поскольку ручка в открытом состоянии будет находиться на большой высоте. Учитывать надо и то, что зона крепления рычагов фурнитуры многократно меньше высоты фасада, что негативно скажется как на прочности крепления, так и на возможных деформациях фасада при его эксплуатации.



Рис. 2. Откидной подъемный механизм

3. Вертикальный подъемный механизм (рисунок 3). Открытие происходит параллельно проему корпусу, на который устанавливается механизм. Недостатки такого механизма аналогичны недостаткам откидного, однако появляется возможность установки карниза на модуль или установка модуля над модулем, в который устанавливается данный подъемный механизм. К дополнительным недостаткам можно отнести необходимость уменьшения полок по глубине внутри корпуса из-за использования массивных рычагов. Такой подъемник возможно устанавливать не только в верхних кухонных модулях, но и в рабочей зоне (900—1500 мм над уровнем пола).



Рис. 3. Вертикальный подъемный механизм

4. Поворотные механизмы — наиболее распространенный и более доступный вид подъемных механизмов. Техническое исполнение возможно в нескольких вариантах:

- использование силового механизма без петель (рисунок 4а), в этом случае фасады крепятся непосредственно к комплекту подъемных механизмов;
- использование газлифтов с петлями (рисунок 4б);
- использование складного механизма (рисунок 4в). Благодаря встроенному в механизм винту возможно без предварительного расчета настроить мощность открытия/закрытия фасада.

При установке подъемных механизмов петли необходимо устанавливать без доводчика, поскольку установка петель с доводчиком отразится на расчетной мощности подъемных механизмов, в результате чего они будут работать некорректно [3]. На каждые 400 мм ширины фасада следует устанавливать минимум 1 четырехшарнирную петлю. Устанавливать подъемные механизмы следует комплектами, поскольку установка одного подъемного механизма скажется на жесткости; петли будут испытывать различные нагрузки. Также при использовании газлифтов и складных механизмов за счет изменения расположения крепления фурнитуры к корпусу и фасаду возможно менять угол открытия фасада за счет изменения расположения крепления подъемного механизма (рисунок 5).

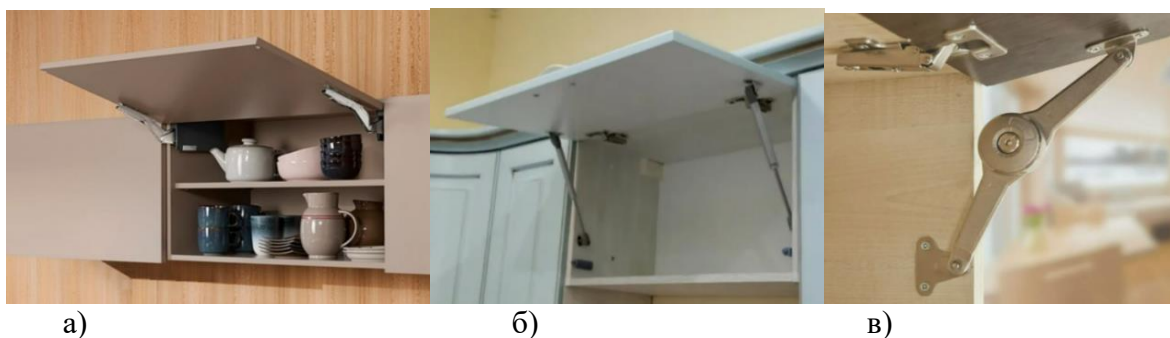


Рис. 4. Поворотные механизмы

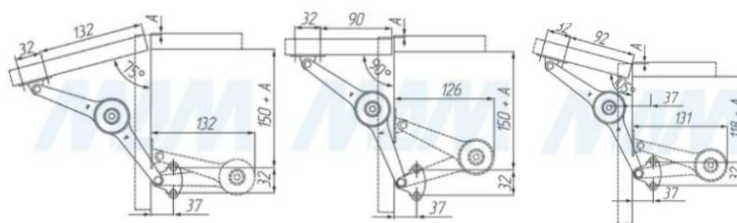


Рис. 5. Изменение угла открывания фасада

5. Антресольные петли ставятся в наиболее бюджетные варианты мебели (рисунок 6).



Рис. 6. Антресольные петли

Библиографический список

1. Ветошкин, Ю. И. Основы конструирования мебели : учебное пособие / Ю. И. Ветошкин, М. В. Газеев, О. А. Удачина; Министерство науки и высшего образования РФ, Уральский государственный лесотехнический университет. — 3-е изд. — Екатеринбург, 2019. — 178 с.
2. Лукаш, А. А. Методологические основы дизайна и конструирования мебели / А. А. Лукаш, Т. И. Глотова, В. А. Романов, О. Н. Чернышев; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Брянский государственный инженерно-технологический университет, Уральский государственный лесотехнический университет. — Курск : Университетская книга, 2023. — 148 с.
3. Иванов, А. М. Предварительный расчет стоимости корпусной мебели / А.М. Иванов, Д.С. Русаков // Инновационное развитие современной науки: новые подходы и актуальные исследования : сборник материалов Международной научно-практической конференции. — Москва, 2023. — С. 234—238.

В работе исследован эпифитный бриокомпонент *Carpinus betulus* L. в северо-восточной части лесопарка «Румлёво» (г. Гродно, Беларусь). Выявлен 21 вид мохообразных из 17 родов, 13 семейств и 2 классов. Проведен эколого-ценотический анализ. Полученные данные подчёркивают важную роль коры граба как субстрата для развития разнообразного эпифитного мохового покрова в условиях урбанизированной территории.

Ключевые слова: эпифитные мохообразные, *Carpinus betulus*, бриофлора, лесопарк «Румлёво», экологический анализ.

А. С. Кельник,
факультет биологии и экологии, курс 4, специальность «Биология»
(научно-педагогическая деятельность);
научный руководитель — **А. А. Сакович,**
кандидат биологических наук, доцент
(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)

ЭПИФИТНЫЙ БРИОКОМПОНЕНТ *CARPINUS BETULUS* L. СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОПАРКА РУМЛЕВО

Леса представляют собой наиболее распространённые наземные экосистемы на планете и играют ключевую роль в поддержании биоразнообразия. Согласно экологической бюллетени о состоянии природной среды Беларуси [1] общая лесопокрытая площадь всех лесов в стране составляет 8188,26 тыс. га, среди которой большую часть занимают хвойные леса — 4906,8 тыс. га (59,94 %). Общая лесопокрытая площадь лиственных лесов составляет 3281,46 тыс. га, где мелколиственные занимают 2945,36 га (35,95 %) и широколиственные 336,1 тыс. га (4,11%). Лесопарки — обширные естественные леса, находящиеся в черте города и играющие большую роль в охране и поддержании биоразнообразия. Особый интерес представляют мохообразные, которые являются неотъемлемой частью и значимым компонентом лесопарковых зон городов. В результате урбанизации они заселяют новые экологические ниши, образуя специфические сообщества. Вместе с этим мохообразные эпифиты, будучи очень чувствительным компонентом, являются важными биоиндикаторами состояния окружающей среды. Деревья служат для мохообразных субстратом для прикрепления, позволяя им уклониться от конкурентного давления со стороны трахеофитов [2].

Важная роль в любых лесах отводится внеярусной растительности, в том числе и эпифитным мохообразным. Бриоэпифиты выполняют важные функции в составе микросообществ на дереве-хозяине — форофите, обладая высокой гигроскопичностью, удерживают влагу, участвуют в круговороте веществ, играют биоценотическую и индикационную роль, что делает их значимой группой для изучения видового состава и пространственной структуры эпифитного мохового покрова. Отличительные черты форофита (вид, pH коры, фактура

коры, возраст и т.д.) являются определяющими при формировании моховых сообществ. Широколиственные породы деревьев характеризуются более плотной кроной, более грубой корой и преимущественно твёрдой древесиной, в то время как мелколиственные имеют неплотную и ажурную крону с мягкой древесиной. В Беларуси широколиственные леса занимают незначительную долю лесного фонда, уступая хвойным и мелколиственным. Особенно редки грабовые леса: их площадь составляет всего 15,3 тыс. га (0,19%), при этом они отличаются высоким биоразнообразием редких мхов и крайне фрагментарным распространением [1, 3].

Лесопарк «Румлёво» имеет естественное происхождение и является ботаническим памятником природы местного значения. Расположен в Октябрьском районе г. Гродно на левом берегу р. Неман, а его площадь составляет 92,69 га. Из древесных пород здесь произрастают граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.), клён остролистный (*Acer platanoides* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и другие породы деревьев.

Цель работы — выявление эколого-ценотических особенностей мохообразных в условиях северо-восточной части лесопарка «Румлёво». Задачами данного исследования являются: 1) изучить видовой состав мохообразных северо-восточной части лесопарка «Румлёво», 2) выполнить экологический анализ, 3) осуществить анализ ценотических параметров.

Объект исследования — северо-восточная часть лесопарка «Румлёво».

Предмет исследования — видовой состав, экологическая и ценотическая организация эпифитного мохового покрова *Carpinus betulus* в условиях лесопарка «Румлёво».

Материалы и методы исследования. В результате полевых бриологических исследований эпифитного мохового покрова в северо-восточной части лесопарка «Румлёво» были использованы маршрутный метод, детально-маршрутный метод и метод тотального учёта мохообразных на постоянных пробных площадях. Нами заложено 5 пробных площадей размером 30*20 м. В каждой пробной площади нами исследованы 10 модельных деревьев *Carpinus betulus*. Методом учетных площадок исследовали 50 деревьев. Более подробно методы изложены в [2]. В общей сложности сумма всех учетных площадок составила 662 ед.

Камеральную обработку бриологического материала проводили с использованием метода микроскопирования с общепринятым анатомо-морфологическим подходом. Использовали микроскоп ЛОМО Микмед-1 с объективом К15х, а также бинокляр МБС-10 8х. При определении использовали фундаментальные издания «Флора Беларуси, том 1, 2» Г. Ф. Рыковского и «Флора мхов средней части европейской России» М. С. Игнатова [4, 5].

Гербарный материал оформлен и хранится в Гербарии Гродненского государственного университета имени Янки Купалы (GRSU).

Таксономический анализ проведен согласно новой таксономии, монографии «Флора Беларуси, том 1, 2» Г. Ф. Рыковского и «Флора мхов средней части европейской России» М. С. Игнатова [4, 5], эколого-ценотический анализ по [6].

Результаты исследований и их обсуждение. При исследовании пробных площадей, заложенных нами в северо-восточной части лесопарка «Румлёво», выявлен 21 вид мохообразных. Весь исследуемый видовой состав относится к 17 родам, 13 семействам, 5 порядкам, 1 подклассу и 2 классам.

Отдел бриевых мхов (*Bryophyta*) представлен 19 видами мхов из 15 родов, 11 семейств, 3 порядков, 1 подклассу и 1 классу. Печеночники (*Marchanthiophyta*) представлены 2 видами из 2 родов, 2 семейств, 2 порядков и 1 классу.

Среди семейств наибольшее распространение имеют *Brachytheciaceae* — 7 видов и *Amblystegiaceae* — 3. Если рассматривать число видов в роде, наиболее представительными являются *Brachythecium* — 4 вида и *Sciuro-hypnum* — 2. Остальные семейства и рода одновидовые.

Для исследуемого видового состава характерны различные экологические группы: группа видов с широкой экологической амплитудой — 8 видов (*Amblystegium serpens* (Hedw.) Bruch., *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen, *Brachythecium campestre* (Muell. Hal.) Bruch., *B. rutabulum* (Hedw.) Bruch., *B. salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch., *Hygroamblystegium varium* (Hedw.) Moenk., *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Sciuro-hypnum populeum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen.), эпифиты — 7 видов (*Homalia trichomanoides* (Hedw.) Bruch., *Orthotrichum affine* Brid., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch., *Radula complanata* (L.) Dumort., *Serpoleskea subtilis* (Hedw.) Loeske., *Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Du bois) Isov., *Metzgeria furcata* (L.) Dumort.), эпигеиды — 3 вида (*B. mildeanum* (Schimp.) Schimp., *Plagiothecium nemorale* (Mitt.) A. Jaeger, *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J. Кор.) и эпиксилы — 3 вида (*Pseudoleskeella nervosa* (Brid.) Nyholm., *S.-h. reflexum* (Starke) Ignatov & Huttunen, *Platygyrium repens* (Brid.) Bruch et al.). Таким образом, эпифиты несколько уступают по количеству видов эврибионтным видам, что связано с архитектурой коры граба.

Анализ встречаемости видов мохообразных на *C. betulus* показал, что наибольшая встречаемость отмечена у одного вида: *Radula complanata* — 90%. Данный вид отнесен к V классу константности.

IV группу константности составляет также один вид — *Hypnum cupressiforme* — 76%.

К III группе относится два вида мохообразных — *Orthotrichum affine* (54%) и *Brachytheciastrum velutinum* (48%).

Brachythecium salebrosum (36%), *Amblystegium serpens* (30%), *Serpoleskea subtilis* (26%), *Metzgeria furcata* (24%), *B. mildeanum* (20%), *Sciuro-hypnum reflexum* (20%), *Plagiothecium nemorale* (20%) входят во II класс константности.

К I классу константности относится большее количество видов: *B. campestre* (16%), *Hygroamblystegium varium* (14%), *B. rutabulum* (10%), *Homalia trichomanoides* (10%), *Pylaisia polyantha* (8%), *Plagiomnium cuspidatum* (4%), *S.-h. populeum* (2%), *Pseudoleskeella nervosa* (2%), *Platygyrium repens* (2%) и *Isothecium alopecuroides* (2%).

Преобладание видов с первым классом константности закономерно, так как связано с экстремальными условиями произрастания эпифитов на коре

граба. Кора на стволах молодых деревьев граба светло-серая, блестящая и гладкая, тогда как у старых деревьев перидерма становится темной, с неглубокими продольными трещинами. Таким образом, кора, как динамичная субстанция, меняет свою структуру на протяжении всей жизни дерева и, соответственно, не оказывает агрессивного воздействия на эпифиты. Характерной особенностью коры граба является то, что на протяжении своей жизни перидерма не сильно изменяет свою структуру [7].

Среднее количество видов мохообразных на дереве составляет 5,24. Наибольшее количество видов на дереве составило 9 единиц, а наименьшее — 2. Также в среднем для I высотной группы характерно 12,4 видов, для II — 9,2 вида и для III — 3,4 вида. С увеличением высоты наблюдается снижение видового разнообразия в целом и увеличение специализированных видов — облигатных эпифитов.

Анализ встречаемости видов в пределах экспозиции показывает, что у большинства видов отмечены наибольшие показатели встречаемости на западе (6 видов), несколько меньше встречаются на севере и востоке (по 4). Южная экспозиция вовсе не является благоприятной для поселения эпифитных бриофитов (2 вида). Для 5 видов не было выявлено приуроченности к какой-либо из экспозиций, поскольку встречались единично.

Среди выявленных видов настоящими эпифитами являются: *H. trichomanoides*, *P. polyantha*, *O. affine*, *R. complanata*, *I. alopecuroides*, *S. subtilis* и *M. furcata*. Данные виды наиболее часто встречаются в составе II и III высотной группы в отличие от видов других экологических групп, для которых характерно распространение в составе I высотной группы. Это может быть связано с тем, что кора у основания граба более трещиноватая и большая часть видов мхов поселяется на комлях дерева. Здесь также выше и уровень влажности. Основание ствола дерева является экотонной зоной между почвой с собственно стволом. Здесь встречаются виды эпигейной, эпиксильной, эпифитной и эпилитной экологических групп.

Эпифитный бриокомпонент, представленный на *C. betulus*, наиболее обилен с западной экспозиции — 67,01 %/дм², менее обилен с восточной экспозиции — 65,91 %/дм². Наименьшее обилие отмечено с северной и южной — 59,75 %/дм² и 56,76 %/дм² соответственно.

В целом при сравнении обилия между экологическими группами выявлено различное распределение по обилию в пределах экспозиций. Для видов широкой экологии, эпигейдов и эпиксиллов отмечены высокие показатели обилия с северной экспозиции (69,61 %/дм²). Для восточной и западной экспозиции характерны несколько меньшие значения обилия (57,63 %/дм² и 51,38 %/дм² соответственно). Более низкие с южной (47,01 %/дм²) экспозиции.

В результате исследования нами обнаружен 21 вид мохообразных, относящихся к двум отделам (*Bryophyta* и *Marchanthiophyta*). Отдел бриевых мхов представлен 19 видами, а печеночники двумя. Весь видовой состав относится к 17 родам, 13 семействам, 5 порядкам, 1 подклассу и 2 классам. Преобладающими семействами по количеству видов являются *Brachytheciaceae* — 7 видов

и *Amblystegiaceae* — 3 вида. Наиболее представительными родами являются *Brachythecium* — 4 вида и *Sciuro-hypnum* — 2 вида. Остальные семейства и рода одновидовые.

Нами выявлены следующие экологические группы: группа видов с широкой экологической амплитудой (8 видов), эпифиты (7), а также эпигеиды и эпиксилы (по 3). Чаще всего виды встречаются на западной экспозиции, а реже всего — на южной. При анализе обилия отмечено, что настоящие эпифиты доминируют с западной экспозиции. Высокие показатели обилия остальных экологических групп (эпигеиды, эпилиты, эпиксилы и виды широкой экологической амплитуды) отмечены с северной экспозиции, а низкие — с южной.

Библиографический список

1. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь // Экологический бюллетень за 2015 год. — URL: <https://minpriroda.gov.by/ru/ecoza2015/>
2. Кельник, А. С. Эколого-географический анализ бриокомпонента исторической части лесопарка «Румлёво» (Гродно, Беларусь) / А. С. Кельник ; науч. рук. А. А. Сакович // Наука — 2025 : сборник научных статей / Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» ; главный редактор Н. З. Башун ; редколлегия: А. С. Горный [и др.]. — Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2025. — С. 23—25.
3. Обабко, Р. П. Состав и структура эпифитных сообществ с доминированием мхов в условиях среднетаёжных ельников черничных : дис. д-ра биол. наук: 02.11.23 / Р. П. Обабко. — Петрозаводск, 2023. — 143 л.
4. Флора Беларуси. Мохообразные : в 2 т. / под ред. В. И. Парфенова. — Т. 1 : Andreopsida–Bryopsida / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. — Минск : Тэхналогія, 2004. — 437 с.
5. Игнатов, М. С. Флора мхов Средней России в 2 т. Том 1. Sphagnaceae — Hedwigiaceae / М. С. Игнатов, Е. А. Игнатова. — Москва : КМК ScientificPressLtd, 2003. — С. 1—608.
6. Рыковский, Г. Ф. Бриофлора Полесья : монография / Г. Ф. Рыковский, М. С. Малько, А. А. Сакович ; Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича. — Минск : Беларуская навука, 2023. — 349 с.
7. Проблемы бриологии в СССР: сб. науч. тр. / Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова, Науч. совет по пробл. «Биол. основы рацион. использ., преобразования и охраны растит. Мира»; редкол.: И. И. Абрамова. — Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1989. — 222 с.

В статье рассматриваются системные проблемы, характерные для традиционных моделей наставничества в среднем профессиональном образовании. На основе анализа практики ГАПОУ «Сыктывкарский лесопромышленный техникум» представлено авторское решение — комплексная модель кураторского сопровождения «Триединство: наставник — наставляемый — куратор». Описаны механизмы ее реализации, включающие диагностику, разработку персонализированных программ и совместную научно-методическую деятельность. Приведены конкретные результаты внедрения модели.

Ключевые слова: наставничество, педагогические кадры, среднее профессиональное образование, модель «Триединство», куратор, персонализированная программа, профессиональный рост.

О. А. Кирпичёва,
старший методист, преподаватель;
А. Ю. Лобанов,
преподаватель
(ГАПОУ «СЛТ»)

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ МОДЕЛИ «ТРИЕДИНСТВО»

В свете интенсивной модернизации содержания среднего профессионального образования и внедрения инициативы «Профессионалитет» наставничество приобретает статус стратегического ресурса для развития учреждений среднего профессионального образования (СПО). Тем не менее в ходе его практической реализации регулярно возникают устойчивые системные затруднения. Среди них выделяются: склонность к формализации самого процесса, неэффективность работы в парах, часто вызванная психологической несовместимостью, недостаток измеримых позитивных параметров за рамками задач первоначальной адаптации, а также выраженный дефицит продуманных мотивационных схем, что демотивирует и опытных педагогов-наставников, и начинающих сотрудников [1].

Преодоление этих проблем требует разработки и апробации новых моделей, обеспечивающих переход от пассивного «сопровождения» к активному совместному творчеству и измеряемому профессиональному росту.

Материалом для исследования послужил трехлетний опыт (2022—2025 гг.) построения и реализации системы наставничества в ГАПОУ «Сыктывкарский лесопромышленный техникум». В качестве основного метода использовался анализ практики на основе документации (Положение о наставничестве [2], индивидуальные программы, протоколы диагностики, материалы портфолио педагогов), включенного наблюдения и рефлексивных отчетов участников. Для формирования наставнических пар применялись психодиагностические методики (В.Э. Мильмана [3], Л.Н. Собчик [4], УСК), позволяющие выявить мотивационные профили и личностные особенности для обеспечения психологической совместимости тандемов. Основным объектом изучения стала авторская модель кураторского сопровождения «Триединство».

Изучение практики наставничества, существовавшей в техникуме до 2022 года, позволило идентифицировать ряд системных недостатков традиционного подхода:

1. Преобладание формализма. Процесс сводился к административному назначению пар «наставник — молодой специалист» без учета личностной и психологической совместимости, что закономерно приводило к поверхностному, малорезультативному взаимодействию.

2. Отсутствие принципа индивидуализации. Работа строилась по единым, шаблонным планам, которые не учитывали индивидуальные профессиональные дефициты, стартовый уровень компетенций и карьерные амбиции конкретного молодого педагога.

3. Разрыв между задачами адаптации и профессионального роста. Программа наставничества была сфокусирована исключительно на помощи в освоении базовых должностных обязанностей и не ставила целей по развитию педагогического мастерства, инновационной или исследовательской активности новичка.

4. Дефицит мотивации у наставников. Отсутствовали продуманные механизмы признания заслуг и стимулирования опытных педагогов, что снижало их личную вовлеченность и ответственность за результат работы с молодыми кадрами.

В качестве решения была разработана и внедрена модель «Триединство: наставник — наставляемый — куратор (старший методист)». Его реализация начинается с диагностико-проектировочного этапа, в рамках которого пары формируются на основе психологической диагностики [1, 3], а цели совместно определяются и оформляются в персонализированную программу наставничества, фокусирующуюся не только на адаптации, но и на конкретных профессиональных достижениях (публикации, конкурсы, проекты). Ведущую, системообразующую роль в данной модели играет фигура куратора. В его функционал входит комплексная координация процесса, оказание методической поддержки, мониторинг соблюдения установленных сроков, помощь в грамотном оформлении итоговых результатов, а также содействие в представлении разработок на внешних площадках – таких как конференции и профильные журналы. В результате происходит качественная трансформация традиционных отношений: они приобретают формат совместной научно-методической деятельности. В рамках этой новой модели наставляемый педагог становится полноценным соавтором, наставник выполняет роль консультанта по содержательным вопросам, а куратор берет на себя функции научного руководителя проекта и менеджера, ответственного за общее качество работы.

Результаты внедрения модели на примере тандема Лобанов Александр Юрьевич (наставляемый) — Иванова Ольга Александровна (наставник) под кураторством Кирпичёвой Ольги Анатольевны показали ее эффективность в решении обозначенных проблем:

1. Профессиональная трансформация наставляемого: от научного сотрудника до руководителя предметно-цикловой комиссии, обладателя высшей категории, победителя конкурса «Мастер года — 2024» на республиканском уровне.

2. Совместная публикационная активность как измеримый результат работы тандема.

3. Формирование новых компетенций (цифровизация, проектная деятельность).

4. Мотивация наставника через признание его роли в успехе коллеги и собственный научно-методический рост.

В рамках периода с 2022 по 2025 год успешно апробированная модель была распространена на другие наставнические пары. Данное масштабирование позволило тиражировать положительные результаты, что проявилось в ряде ключевых достижений: увеличение числа педагогов, получивших статус экспертов федерального уровня, завоевание студентами призовых мест на престижных конференциях, а также укрепление и развитие партнерских связей с промышленными предприятиями. Проблема формализации отношений была успешно нивелирована благодаря внедрению персонализированных траекторий и проектного метода работы. Одновременно был ликвидирован разрыв между этапом адаптации и профессионального роста, что стало возможным благодаря внедрению механизма совместного создания нового интеллектуального продукта всеми участниками процесса.

Предлагаемая к внедрению модель кураторского сопровождения «Триединство» является комплексным и эффективным решением для преодоления системных проблем, характерных для института наставничества в системе СПО. Ее реализация имеет следующие ключевые преимущества:

1. Устранение формализма за счет внедрения предварительной диагностики и построения полностью персонализированной траектории работы с каждой парой.

2. Фундаментальная трансформация сути наставничества — из инструмента для решения задач первичной адаптации оно становится полноценным механизмом для совместного творчества и инновационной деятельности.

3. Формирование четких и измеримых критериев профессионального роста, которые объективно фиксируются через конкретные результаты: публикации, победы в конкурсах, получение экспертного статуса.

4. Повышение уровня внутренней и внешней мотивации каждого участника, которое достигается благодаря прозрачному распределению функциональных ролей и системе регулярного признания индивидуальных и коллективных достижений.

Основополагающим и необходимым условием для успешной реализации модели выступает присутствие в системе специально подготовленного куратора (чаще всего в этой роли выступает методист). Его ключевая задача заключается в выполнении интегративной, организационной и научно-методической функций, которые обеспечивают связность и эффективность всего процесса. Данный практический опыт представляет значительную ценность и обладает

потенциалом для адаптации в других образовательных учреждениях, стремящихся выстроить результативную и, что важно, способную к саморазвитию систему кадровой работы.

Библиографический список

1. Щербакова, Т. Н. Наставничество в образовательной организации: от теории к практике / Т. Н. Щербакова // СПО. — 2021. — № 5. — С. 34—40.
2. Положение о наставничестве педагогических работников ГАПОУ «Сыктывкарский лесопромышленный техникум». — Сыктывкар, 2022. — 12 с.
3. Мильман, В. Э. Метод изучения мотивационной сферы личности: практикум по психодиагностике / В. Э. Мильман. — Москва : МГУ, 1989. — С. 23—30.
4. Собчик, Л. Н. Метод цветowych выборов. Модифицированный восьмицветовой тест Люшера : практическое руководство / Л. Н. Собчик. — Санкт-Петербург : Речь, 2007. — 128 с.

В статье представлены исследования по определению периода физиологического покоя клубней картофеля сортов Печорский, Невский и гибридов 1992-14 (Удача×Элмундо), 2000-60 (Коlette×FZ 1867), выращенных в агроклиматических условиях Республики Коми (г. Сыктывкар). По результатам исследования выделен гибрид 2000-60 и сорт Печорский, у которых период физиологического покоя клубней составил 122 дня при накоплении суммы положительных температур 2550 °С и 118 дней при сумме температур 2468 °С соответственно. Выделившиеся образцы оценены как потенциально пригодные для длительного хранения в условиях северных регионов.

Ключевые слова: картофель, клубень, сорт, гибрид, период покоя, росток.

М. П. Королева,

младший научный сотрудник;

А. Г. Тулинов,

научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
(Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРИОДА ПОКОЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Введение. Картофель в России выращивается практически повсеместно. Пластичность культуры позволяет получать урожай даже в северных регионах страны. На разных технологических этапах производства картофеля (выращивание, уборка, хранение) в клубнях происходят сложные физиологические и биохимические процессы, на которые оказывают влияние факторы внешней среды, в том числе температура [1]. Срок хранения картофеля на Севере может достигать 9 месяцев, следовательно, выращиваемые сорта должны обладать высокой лежкоспособностью. Лежкость — свойство клубней сохранять свои качества в течение периода хранения [2], во многом зависит от продолжительности периода физиологического покоя. Различают естественный, или физиологический, и вынужденный покой. При естественном покое клубни не прорастают даже при благоприятных условиях, при вынужденном — рост отсутствует только в том случае, если нет соответствующих условий для него. Продолжительность периода физиологического покоя является сортоспецифичным признаком и выражается суммой положительных температур, необходимых для прорастания клубней [3]. Картофель с коротким периодом покоя клубней прорастает раньше, что увеличивает потери при длительном хранении, в отличие от сортов, обладающих более продолжительным естественным покоем.

Целью работы являлось определение периода физиологического покоя клубней среднеранних сортов и гибридов картофеля, выращенных в агроклиматических условиях Республики Коми.

Материал и методы исследования. Объектами исследования были клубни двух среднеранних сортов картофеля (Печорский, Невский), рекомендованные к использованию по I Северному региону, и двух перспективных гибридов 1992-14 (Удача×Элмундо), 2000-60 (Колетте×FZ 1867), проходящих в 2025 г. испытание в селекционных питомниках Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Опытный участок, на котором выращивался картофель, расположен в границах Сыктывкара (IV Агроклиматический район Республики Коми). В качестве сорта стандарта был выбран сорт Невский. Посадка картофеля осуществлялась 27 мая. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Для определения физиологического покоя клубней в день уборки картофеля (85-й день от посадки) были отобраны по 50 клубней каждого сорта/гибрида и помещены в бумажные коробки на хранение в темное помещение. В период хранения поддерживалась температура воздуха 18—22 °С, влажность в помещении варьировала в пределах 55—75%. Период покоя отдельного клубня считался законченным, если на нем появлялся хотя бы один росток длиной 1,5 мм. Оценка физиологического покоя сорта/гибрида определялась по средневзвешенному значению признака по всей выборке. В исследовании применялись методы статистического анализа. В качестве параметров описательной статистики использовали среднее арифметическое ($\bar{x}$), средневзвешенное ($\bar{x}_w$), коэффициент вариации средней (C_v).

Результаты и их обсуждение. Длительность состояния покоя клубней зависит от сорта, агроклиматических условий выращивания, суммы температур, принятой клубнями в период выращивания, температурного режима хранения картофеля [3]. Вегетационный период 2025 г. характеризовался ранней и затяжной весной, контрастным летом и сухой теплой осенью. Активные температуры воздуха выше 10 °С суммарно составили 1850 °С [4].

По результатам опыта (таблица) наименьшей продолжительностью периода физиологического покоя обладали клубни гибрида 1992-14. На клубнях указанного гибрида ростки (не менее 1,5 мм) впервые образовались на 98-й день от начала хранения, при сумме температур воздуха, накопленных с начала хранения — 2050 °С. Позднее остальных «пробудились» клубни сорта Печорский и гибрида 2000-60, на которых первые ростки отмечались на 107-й и 108-й дни от закладки опыта.

Таблица. Физиологический период покоя клубней картофеля

Сорт/гибрид	Интервал прорастания клубней, дней	Интервал суммы температур, принятых клубнями в период физиологического покоя, °С	Продолжительность физиологического покоя клубней*, дней	Сумма температур, принятых клубнями в период физиологического покоя, °С
1992-14	98–121	2050–2530	107	2239
2000-60	108–133	2260–2783	122	2550
с. Печорский	107–132	2239–2761	118	2468
с. Невский (st.)	104–121	2176–2530	111	2323

Примечание. *Продолжительность физиологического покоя клубней определена как средневзвешенное значение ($\bar{x}_w$) всей выборки.

Сорт-стандарт показал самое «дружное» прорастание, все клубни которого вышли из периода покоя за 18 дней. У остальных исследуемых образцов временной интервал прорастания клубней превысил 20 дней. Длительность периода физиологического покоя клубней в меньшей степени изменялась у сорта Невский и гибрида 2000-60 ($C_v = 4,7$). Максимально варьировали значения указанного показателя у гибрида 1992-14 ($C_v = 5,9$).

Наименьшее количество тепла до появления ростков на первых клубнях потребовалось гибриду 1992-14 (2050 °С), наибольшее — гибриду 2000-60 (2260 °С). Оценка физиологического покоя каждого сорта/гибрида в целом определялась по средневзвешенному значению выборки. Клубни гибрида 2000-60 показали наибольшую продолжительность периода физиологического покоя (122 дня), начав прорасти на 11-й дней позже сорта-стандарта.

Как уже отмечалось выше, количество тепла, накопленного клубнями, влияет на продолжительность их покоя. Очевидно, что чем больше тепла будет получено клубнями при выращивании, тем меньший температурный резерв останется до начала прорастания ростков в период основного зимнего хранения. Температурный режимы почвы в районе исследования при достаточном количестве тепла, необходимом для развития клубней картофеля, обеспечивает повышенный запас температур для дальнейшего длительного хранения продукта.

Таким образом, по результатам научного исследования можно выделить гибрид 2000-60, которому для выхода из состояния физиологического покоя потребовалось наибольшее количество дней — 122 и сумма положительных температур — 2550 °С, а также районированный для I Северного региона сорт Печорский, у которого период покоя составил 118 дней при накоплении температур в сумме 2468 °С. Характеристики указанные образцов позволяют оценить их как потенциально пригодные для длительного хранения в условиях северных регионов.

Библиографический список

1. Писарев, Б. А. Сортовая агротехника картофеля / Б. А. Писарев. — Москва : Агропромиздат, 1990. — 208 с.
2. ГОСТ 23493–79 Картофель. Термины и определения: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 16 февраля 1979 № 617 : дата введения 1980-01-01 / разработан Научно-производственным объединением по картофелеводству. — Москва : Стандартиформ, 2010. — 9 с.
3. Банадысев, С. А. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. — М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. — Минск : УП «ИВЦ Минфина», 2003. — 71 с.
4. Погода и климат : Справочно-информационный портал : сайт. — 2025. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 30.12.2025).

Приведены значения масс транспортно-технологических пакетов древесины хвойных и лиственных пород в зависимости от длины сортиментов. Предложен вариант логистики, включающий технологические операции заготовки, погрузки, перевозки, разгрузки транспортно-технологического пакета в условиях Республики Коми.

Ключевые слова: лесоматериалы, транспортно-технологический пакет, лесопогрузчик, лесотранспортный автопоезд.

А. Ф. Кульминский,
кандидат технических наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт)

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАКЕТ НА ЛЕСОЗАГОТОВКАХ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

В настоящее время в Республике Коми (РК) практически вся древесина заготавливается сортиментами на лесосеке. Лесоматериалы длиной 4 м составляют около 90 % всей заготавливаемой хвойной древесины. Значительная часть заготавливаемых лесоматериалов с верхнего склада лесосеки доставляется потребителям автомобильным транспортом.

В качестве лесотранспортных автопоездов используют два варианта — автомобиль + прицеп и седельный тягач + полуприцеп, которые эксплуатируются как по некачественным лесовозным дорогам, так и по качественным дорогам общей сети с соответствующими ограничениями по массогабаритным параметрам.

Разгрузка сортиментов из грузовой платформы лесной транспортно-технологической машины (ЛТТМ) — форвардера в штабель, расположенный перпендикулярно лесовозной дороге, выполняется манипулятором. По наблюдениям операторов разгрузка пакета объемом 12 м³ выполняется в течение 12—15 минут в зависимости от условий.

Погрузка одного пакета пиловочника объемом 11—12 м³ манипулятором лесотранспортного автопоезда или ЛТТМ с укладкой осуществляется за 11—15 минут, а разгрузка на предприятии-переработчике выполняется за такой же период.

При использовании на разгрузке импортных фронтальных погрузчиков соответствующей грузоподъемности за один рабочий ход время пакета по наблюдениям операторов существенно сокращается и составляет не более 5 минут.

С целью снижения трудоемкости и себестоимости погрузочно-разгрузочных работ предлагается вариант логистики использования единого транспортно-технологического пакета (далее — ТТП) на заготовке, погрузке, перевозке и разгрузке крупногабаритных лесоматериалов (сортименты, пиломатериалы) в РК.

При определении геометрических размеров ТТП в качестве основных критериев взяты предельные ограничения для лесотранспортных автопоездов при движении по дорогам общей сети. В соответствии с требованиями ГАИ они составляют для лесотранспортного автопоезда: длина — 20 м, ширина — 2,55 м, высота — 4 м.

С учетом таких ограничений ширина ТТП между внутренними поверхностями стоек коников составляет 2,2 м, высота — 2,2 м для отечественных и зарубежных изделий и учетом их конструктивных особенностей.

В соответствии с геометрическими размерами грузовой платформы, удельного веса древесины и коэффициента заполнения в зависимости от породы составляет:

1. Хвойные сортименты (сосна, ель) при длине 4 м — 9300 кг, при длине 6 м — 14000 кг.
2. Лиственные сортименты (береза — фанерный кряж) при длине 4 м — 11600 кг, при длине 6 м — 17 400 кг.

Вариант предлагаемой логистики ТТП включены следующие этапы:

1 этап – технологический. Состоит из технологических операций сбора, сортировки, погрузки, перевозки и штабелевки сортиментов у лесовозной дороги ЛТТМ соответствующей ТТП грузоподъемности. При наличии на верхнем складе флангового погрузчика с крано-манипуляторной установкой (КМУ) — перегрузки ТТП на лесотранспортный автопоезд за один рабочий ход.

Технологический процесс использования ЛТТМ на заготовке древесины сортиментами на лесосеке аналогичен форвардерам, заезд ЛТТМ на пасеку по технологическому коридору осуществляется задним ходом. Выезд ЛТТМ выполняется передним ходом с выполнением операций сбора, сортировки и погрузки сортиментов манипулятором на грузовую платформу. Разгрузка сортиментов на верхнем складе у лесовозной дороги может выполняться в двух вариантах:

1. Манипулятором ЛТТМ в штабель на прокладки при отсутствии флангового мобильного (фронтального) погрузчика.
2. Фланговым мобильным (фронтальным) погрузчиком за один рабочий ход на лесотранспортный автопоезд или в штабель на прокладки.

2 этап – технологический. Включает технологические операции погрузки ТТП на верхнем складе на лесотранспортные автопоезда.

Погрузка ТТП на лесотранспортный автопоезд может быть осуществлено двумя способами:

1. Фронтальным лесопогрузчиком соответствующей грузоподъемности.
2. Фланговым погрузчиком различных конструктивных исполнений, в том числе КМУ большой грузоподъемности, установленной на лесотранспортном автомобиле (автопоезде).

Первый способ предусматривает использование фронтального лесопогрузчика большой грузоподъемности и подготовленной погрузочной площадки в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации. Он может быть эффективен при использовании машины в течение всей рабочей

смены. В случае простоев будет наблюдаться рост себестоимости лесозаготовительных работ. Этот способ погрузки не является основным.

Второй способ может быть реализован при установке на автомобильное шасси КМУ большой грузоподъемности, позволяющей выполнять погрузо-разгрузочные работы за один рабочий ход.

При использовании этого способа возможны следующие варианты исполнения:

1. Применение маломобильного флангового погрузчика, перемещающегося только вдоль штабеля в течение всей рабочей смены при разгрузке ЛТТМ и погрузке лесотранспортных автопоездов.

2. Использование мобильного флангового погрузчика с колонной лесотранспортных автопоездов, который в настоящее время нашел широкое применение при транспортировке сортиментов на предприятиях Сыктывкарского ЛПК. Автопоезд с КМУ загружает все автопоезда колонны, затем грузит ТТП на свою грузовую платформу, прицеп и вывозит лесоматериалы потребителю.

Применение флангового погрузчика предусматривает использование следующих рабочих органов: грейфера с геометрией и размерами ТТП или строп.

Вариант с грейфером предлагается для маломобильного флангового погрузчика и исключает использование стропальщика. Перевозка такого массогабаритного изделия на лесотранспортном автопоезде не рациональна.

Второй способ предусматривает использование двух строп и включения в технологический процесс разгрузки оператора ЛТТМ и водителя лесотранспортных автопоездов в качестве стропальщиков при условии их обучения и оплаты за выполнение погрузо-разгрузочных работ с ТТП. Он целесообразен при использовании мобильного флангового погрузчика.

3 этап – транспортный. Включает в себя технологические процессы перевозки ТТП с верхнего склада во двор потребителю.

Транспортировка сортиментов выполняется по некачественным лесовозным дорогам (бездорожью) и по качественным дорогам общей сети при выполнении требований ГАИ лесотранспортными автопоездами в составе автомобильных колонн или индивидуально. Перевозка лесоматериалов на лесотранспортных автомобилях используется в промышленных масштабах незначительно по экономическим параметрам.

Лесотранспортные автопоезда на перевозке сортиментов бывают в двух исполнениях:

1. Автомобиль с бескапотной компоновкой + прицеп. Используют при перевозке сортиментов длиной 4 м в двух вариантах;

- четыре ТТП — два на грузовой платформе длиннобазового автомобиля и два на прицепе;

- три ТТП — один на грузовой платформе короткобазового автомобиля, два на прицепе.

При перевозке сортиментов длиной 6 м — один ТТП располагаются на грузовой платформе автомобиля и один на прицепе.

2. Седельный тягач с капотной и бескапотной компоновкой + полуприцеп. При длине сортиментов 4 м — три ТТП, а при длине 6 м — два, располагаются на грузовой платформе полуприцепа.

Использование первого или второго исполнений лесотранспортных автопоездов определяется конкретными условиями эксплуатации непосредственно на предприятиях.

4 этап – технологический. Состоит из технологических операций разгрузки ТТП с лесотранспортных автопоездов за один рабочий ход, укладки в штабель или на промплощадку для сортировки и переработки древесины.

Разгрузка ТТП с лесотранспортных автопоездов за один рабочий ход может выполняться следующими способами:

1. Фронтальным погрузчиком соответствующей грузоподъемности на колесном шасси.

2. Фланговым маломобильным погрузчиком в разных конструктивных исполнениях, в том числе на автомобильном шасси с КМУ высокой грузоподъемности с грейфером (стропами).

Для реализации предложенного варианта логистики единого ТТП на производстве необходимо:

1. Экономически обосновать целесообразность его использования в условиях РК.

2. Более тщательно проработать технологические операции погрузки (разгрузки) ТТП на верхнем складе при достижении максимальной производительности при совмещении операций.

3. В соответствии с принятой в РФ программой импортозамещения обеспечить выполнение этапов логистики ТТП путем проектирования и изготовления отечественных изделий, не уступающих по техническому уровню аналогичным зарубежным образцам:

3.1. ЛТТМ (форвардеры) грузоподъемностью 9300 кг для лесоматериалов длиной 4 м и грузоподъемностью 14000 кг для сортиментов длиной 6 м с ходовой системой удельным давлением на грунт, не превышающем рекомендуемых 50 кПа для слабонесущих почв РК [1].

3.2. Лесотранспортный автопоезд для перевозки ТТП хвойных и лиственных пород древесины переменной длины с учетом требований ГАИ по малогабаритным параметрам и специфики эксплуатации по лесовозным дорогам, бездорожью и дорогам общей сети РФ. При разработке конструкции целесообразно использовать опыт эксплуатации зарубежных лесотранспортных АТС Volvo, Mercedes, MAN и других в РК.

3.3. КМУ флангового погрузчика телескопической конструкции грузоподъемностью 14000 на вылете стрелы до 8 м для работы с ТТП длиной сортиментов 6 м. При проектировании целесообразно использовать опыт фирмы «Palfinger», которая в настоящее время серийно выпускает аналогичное изделие.

3.3.1. Грейфер для КМУ с геометрией рабочего органа (длина-ширина 2,2х2,2 м.) позволяющей выполнять погрузку-разгрузку ТТП за один рабочий ход и исключающий возможность повреждения металлоконструкций машин. Подобных конструкций не обнаружено.

3.4. Фронтальный погрузчик. В настоящее время погрузки (разгрузки) лесотранспортных автопоездов используют изделия, которые выполняют эти работы в двух вариантах:

- за один рабочий ход импортными погрузчиками большой грузоподъемности скандинавского и китайского производств. Отечественная промышленность такие машины не выпускает;

- за два рабочих хода отечественными и импортными погрузчиками преимущественно китайского производства, которые успешно вытесняют российские изделия.

Для условий РК рекомендуется разработка следующих моделей погрузчиков на отечественном шасси:

1. Грузоподъемностью 9300 и 14000 кг для крупных лесоперерабатывающих предприятий (СЛПК, ЛДК и др.) и пунктов перегрузки.

2. Грузоподъемностью 5000 и 7000 кг для мелких перерабатывающих предприятий с целью использования других рабочих органов (ковша и др.) для работы с мелкофракционными лесоматериалами (щепа, опилок, пеллеты и др.) с помощью адаптера.

Библиографический список

1. Паутов, Ю. А. Рекомендации по защите лесных почв от повреждения лесозаготовительных работ в Республике Коми / Ю. А. Паутов. — Сыктывкар, 2004. — 18 с.

В статье оценены запасы органического вещества или углерода в спелых среднетаежных ельниках черничном влажном и долгомошно-сфагновом Республики Коми, а также на их 4-летних вырубках после сплошнолесосечной рубки. Установлено, что в спелых ельниках основная доля углерода сосредоточена в древесном ярусе и почве, тогда как на вырубках ведущую роль в депонировании углерода играют растения напочвенного покрова и оставленные после рубки крупные древесные остатки. Запасы углерода в фитомассе ценозах вырубок оказались в 1,5—1,7 раза ниже, чем в исходных ельниках, при этом эмиссия CO_2 с поверхности почв на вырубках были в 2—3 раза выше. Показано, что спелые еловые экосистемы выполняют функцию стока углерода, а вырубки становятся источником. Полученные результаты подтверждают значительное изменение углеродного баланса лесных экосистем под влиянием сплошных рубок и подчеркивает необходимость минимизации повреждения почвы, сохранения подроста и своевременного лесовосстановления.

Ключевые слова: Север России, средняя тайга, ельники, вырубка, углерод.

Н. В. Лиханова
(Сыктывкарский лесной институт)

ИЗМЕНЕНИЯ В БЮДЖЕТЕ УГЛЕРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СПЛОШНЫХ РУБОК В СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКАХ

В лесных экосистемах фитоценоз играет ключевую роль, управляя основным циклом углерода. Особенно важным является изучение запасов углерода в фитомассе и почвах еловых лесов России, что обусловлено их значительной площадью и экологической ценностью.

На европейском северо-востоке России доминируют еловые леса. Так, в Республике Коми лесопокрытая площадь составляет около 30 млн га, из которых 54 % занимают ельники. Эти леса являются важной составляющей природного ландшафта региона. Еловые леса в нашем регионе представляют собой основной объект лесозаготовок. Ежегодно на площади 60 тыс. га проводятся сплошные рубки, которые ведут к изменению экологических условий среды, физико-химических свойств почв и потоков органического вещества (ОВ) между компонентами.

Основной целью исследований является оценка запасов ОВ в спелых ельниках и после зимней сплошнолесосечной рубки с дальнейшей оценкой экологических последствий антропогенного фактора. Для этого нам необходимо было определить углерод фитомассы, крупных древесных остатков и почвы. Установить углерод в продукции растительного ОВ. Зафиксировать углерод в опаде растительных остатков в ельниках и на вырубках. Представить показатели эмиссии CO_2 и бюджет углерода в исследуемых ценозах. Представить экологические последствия при антропогенном воздействии рубок.

Исследования проведены на территории государственного казенного учреждения Республики Коми «Чернамское лесничество» Сыктывдинского

района Республики Коми в спелых среднетаежных ельниках черничном влажном и долгомошно-сфагновом и на их вырубках. В 1977 и 1981 гг. были заложены пробные площади в ельниках. В 2003 г. исследования продолжены. В 2006 г. проведена сплошнолесосечная рубка с использованием традиционной хлыстовой трелевки. В 2009 г. исследования продолжены на вырубках данных ельников [2].

Ельник черничный влажный разновозрастный, разновысотный, V класса бонитета. В ельнике на 1 га насчитывалось 1545 экз. древесных растений с запасом древесины — 271 м³/га. Подлесок состоит из единичных экземпляров ивы, рябины и шиповника. Равномерно расположен подрост около 2 тыс. экз. на 1 га. Травяно-кустарничковый ярус (ТКЯ) с проективным покрытием 50—60 % сформирован черникой, брусникой, морошкой, хвощом лесным. Присутствует майник, кислица, линнея, седмичник. Моховый покров представлен зелеными, сфагновыми и политриховыми мхами.

Ельник долгомошно-сфагновый разновозрастный, разновысотный, V класса бонитета. Число деревьев составляет 2 тыс. экз. на 1 га. Подлесок состоит из единичных экз. ивы, рябины и шиповника. Подрост удовлетворительного состояния 1,9 экз. на 1 га, представлен в основном елью. ТКЯ образован черникой, брусникой, линнеей, хвощом, осокой шаровидной. Моховый покров почти сплошной, представлен в основном сфагновыми мхами в сочетании с политриховыми и зелеными мхами.

В зимний период 2005—2006 гг. в рассмотренных ельниках проведена сплошнолесосечная рубка, в результате которой в ельнике черничном влажном оставлены тонкомерные древесные растения в количестве 442 экз. на 1 га с запасом 31,1 м³. Самосев и подрост составляют 8,3 тыс. экз./га и представлен в основном категориями мелкой и средней крупности. В ельнике долгомошно-сфагновом после рубки оставлен недоруб в количестве 626 экз./га с запасом 231 м³. Самосев и подрост около 7 тыс. экз./га, в основном предварительного происхождения мелкой, средней и крупной категории высот.

Общие запасы углерода растительного ОВ в исследуемых ельниках составляет 86,1 и 92,5 т/га. На 4-летних вырубках ельников углерод фитомассы формируют тонкомерные деревья недоруба, подрост, самосев, растения напочвенного покрова. Содержание углерода ОВ в древесных растениях на вырубке ельника черничного влажного составило 16,3, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового — 22,2 т/га. В фитомассе растений напочвенного покрова на вырубке ельника черничного влажного аккумулируется 4,1, на вырубке долгомошно-сфагнового ельника — 4,6 т/га. Растения напочвенного покрова на вырубках аккумулируют в 2,3—2,4 раза больше углерода ОВ, чем в ельниках до рубки. В ельниках запасы углерода ОВ в 3,5—4 раза больше, чем на вырубках, что закономерно в связи с вывозом деловой древесины.

В ельниках и на вырубках присутствуют крупные древесные остатки (КДО) в качестве сухостойных деревьев, сухих ветвей растущих деревьев, валяжа. На вырубках к КДО относят обломки стволов и вершин срубленных деревьев и пни. Согласно результатам наших исследований, запасы углерода ОВ

КДО в ельнике черничном влажном равны 18,9, в ельнике долгомошно-сфагновом — 3,8 т/га. В ОВ КДО на вырубке ельника черничного влажного содержится 10,8, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового — 13,1 т·С/га. Отметим, что в ельниках сухостой и валеж составляет по 47—53 %, тогда как на вырубках снижается доля сухостойных деревьев и валежа. Порубочные остатки составляют 23—24 %, доля пней — 51—53 %. На вырубках ельников примерно половина запасов углерода ОВ КДО концентрируется в пнях и корнях срубленных деревьев.

Углерод ОВ почвы (в метровом слое, включая лесную подстилку) ельника черничного влажного составляет 89,0 т/га, ельника долгомошно-сфагнового — 63,7 т/га. Запасы углерода в слое почвы 0—100 см с учетом лесной подстилки составляют для вырубок ельника черничного влажного 82,1 т/га, ельника долгомошно-сфагнового — 66,5 т/га. При сравнении запасов углерода ОВ почвы на глубине от 0—50 и 0—100 см в ельниках и на вырубках наблюдаются изменения, которые определяются составом растительности, степенью минерализации ОВ мертвого растительного материала, морфологией, структурой и увлажнением почв. Кроме этого, убыль массы подстилки на нарушенных поверхностях почвы может служить показателем возросшей скорости разложения. В нашем случае имеет место быть механическое перераспределение (сдирание) лесной подстилки. Отметим, что в лесной подстилке ельников, так и вырубках отмечены большие запасы углерода ОВ, что создает гарантию их устойчивости.

Исследованиями выявлено, что в процессе сплошнолесосечной рубки с хлыстовой трелевкой стволов объем вывезенной деловой древесины в ельнике черничном влажном составил 193 м³/га, что составляет 37 тС/га, в ельнике долгомошно-сфагновом 186 м³/га — 36,5 тС/га. При этом из ельников вывоз углерода ОВ составляет 40—44 %.

В годичной продукции ОВ растений вырубок еловых фитоценозов накапливается 1,8—2,2 т·С/га·год, что меньше NPP углерода ОВ растений ельников (2,5—3,5 т·С/га·год). Выявлено, что в спелых ельниках в накоплении углерода ОВ значителен вклад древесных растений (78—91 %), а на вырубках — растений напочвенного покрова (75—80 %).

Функционирование лесных биогеоценозов обусловлено тесными связанными, но противоположно направленными процессами продуцирования и отмирания растительного ОВ. Фитоценоз извлекает из почвы, удерживает в себе и возвращает в почву углерод в основном четырьмя путями: с опадом, с отпадом, опадом подземных органов и вымыванием из крон и стволов. Лесной опад играет важную роль в бюджете углерода между фитоценозом и почвой, переводя его из массы ОВ в лесную подстилку. Растительный опад подвергается биологической трансформации в основном различными группами почвенных беспозвоночных, грибами и микроорганизмами. При этом одна часть его разлагается до углекислого газа, а другая переходит в лесную подстилку, которая служит основным источником почвенного ОВ.

В спелых ельниках с опадом в почву возвращается около 2 т на 1 га углерода, большая часть (75—83 %) приходится на опад древесных растений. На

вырубках количество углерода, поступающего с годичным опадом, составляет 1,4—1,6 т/га, в которых наблюдается 89—90 % растений напочвенного покрова [6].

Гетеротрофное дыхание в ельниках, характеризующее эмиссию CO_2 , нами не изучено. Ранее исследованиями показано, что выделение CO_2 в спелых среднетаежных ельниках черничного типа с поверхности подзолистых почв составляет 2,26—2,69 т·С/га [1, 8]. Эмиссия CO_2 с поверхности почвы среднетаежного старовозрастного ельника чернично-сфагнового на торфянисто-подзолисто-глееватых почвах за вегетационный период (с мая по октябрь) в разные годы составляла 2,48—2,84 т·С/га [1].

Эмиссия CO_2 с поверхности полугидроморфной почвы вырубок ельников черничного влажного и долгомошно-сфагнового выше в 2—3 раза, чем в спелых ельниках на таких же почвах, и составляет 4,16 и 7,05 т·С/га·год соответственно [5]. Вероятно, на увеличение потока диоксида углерода на вырубках ельников оказывают влияние температурные условия почвы, деструкционные процессы в корнях срубленных деревьев, порубочных остатков и подстилки, а также изменения в микробных сообществах, дыхание живых корней растений подроста и травяно-кустарничковый ярус.

Оценка бюджета углерода в исследуемых экосистемах проведена на основании потоков углерода, т.е. по разности между поступлением и потерями углерода по уравнению В.Н. Кудеярова и соавт. (2007): *Чистая экосистемная продукция = Продукция фитомассы – Дыхание гетеротрофов*.

Так, текущий прирост фитомассы в ельнике черничном влажном составляет 3,5, в ельнике долгомошно-сфагновом — 2,5 т·С/га. Используя приведенные в литературе и наши данные можно сказать, что баланс углерода спелых среднетаежных ельников черничного ряда на подзолистых почвах в разные годы составляет 0,30—0,47 т·С/га, в ельниках на торфяно-подзолистых почвах — 0,2—0,3 т·С/га [1, 3, 7]. Согласно анализу данных, предполагаем, что исследуемые нами ельники являются положительным стоком CO_2 , т.е. $\text{NPP} \geq \text{R}_{\text{гетер}}$.

На вырубках ельника черничного влажного чистая экосистемная продукция составила $1,8 - 4,2 = -2,4$ т·С/га·год, ельника долгомошно-сфагнового — $2,2 - 7,1 = -4,9$ т·С/га·год. Следовательно, экосистемы вырубок являются источником углерода.

В спелых еловых экосистемах на торфянисто-подзолисто-глееватых почвах после зимних промышленных рубок наблюдаются изменения запасов и потока углерода в них. Выявлено, что на 4-летней вырубке ельников масса ОВ и углерода растений напочвенного покрова в 2—2,5 раза больше, чем в исходных ценозах. После рубки с КДО в почву дополнительно поступает 22—28 т·С/га. Продукция углерода ОВ на вырубке ельников в 1,3—1,8 раза меньше, чем в спелых ельниках. Так, в депонировании углерода в массе ОВ спелых ельников основную роль (83—92 %) выполняют древесные растения, а на вырубках — растения напочвенного покрова (75—79 %). Установлено, что с порубочными

остатками и корнями вырубленных древесных растений в почву в этих экосистемах поступает большое количество углерода, примерно в 3 раза превышающее величину годичного его поступления с опадом.

Пул углерода спелых ельников 160—194 т/га, из них 40—46 % концентрируется в почве, включая подстилку. В сообществах 4-летних вырубок ельников запасы углерода составляют 106—113 т/га, большая часть которых (63—73 %) сосредоточена также в почве. В фитоценозах вырубок ельников содержание углерода в 1,5—1,7 раза меньше, чем в фитоценозах спелых ельников. На формирование годичной продукции фитомассы спелых ельников выносятся 2,4—3,5 т·С/га, на рубках — 1,8—2,2 т·С/га. На рубках ельников с растительным опадом возвращается 58—78 % углерода, используемого на прирост ОВ. Потери массы при разложении компонентов опада и подстилки в данных ценозах изменяются в широких пределах от 2 до 70 % в год в зависимости от видоспецифичности. На рубках ельников высвободившийся углерод лесной подстилки составляет 2,46—3,32 т/га⁻¹. Анализ показал, что спелые ельники являются местом стока, а рубки — источником углерода.

Мероприятия, которые необходимо проводить для смягчения негативных последствий сплошных рубок:

1. Сохранение подроста при рубке.
2. Оптимизация утилизации порубочных остатков.
3. Своевременное лесовосстановление.
4. Минимизация повреждения почвы.

Библиографический список

1. Бобкова, К. С. Бюджет углерода в экосистемах среднетаежных коренных ельников / К. С. Бобкова, М. А. Кузнецов // Журн. общ. биологии. — 2022. — Т. 83. — № 6. — С. 434—449.
2. Бобкова, К. С. Влияние промышленных рубок на круговорот веществ в системе почва-фитоценоз среднетаежных ельников на болотно-подзолистых почвах / К. С. Бобкова, Н. В. Лиханова, М. А. Кузнецов. — Санкт-Петербург : Наука, 2024. — 246 с.
3. Коренные еловые леса Севера : биоразнообразие, структура, функции. — Санкт-Петербург : Наука, 2006. — 337 с.
4. Кудеяров, В. Н. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В. Н. Кудеяров, Г. А. Заварзин, С. А. Благодатский, А. В. Борисов, П. Ю. Воронин и др. — Москва : Наука, 2007. — 315 с.
5. Кузнецов, М. А. Эмиссия диоксида углерода с поверхности болотно-подзолистой почвы вырубки ельника черничного влажного (средняя тайга, Республика Коми) / М. А. Кузнецов // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. — Москва, 2022. — С. 234—235.
6. Лиханова, Н. В. Роль растительного опада в формировании лесной подстилки на рубках ельников средней тайги / Н. В. Лиханова // Известия вузов. Лесной журнал. — 2014. — № 3. — С. 52—66.
7. Мартынюк, З. П. Оценка баланса углерода лесного фитоценоза / З. П. Мартынюк, К. С. Бобкова, В. В. Тужилкина // Физиология растений. — 1998. — Т. 45. — С. 914—918.
8. Машика, А. В. Эмиссия диоксида углерода с поверхности подзолистой почвы / А. В. Машика // Почвоведение. — 2006. — № 12. — С. 1457—1464.

Ботанический сад СГУ им. Питирима Сорокина создается в 1974 году. Его коллекция, собранная силами студентов и сотрудников, включает редкие виды, интродуцированные со всей России. Сад выполняет ключевые задачи: сохранение биоразнообразия, обеспечение учебного процесса и научных исследований. На 2025 год коллекция семян насчитывает 916 образцов, из которых 37 — редкие виды. Дальнейшие планы развития направлены на инвентаризацию посадок и активизацию интродукционной работы.

Ключевые слова: ботанический сад, редкие виды, интродукция, биоразнообразие, наука, образование.

А. Ю. Лобанов,
преподаватель
(СГУ им. Питирима Сорокина)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ КОЛЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА СЫКТЫВКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. ПИТИРИМА СОРОКИНА

Ботанический сад Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина формируется более сорока лет. В 1974 году под руководством первого директора сада Зыковой Раисы Александровны силами студентов, сотрудников и преподавателей СГУ начались планомерные работы по строительству сада. Значительный объем интродукционных работ был выполнен с 1976 года сотрудниками ботанического сада Александром Ивановичем и Татьяной Георгиевной Мелеховыми. Они, будучи студентами кафедры ботаники, привезли и высадили 70 видов живых растений и 120 образцов семян с Курильских островов (о. Кунашир). Многие растения хорошо акклиматизировались и прекрасно произрастают в саду и в настоящее время, например, лизихитон камчатский *Lysichiton camtschatense*, рябина бузинолистная *Sorbus sambucifolia*, таволга камчатская *Filipendula kamtschatica* и др. Большой вклад в развитие ботанического сада внесли Людмила Михайловна Юдина, Клавдия Николаевна Дулесова, Николай Николаевич Лобовиков, Надежда Петровна Акульшина [1—4].

Коллекционный фонд сада — природная лаборатория, база для обучения студентов, источник материала для учебных, научных исследований и тем научных работ. Основные задачи ботанического сада:

1. Сохранение и изучение растений природной флоры, интродукция растений.
2. Создание и сохранение коллекций живых растений, имеющих научное, учебное, хозяйственное и культурно-просветительское значение. Охрана редких и исчезающих видов растений.
3. Обеспечение образовательного процесса.
4. Проведение научно-исследовательских работ.

5. Проведение культурно-просветительской работы в области ботаники, дендрологии, экологии, охраны природы, декоративного садоводства и других профильных направлений.

Первостепенной задачей ботанических садов является сохранение редких и исчезающих видов растений. Большое внимание в саду уделяется одному из методов сохранения биоразнообразия — интродукции редких растений в искусственных условиях — *exsitu*. Привлечение редких растений для интродукции в ботаническом саду осуществляется со времени создания сада с 1974 года путем сбора посадочного материала и семян в природе, переноса растений из культуры и по обменным каталогам (делектусам) [1, 4].

В ботаническом саду Сыктывкарского государственного университета ведется учебная и научная работа. Проводятся научные исследования по изучению родовых комплексов, по выявлению видов и сортов растений, перспективных для выращивания в суровых условиях Севера. Изучены особенности морфологии, онтогенеза, биологии развития и размножения ряда хозяйственно ценных видов: редких и охраняемых, лекарственных, пищевых, декоративных древесных и травянистых растений. Выявлены адаптивные возможности растений, которые выражаются в изменении габитуса растений, смещении сроков фенологических фаз, формированию стерильных плодов или их отсутствии [1, 2].

В 2025 году была проведена плановая инвентаризация коллекции семян растений, хранящейся в семенной лаборатории ботанического сада. В результате проверки в электронный реестр коллекции внесено 916 образцов, каждому из которых присвоен уникальный регистрационный номер.

Характеристика коллекции:

1. Редкие виды: в коллекции представлены семена 37 видов растений, относящихся к категории редких.

2. Происхождение образцов:

2.1. 77 видов были получены в результате собственной работы Ботанического сада СГУ в период с 2016 по 2024 г., из которых 25 видов являются редкими.

2.2. 64 вида получены по обмену из других российских и зарубежных ботанических садов.

3. Систематическая структура: по жизненным формам коллекция распределяется следующим образом:

3.1. Многолетние и однолетние травянистые растения — 43 вида.

3.2. Кустарники — 13 видов.

3.3. Деревья — 10 видов.

Заключение.

Ботанический сад СГУ обладает значительной и разнообразной коллекцией семян, включающей интродуцированные виды. Для обеспечения сохранности и развития коллекции рекомендуется:

1. Организовать и провести в весенне-летний сезон инвентаризацию полевых посадок с целью оценки их состояния.

2. Разработать и реализовать план по восстановлению и поддержанию, в первую очередь, коллекции редких интродуцированных видов.

3. Активизировать работу по интродукции новых растений, полученных в результате обмена с другими ботаническими садами.

Библиографический список

1. Акульшина, Н. П. Дикорастущие растения Ботанического сада Сыктывкарского университета и окрестностей г. Сыктывкара / Н. П. Акульшина. — Сыктывкар, 1995. — 111 с.

2. Головкин, Б. Н. История интродукции растений в ботанических садах / Б. Н. Головкин. — Москва : Изд. Московского ун-та, 1981. — 128 с.

3. Мелехов, А. И. Систематический состав интродуцентов ботанического сада и их использование в зеленом строительстве городов Севера / А. И. Мелехов, Т. Г. Мелехова // Адаптационные особенности местной флоры и интродуцентов бореальной зоны : монография. — Сыктывкар, 1988. — С. 56—72.

4. Красная книга Республики Коми / под ред. А.И. Таскаева. — Сыктывкар, 2009. — 791 с.

В статье рассматривается научное наследие выдающегося российского учёного-материаловеда, академика РАН И. В. Горынина, чьи фундаментальные исследования и прикладные разработки оказали существенное влияние на развитие отечественного и мирового материаловедения.

В ходе исследования рассмотрены: прорывные разработки в области конструкционных материалов; влияние разработок на современное строительство; научные методы и подходы, заложенные Горыниным; современное развитие идей И. В. Горынина.

Научное наследие И. В. Горынина сохраняет высокую практическую ценность, его подходы к конструированию материалов с заданными свойствами продолжают развиваться в современных исследованиях. Разработанные им принципы легирования, термической обработки и наноструктурирования легли в основу новых поколений конструкционных материалов, востребованных в строительстве, энергетике и транспорте.

Ключевые слова: И. В. Горынин, конструкционные материалы, высокопрочные стали, титановые сплавы, алюминиевые сплавы, материаловедение, строительство, судостроение, атомная энергетика.

Е. Ю. Микова,
кандидат технических наук
(Сыктывкарский лесной институт)

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ И. В. ГОРЫНИНА: ПРОРЫВНЫЕ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ РОЛЬ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Введение.

Выдающемуся российскому учёному, основоположнику теории высокопрочных свариваемых конструкционных материалов для работы в экстремальных условиях, академику РАН, президенту Центрального научно-исследовательского института конструкционных материалов «Прометей» Игорю Васильевичу Горынину 10 марта 2026 г. исполняется 100 лет (1926—2015).

Президент РФ Владимир Владимирович Путин в 2025 году подписал указ об увековечении памяти ученого Игоря Васильевича Горынина и праздновании 100-летия со дня его рождения.

1. Научная биография и основные направления исследований.

И. В. Горынин начал профессиональную деятельность в Центральном научно-исследовательском институте конструкционных материалов «Прометей» (ныне — НИЦ «Курчатовский институт» — ЦНИИ КМ «Прометей»), где прошёл путь от младшего научного сотрудника до директора института.

Из уникальных сплавов, разработанных Игорем Горыниным и его учениками, изготовлены корпуса всех атомных ледоколов, грузовых судов гражданского назначения, надводных военных кораблей и подводных лодок Российской Федерации, большинство корпусов ядерных реакторов отечественных атомных станций, значительная часть самолётного парка, уникальные буровые платформы для работы на шельфе России и многое другое.

В числе научных достижений академика Горынина — создание прочной взрывостойкой свариваемой стали для отечественного судостроения и радиационностойких реакторных безникелевых теплостойких сталей.

Он разработал конструкционные титановые сплавы и технологии их производства и сварки для строительства атомных подводных лодок с титановым корпусом. Под руководством Игоря Горынина найдены технологические решения сварки морских алюминиевых сплавов для скоростного флота страны; а в настоящее время разрабатываются наноструктурированные композиционные материалы на основе металлов и керамики.

2. Прорывные разработки в области конструкционных материалов.

2.1. Высокопрочные свариваемые стали

Ключевое достижение заключается в создании семейства высокопрочных свариваемых сталей для судостроения и строительства:

- АК-25, АК-27 — стали для корпусов подводных лодок, сочетающие высокую прочность ($\sigma_{\text{в}} \geq 600$ МПа) и хорошую свариваемость;
- АБ-1, АБ-2 — стали с повышенной хладостойкостью для арктического судостроения;
- стали типа 10ХСНД, 15ХСНД — для мостостроения и строительных конструкций, работающие при температурах до -60 °С.

Научные инновации:

- оптимизация содержания углерода ($C \leq 0,12\%$) для улучшения свариваемости;
- микролегирование ниобием (Nb) и ванадием (V) для дисперсионного упрочнения;
- контроль содержания серы ($S \leq 0,005\%$) и фосфора ($P \leq 0,015\%$) для повышения трещиностойкости.

2.2. Алюминиевые сплавы повышенной прочности.

Разработаны термоупрочняемые алюминиевые сплавы системы Al-Zn-Mg-Cu:

- В-95, В-96 — с пределом прочности $\sigma_{\text{в}} \geq 550$ МПа;
- сплавы типа 1915, 1925 — для сварных конструкций с повышенной коррозионной стойкостью.

Особенности:

- применение гомогенизационного отжига для устранения ликвации;
- многоступенчатое старение для достижения оптимального баланса прочности и пластичности;
- введение циркония (Zr) для измельчения зерна.

2.3. Титановые сплавы для экстремальных условий.

Созданы свариваемые титановые сплавы (ВТ-20, ПТ-3В) с:

- высокой удельной прочностью ($\sigma_{\text{в}}/\rho \geq 30$ кН·м/кг);
- коррозионной стойкостью в морской воде;
- работоспособностью при температурах до 400 °С.

3. Влияние разработок на современное строительство.

3.1. Мостостроение.

Разработанные Горыниным стали заложили основу для крупнейших мостовых переходов:

- вантовые мосты с пролётами около 1000 м;
- эстакады в сейсмически активных регионах;
- мосты в условиях Крайнего Севера.

Преимущества:

- снижение металлоёмкости на 15—20% за счёт повышенной прочности;
- увеличение срока службы до 70—100 лет;
- возможность монтажа при отрицательных температурах.

3.2. Высотное и промышленное строительство.

Применение высокопрочных сталей позволило увеличить высоту небоскрёбов при сохранении устойчивости; создавать большепролётные конструкции (стадионы, аэропорты); проектировать здания в зонах повышенной сейсмической активности.

Использование сталей типа 10ХСНД в каркасах высотных зданий обеспечивает снижение веса конструкции на 10—15%, повышение жёсткости на 25%, увеличивает устойчивость к циклическим нагрузкам.

3.3. Инфраструктурные объекты.

Разработки нашли применение в трубопроводах большого диаметра (стойкость к гидроударам), платформах для добычи углеводородов в Арктике, защитных сооружениях от стихийных бедствий.

4. Научные методы и подходы, заложенные Горыниным.

И. В. Горынин сформировал целостную методологию создания конструкционных материалов:

- Системный подход — учёт взаимосвязи состава, структуры и свойств.
- Компьютерное моделирование — расчёт фазовых превращений и напряжений.
- Экспериментальная верификация — испытания на моделях и натуральных образцах.
- Междисциплинарность — синтез металлургии, физики твёрдого тела и механики.

5. Современное развитие идей Горынина.

Наследие учёного продолжает развиваться в следующих направлениях:

- наноматериалы — введение нанодисперсных упрочнителей;
- аддитивные технологии — 3D-печать металлоконструкций;
- интеллектуальные материалы — сплавы с эффектом памяти формы;
- экологичные технологии — снижение энергозатрат при производстве.

Заключение.

И.В. Горынин стал основоположником арктического материаловедения, его разработки относятся к «прорывным технологиям», которые определяют лидирующие позиции российской науки и техники. В первую очередь, сегодня — это стали с индексом ARC — арктические.

В результате многолетних исследований ученые ЦНИИ КМ «Прометей» создали корпусные стали особой прочности, трубы, которые имеют 25-летнюю

гарантию безаварийной работы в условиях низких температур. Испытания показали подавляющее конкурентное преимущество отечественной стали перед зарубежными аналогами, в том числе производства Германии, Японии и др.

И.В. Горынин — автор 8 монографий, свыше 500 опубликованных научных трудов и 204 изобретений.

Библиографический список

1. Горынин, И. В. Высокопрочные свариваемые алюминиевые сплавы / И. В. Горынин. — Москва : Металлургия, 1985.
2. Горынин, И. В. Конструкционные материалы ядерных реакторов / И. В. Горынин, В. А. Малышевский. — Санкт-Петербург : Политехника, 1992.
3. Научные труды И. В. Горынина. Сборник. — Санкт-Петербург : ЦНИИ КМ «Прометей», 2016.
4. Материалы конференций «Современные конструкционные материалы». — Санкт-Петербург, 2020—2024.
5. Статьи в журналах «Металлы», «Деформация и разрушение материалов».

В статье рассмотрены основные изменения в сфере охраны труда в Российской Федерации в 2025 году. Проанализированы требования к системе управления охраной труда, оценке профессиональных рисков, обучению работников, обеспечению средствами индивидуальной защиты и ведению документации. Отдельное внимание уделено развитию риск-ориентированного подхода и профилактических форм государственного контроля.

Ключевые слова: охрана труда, профессиональный риск, система управления охраной труда, обучение по охране труда, средства индивидуальной защиты, государственный контроль.

М. В. Миронов,
доцент кафедры ТТМиО;
И. Н. Полина,
доцент кафедры ЛХиЛПТ
(Сыктывкарский лесной институт)

ИЗМЕНЕНИЯ В ОХРАНЕ ТРУДА В 2025 ГОДУ

В 2025 году развитие охраны труда в Российской Федерации в целом продолжает ранее сформировавшееся направление, связанное с усилением профилактической составляющей и более широким использованием цифровых инструментов [1, 2, 3]. Изменения затрагивают как нормативно-правовую базу, так и практику государственного контроля и надзора. В итоге это отражается в подходах работодателей к организации работы в области безопасности труда.

1. Изменения в нормативных правовых актах.

Одним из ключевых направлений стало уточнение требований к функционированию системы управления охраной труда (СУОТ) на уровне организации [2, 3]. При этом оценка профессиональных рисков фактически была закреплена в качестве одного из центральных элементов всей системы СУОТ. В действующих нормативных документах внимание уделяется не только самому факту проведения оценки рисков, но и необходимости ее регулярного пересмотра. Это связано с тем, что условия труда, используемое оборудование и технологические процессы могут изменяться, иногда достаточно быстро, что требует своевременной корректировки ранее принятых решений.

Сохраняют свое значение положения, установленные Постановлением Правительства РФ № 2464 [4], регламентирующим порядок обучения по охране труда. Вместе с тем в 2025 году заметно усилилась практическая направленность обучения [2]. Были уточнены требования к программам, процедурам проверки знаний, а также к ведению реестров обученных лиц. Теперь допускается более широкое применение дистанционных форм обучения, однако при этом отдельно оговаривается необходимость обеспечения достоверной идентификации обучаемых и фиксации результатов обучения, что на практике требует использования соответствующих технических решений.

В части обеспечения работников средствами индивидуальной защиты была усилена взаимосвязь между результатами оценки профессиональных рисков и нормами их выдачи [3]. Фактически теперь это означает, что работодатель должен учитывать конкретные условия труда и факторы производственной среды при выборе средств защиты, а не ограничиваться применением типовых отраслевых норм. В ряде случаев это может приводить к пересмотру ранее принятых решений по обеспечению СИЗами.

Отдельного внимания заслуживает уточнение требований к документированию процессов охраны труда. Были конкретизированы подходы к разработке и пересмотру локальных нормативных актов, включая инструкции по охране труда [1]. При этом увеличилась роль внутреннего контроля за соблюдением установленных требований, что требует от организаций более систематизированной работы с документацией, в том числе ее актуализацию.

2. Изменения в области контроля и надзора.

В сфере государственного контроля и надзора в 2025 году была продолжена реализация риск-ориентированного подхода, закрепленного в Федеральном законе № 248-ФЗ [5]. Характер и периодичность контрольных мероприятий по-прежнему зависят от категории риска, присвоенной работодателю, а также от наличия и характера ранее выявленных нарушений. При этом заметно усилилась роль профилактических мероприятий [1; 2]. С марта 2025 года надзорные органы активно используют такие формы взаимодействия, как профилактические визиты, консультирование и информирование работодателей. Подобный подход ориентирован на предупреждение нарушений еще до проведения проверок, что позволяет в ряде случаев снизить количество административных мер воздействия.

Одновременно продолжилась и цифровизация контрольно-надзорной деятельности [1]. Был расширен перечень использования государственных информационных систем, с помощью которых осуществляется учет сведений о прохождении обучения работниками, а также выполнение обязательных процедур в области охраны труда, что способствует прозрачности деятельности работодателей и в определенной степени упрощает взаимодействие с контролирующими органами.

Следует также отметить и изменение подходов к формированию доказательной базы при проведении проверок. Теперь в большей степени оценивается фактическое состояние условий труда, результаты оценки профессиональных рисков и эффективность реализуемых мероприятий по снижению риска [2, 3]. Наличие документов без их практической реализации будет рассматриваться как недостаточное.

Таким образом, изменения, реализуемые в 2025 году, отражают переход системы охраны труда от преимущественно формального соблюдения требований к более содержательному управлению профессиональными рисками, где в центре внимания оказывается не только оформление документации, но и реальное обеспечение безопасности работников.

Библиографический список

1. Новости в сфере социально-трудовых отношений. — URL: https://kraadm.gosuslugi.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/sotsialno-ekonomicheskoe-razvitie/sotsialno-trudovye-otnosheniya/novosti_1788.html (дата обращения: 13.04.2026).
2. Охрана труда в 2025 году : новые требования, штрафы и практические рекомендации. — URL: <https://www.mostrudexpert.ru/infocentr/ohrana-truda-v-2025-godu-novye-trebovaniya-shtrafy-i-prakticheskie-rekomendatsii/> (дата обращения: 13.04.2026).
3. Законодательство по охране труда: главные изменения в 2025 году. — URL: <https://journal.ecostandard.ru/ot/razbor-zakonodatelstva/zakonodatelstvo-po-okhrane-truda-glavnye-izmeneniya-v-2025-godu/> (дата обращения: 13.04.2026).
4. О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда : постановление Правительства РФ от 24.12.2021 № 2464 // Собрание законодательства РФ. — 2022. — № 1 (ч. II). — Ст. 171.
5. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации : Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 2020. — № 31 (ч. I). — Ст. 5007.

В статье рассматривается развитие ТИМ-технологий в строительной отрасли, актуальность подготовки молодых специалистов, владеющих соответствующими методами, технологиями, программами. Приведены примеры расширения обучения студентов ТИМ-технологиям в высших учебных заведениях Российской Федерации.

В ходе исследования рассмотрены: современное определение понятий по ТИМ, используемых в нормативных документах; развитие нормативной базы по ТИМ-технологиям; влияние ТИМ-технологий на современное строительство; актуальность обучению в высших учебных заведениях ТИМ-технологиям.

Ключевые слова: BIM-технологии, Технология информационного моделирования (ТИМ-технология), обучение студентов ТИМ-технологиям.

Ж. Ф. Никифорова,
преподаватель
(Сыктывкарский лесной институт)

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЫКТЫВКАРСКОМ ЛЕСНОМ ИНСТИТУТЕ (КАКИЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ НАВЫКИ ПО ТИМ ДОЛЖЕН ИМЕТЬ СТУДЕНТ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ВУЗА)

Введение.

Изучение технологии информационного моделирования (ТИМ) объектов капитального строительства в любом строительном институте РФ является актуальной темой по многим причинам. Такими причинами можно назвать то, что ТИМ-технологии консолидируют разрозненные данные обо всех составляющих частях объекта капитального строительства, позволяют отслеживать все текущие изменения и оперативно актуализировать информацию по объекту. В результате это дает возможность каждому специалисту, задействованному в процессе проектирования, согласования, строительства, а также последующих этапах (эксплуатации, ремонта, в некоторых случаях реставрации), получать доступ ко всей необходимой информации вне зависимости от специализации, целей, задач. В настоящее время в Сыктывкарском лесном институте студентами изучаются следующие предметы: «Компьютерная графика», «Управление проектами в строительстве», «Автоматизированные расчеты сооружений».

На сегодняшний день данное направление актуально и достаточно востребованно в строительной области. Но, к сожалению, представители студенчества СЛИ не участвуют в семинарах, конференциях, форумах, конкурсах, проводимых в стране с целью привлечения молодежи к изучению ТИМ-технологий.

1. Определение понятий по ТИМ, используемых в нормативных документах.

Рассмотрим понятия BIM и ТИМ, применяемые сегодня в строительной отрасли. В международной методологии термин BIM обозначает и саму модель, и одновременно процесс ее создания/изменения. На территории РФ принято, что под аббревиатурой BIM подразумевают процесс или технологию создания/изменения модели, под термином BIM-модель — саму модель какого-либо объекта. В российском законодательстве и нормативно-технических документах вместо BIM в значении «процесс создания/изменения» применяют термин ТИМ (Технология информационного моделирования), а вместо термина BIM-модель — ЦИМ (Цифровая Информационная модель). Таким образом:

- **BIM** (Building Information Modeling) — методология проектирования и строительства, основанная на работе с цифровой моделью объекта. Она объединяет геометрию, параметры и взаимосвязи элементов в единую структуру, позволяя участникам проекта работать в общей информационной среде. Информационная модель в BIM отражает все характеристики объекта: геометрию, материалы, инженерные решения, энергоэффективность, стоимость.

- **Технология информационного моделирования** — способ преобразования информации об объекте капитального строительства в информационную модель/модели ОКС путем построения взаимосвязей внутри и между различными информационными частями посредством использования среды общих данных.

- **Информационная модель** объекта капитального строительства (далее — информационная модель) — совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства (статья 1, п.10.3 Градостроительного кодекса РФ).

- **Цифровая информационная модель объекта капитального строительства** — совокупность взаимосвязанных инженерно-технических и инженерно-технологических данных об объекте капитального строительства, представленных в цифровом объектно-пространственном виде.

- **Инженерная цифровая модель местности** — совокупность взаимосвязанных инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических данных, инженерно-геотехнических данных и данных о территории объекта капитального строительства, представленных в цифровом виде для автоматизированного решения задач управления процессами на жизненном цикле объектов капитального строительства.

- **Цифровая информационная модель (трехмерная модель)** — электронный документ в составе информационной модели объекта капитального строительства (ИМ ОКС), представленный в цифровом объектно-пространственном виде.

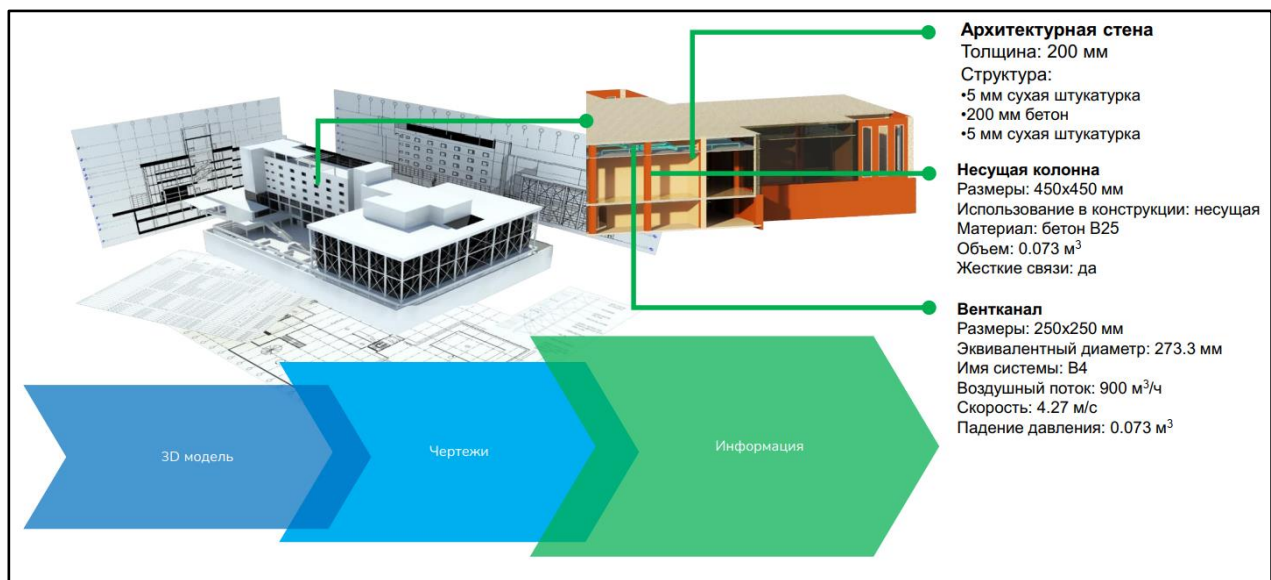


Рис. 1. Цифровая информационная модель объекта капитального строительства, состоящая из 3D-моделей, 2D-чертежей и текстовых разделов документации, информации по объекту

Градостроительный кодекс РФ вводит в оборот термин информационной модели капитального строительства. Это модель, которая отражает весь жизненный цикл объекта — от изысканий, строительства до вывода объекта в эксплуатацию, и далее до последующего сноса/демонтажа объекта. Согласно статье 57.5 Градостроительного кодекса РФ, устанавливаются лица, обеспечивающие формирование и ведение информационной модели, устанавливаются правила формирования и ведения информационной модели.

- **Среда общих данных (СОД)** — комплекс программно-технических средств, представляющих единый источник данных, обеспечивающий совместное использование информации всеми участниками инвестиционно-строительного проекта.

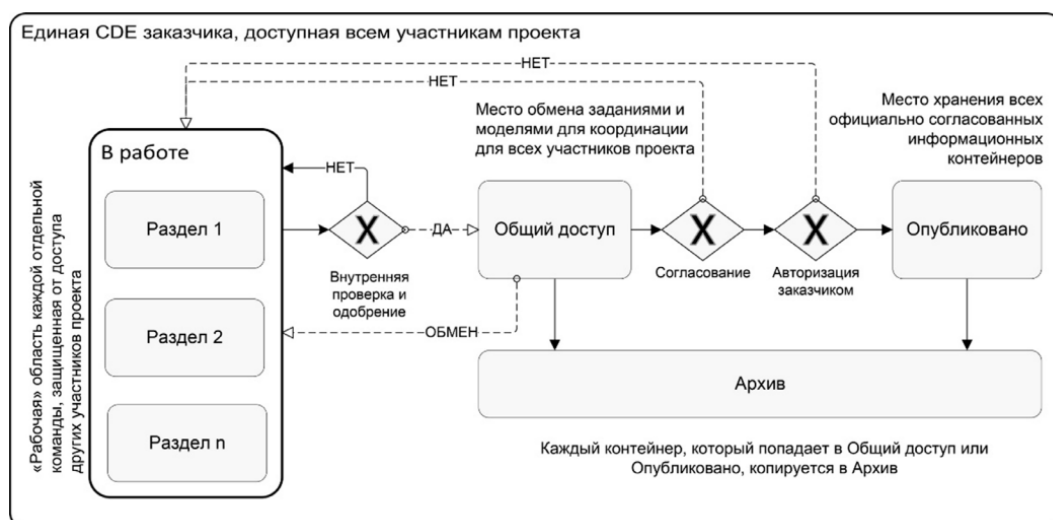


Рис. 2. Пример схемы среды исходных данных из Свода правил «BIM-стандарт» Нанософт

2. Развитие нормативной базы по ТИМ.

На данный момент в развитие требований Градостроительного кодекса РФ в строительной отрасли развивается большое количество нормативных документов по ТИМ, как общероссийских, так и субъектов Российской Федерации, ведомственных сводов правил и рекомендаций. Например:

1. УГЭ.ЦИМ-1.0 «Требования к цифровым информационным моделям объектов капитального строительства, представляемым для проведения экспертизы», г. Киров, 2024 год.

2. «Методика формирования требований к цифровой информационной модели ОКС», г. Москва, 2023 год.

3. «Методика формирования требований к цифровым информационным моделям линейных ОКС. Наружные инженерные сети», г. Москва, 2024 год.

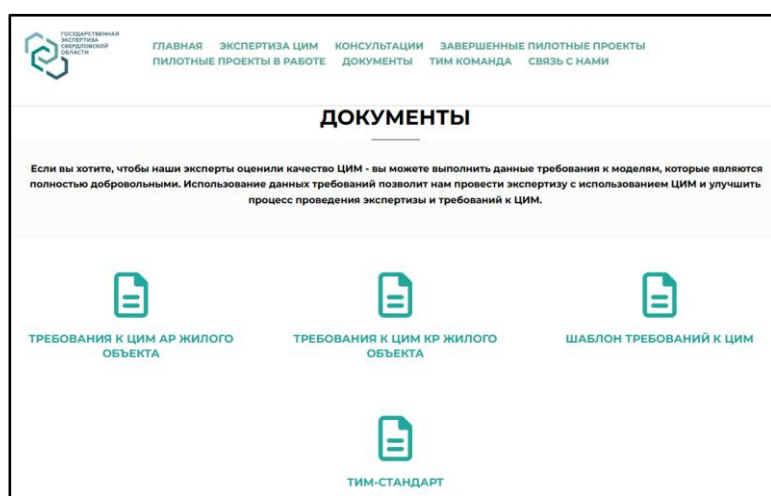


Рис. 3. Сайт Госэкспертизы Свердловской области

На официальном сайте Минстроя России в разделе «Деятельность», вкладка «Технологии информационного моделирования» размещены актуальная информация и документы, применяемые в строительной отрасли, в частности:

- Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 года № 331, согласно которому с 1 января 2022 года при заключении договора о подготовке проектной документации для строительства, реконструкции, финансируемого с привлечением бюджетных средств, формирование и ведение информационной модели объекта становится обязательным для:

- заказчика,
- застройщика,
- технического заказчика,
- лица, обеспечивающего или осуществляющего подготовку обоснования инвестиций,



Рис. 4. Титульный лист документа «Методика формирования требований к цифровым информационным моделям линейных ОКС Наружные инженерные сети», г. Москва, 2024 год

- лица, ответственного за эксплуатацию объекта капитального строительства.

- Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431, которым утверждены Правила формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, а также требования к составу сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель.

- Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов» от 17.05.2024 № 614, введены в действие Правила формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства и состав сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель.

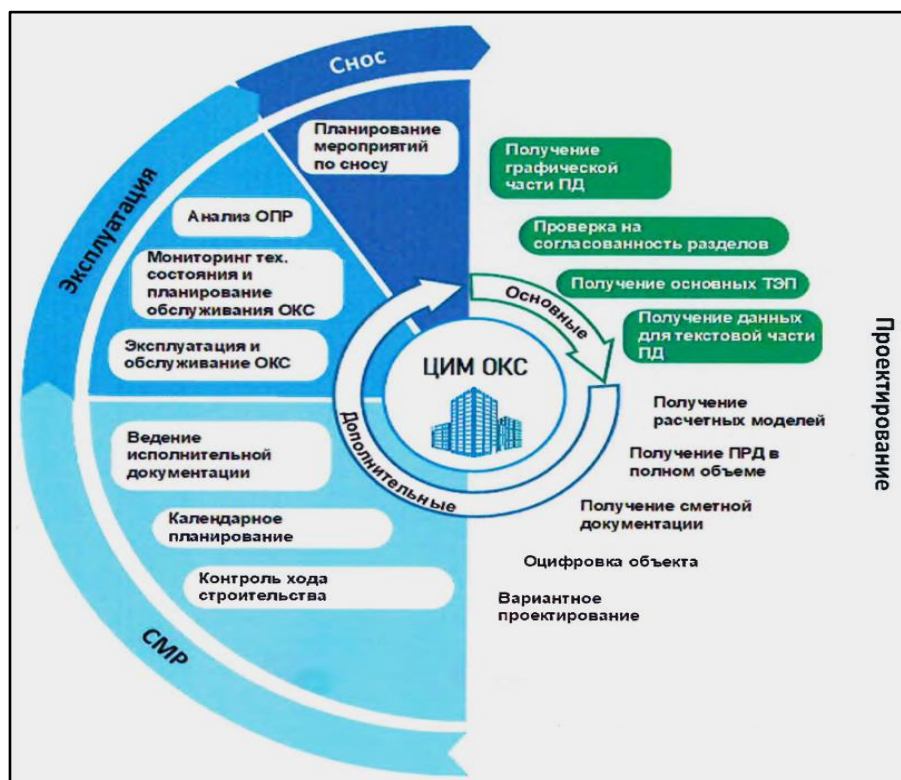


Рис. 5. Цели разработки Цифровой Информационной модели (ЦИМ) жизненного цикла ОКС согласно документу «Методика формирования требований к цифровой информационной модели ОКС», г. Москва, 2023 год

Следовательно, предъявляются новые требования к инженеру-строителю, в том числе и к молодым специалистам, выпускникам высших учебных заведений.

3. Новые требования к инженеру, в том числе к инженеру-строителю, предъявляемые современностью.

В настоящее время наблюдаются процессы быстрого роста информатизации и цифровизации строительной отрасли. Развивающиеся технологии информационного моделирования (ТИМ) изменяют строительную отрасль, так как обеспечивают техническую поддержку на всех этапах жизни объекта ОКС: проектирование, производство строительных материалов, управление строительством, управление эксплуатацией.

Преимущество применения ТИМ-технологий заключается и в преодолении разрозненности этапов традиционного строительства, объединении информации об объекте на всех стадиях. Применение информационного моделирования в строительстве позволяет использовать ресурсосберегающие технологии, способствует более быстрому развитию и широкому применению инноваций.

Чтобы ТИМ начал работать и приносить измеримую пользу, необходимо менять процессы, требования, управление, экономику проектов и подходы к подготовке специалистов.

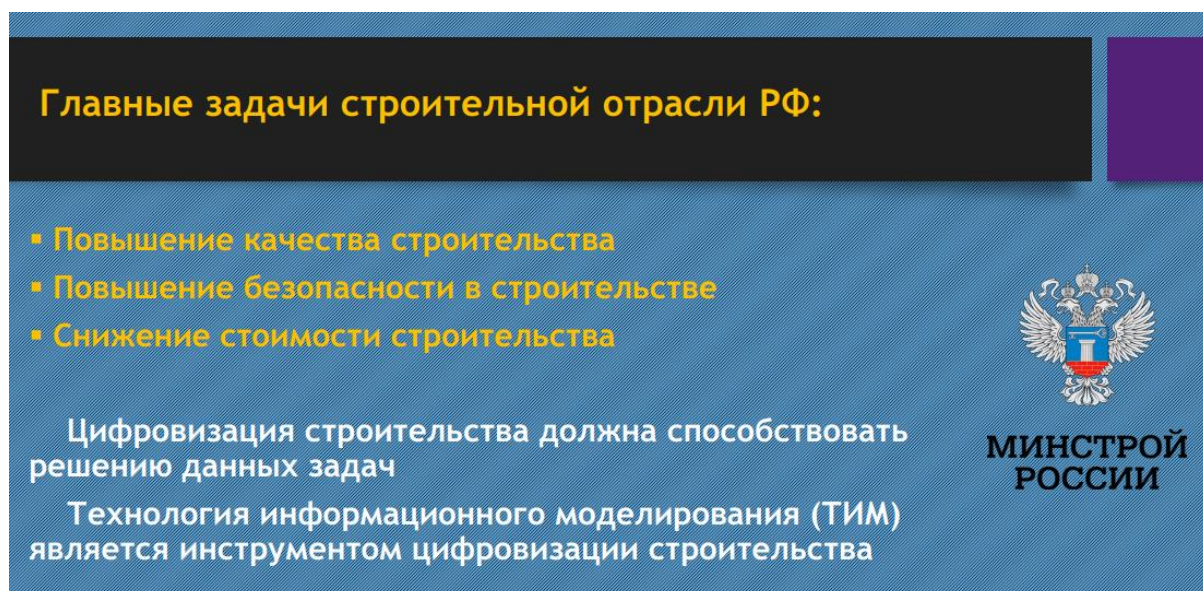


Рис. 6. Сообщение представителя Минстроя России на Уральских ТИМ-чтениях, г. Екатеринбург

4. Опыт обучения студентов ТИМ-технологиям. Практическое применение полученных знаний в конкурсах, семинарах, конференциях.

Во многих высших учебных заведениях, готовящих будущих работников строительной отрасли, преподают предметы, позволяющие студентам изучить мир ТИМ-технологий. Например, это такие предметы, как: «Информационное моделирование в строительстве (ВИМ-технологии)»; «Техническое сопровождение информационного моделирования объекта капитального строительства»; «Строительное информационное моделирование»; «Информационное моделирование в строительстве (ТИМ)», «Информационные технологии, блок ВИМ-технологии».

Согласно рабочим программам, ТИМ-технологии изучаются и в колледжах, существующих при высших учебных заведениях. Техник-строитель, согласно программам профессионального обучения, должен иметь навыки работы с информационными моделями объекта капитального строительства, в том числе:

- адаптации настройки программного обеспечения под стандарты и регламенты;
- анализ задания на разработку контента электронных справочников, библиотек и баз данных для информационного моделирования ОКС;
- выполнение наполнения электронных справочников и баз данных для многократного использования при информационном моделировании ОКС;
- формирование компонент информационной модели ОКС с заданными параметрами и уровнем проработки;
- составление инструкции по автоматизированному решению задач информационного моделирования ОКС.

Техник-строитель, согласно программам профессионального обучения, должен уметь создать информационную модель, в том числе:

- моделировать плоскую и пространственную геометрию компонентов информационной модели ОКС и аннотационную информацию;
- создавать и настраивать необходимые свойства и атрибуты компонентов информационной модели ОКС;
- формировать и представлять необходимые наборы данных элементов информационной модели ОКС.

Студенты выполняют координацию и адаптацию этапов жизненных циклов информационной модели объекта капитального строительства (работа с форматами представления данных, форматами обмена данными, работа с системами классификации компонентов информационной модели ОКС, с системами классификации и кодификации ресурсов в сфере строительства).

Студенты колледжа проходят программы: Renga (Architecture, Structure, MEP), Pilot-ICE Enterprise, Artisan Rendering, ЛИРА-САПР, Graphisoft Archicad.

Аналогичные рабочие программы для специальности «08.04.01 Строительство» разработаны во многих институтах: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Сибирский федеральный университет, вузах Москвы, Нижнего Новгорода, Краснодар, Владивостока и других.

По окончании курса по информационному моделированию в строительстве студенты должны уметь ответить на следующие вопросы:

1. Каковы методы коллективной работы над проектом?
2. Что такое ТИМ и информационная модель объекта капитального строительства?
3. Этапы работы над информационной моделью объекта капитального строительства.
4. Перспективы развития цифрового моделирования.

5. Основные этапы развития ТИМ технологии, основные преимущества использования цифровых моделей.

6. Что такое среда общих данных? Что такое геометрические данные, открытые форматы обмена данными?

7. Основная нормативно-техническая документация, регламентирующая использование ТИМ в России.

8. Особенности формулирования технического задания на ТИМ-модель.

9. Какие программные продукты необходимо использовать, чтобы создать информационную модель объекта капитального строительства?

10. Основные отличия CAD и ТИМ подходов.

11. Основные задачи применения информационного моделирования.

12. Какие функции заказчика? Возможные требования заказчика к информационным моделям?

13. Что такое инвестиционно-строительный проект? Что такое инженерно-информационная модель?

14. Что такое план реализации проекта с использованием информационного моделирования?

15. Порядок и методика планирования проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования.

16. Требования к составу и содержанию разделов плана реализации проекта с использованием информационного моделирования.

17. Основные требования к обмену информацией.

18. Основные требования к ресурсам, обеспечивающим информационное моделирование.

19. Основные требования к процедурам контроля процесса информационного моделирования и качеству цифровых информационных моделей.

20. Что такое атрибутивные данные?

21. Что такое выявление коллизий?

22. В чем разница между цифровой информационной моделью и информационной моделью?

23. Задачи применения информационного моделирования при изысканиях и проектировании.

24. Задачи применения информационного моделирования при строительстве.

25. Задачи применения информационного моделирования при эксплуатации.

26. Требования к составу и уровням проработки элементов модели для различных стадий жизненного цикла.

По курсу информационного моделирования в строительстве студенты специальности «08.04.01 Строительство» проходят программы: Revit, Renga (Architecture, Structure, MEP), Pilot-BIM, Navisworks Simulate, Smeta WIZARD, «BIM WIZARD» и другие.

Роль вуза в обеспечении технологического суверенитета в области ТИМ



Рис. 7. Титул презентации Института архитектуры, строительства и дизайна (ИАСиД)

По курсу по информационного моделирования выпускаются учебники, методические указания, проходят семинары, проводятся конкурсы.

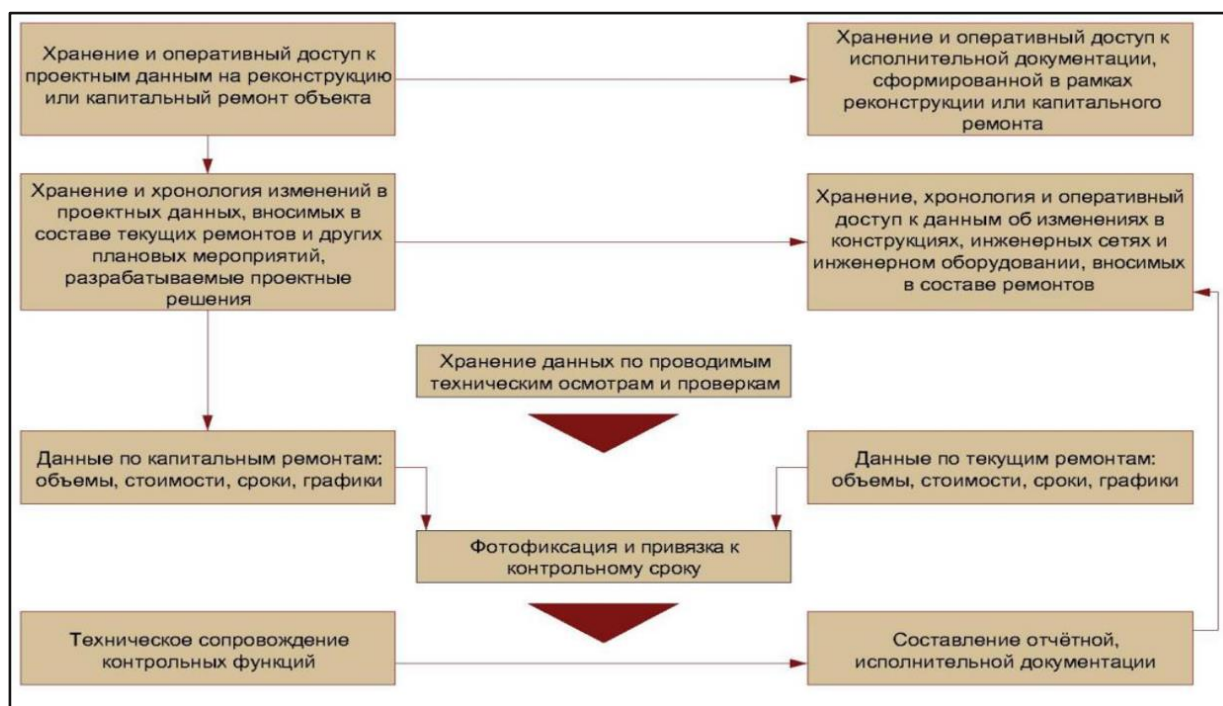


Рис. 8. Схема из учебника «BIM технологии» Е.В. Шестопалова

Проводятся международные практические конференции, семинары и другие мероприятия на базе высших учебных заведений.

23 октября 2025 года в Красноярске на базе Сибирского федерального университета (<https://t.me/SibFUofficial>) состоялось масштабное и значимое событие — семинар руководителей центров технологий информационного моделирования строительных вузов России (<https://t.me/bukvamioscifre/8393?single>).

Этот семинар прошел в рамках большого объединенного заседания трех ключевых структур, определяющих будущее строительного образования в стране: Правления Ассоциации строительных вузов, Президиума Федерального учебно-методического объединения и Совета отраслевого консорциума «Строительство и архитектура».

Одним из выводов семинара стало обозначение следующей проблемы: со стороны высшего образования есть оторванность от реальных требований рынка и сложности с внедрением отечественного софта в учебный процесс.

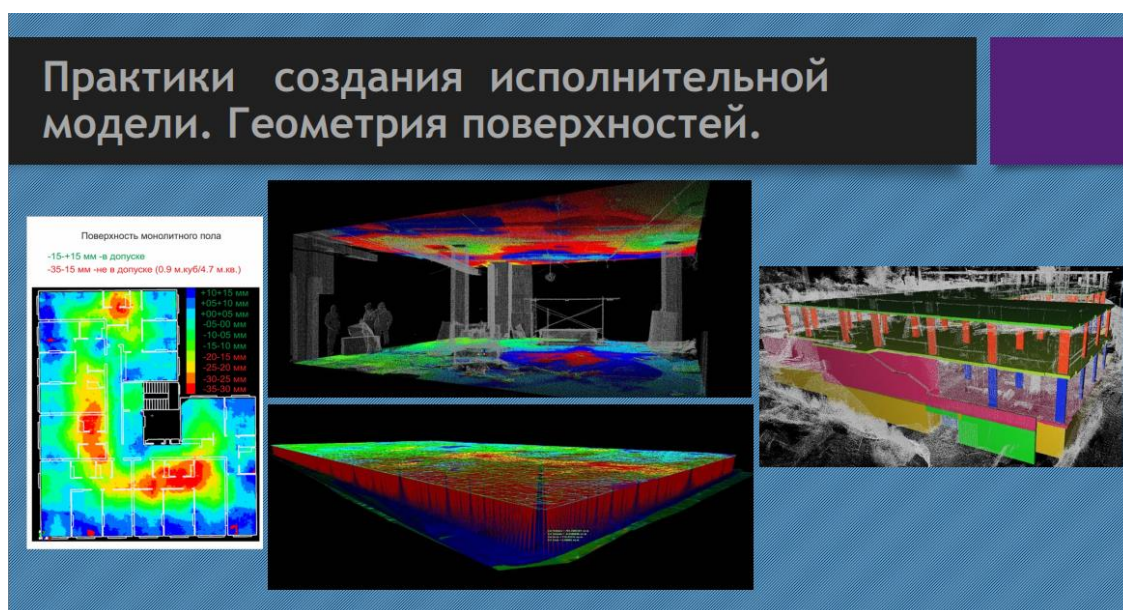


Рис. 9. Примеры студенческих работ. Уральские ТИМ чтения, г. Екатеринбург

<i>Захарова Г. Б.</i> Формирование ИТ-компетенций у студентов-архитекторов через участие в научно-исследовательской лаборатории.	310
<i>Карманова М. М., Машкин О. В., Шестеров М. А.</i> Методика обучения инженеров-строителей разработке скриптов для Renga на языке Python	316
<i>Ращепкин А. А.</i> Технологии VR в образовательном процессе и при работе с BIM-моделями	325
<u>ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ</u>	
<i>Баденко Г. В., Мохирева А. О., Карташов М. А.</i> Автоматизация построения онтологий для представления нормативных документов в промышленно-гражданском строительстве с применением нейросетей	330
<i>Байдина И. А.</i> Методика автоматизации проектирования путем написания плагинов для наполнения информационной модели атрибутивной информацией	338
<i>Володин Д. С., Нижегородцев Д. В.</i> Интеграция BIM-технологий в архитектурные решения метрополитенов: практический опыт проектирования в структуре мегаполиса.	348
<i>Ворожцов Г. Д., Букунова О. В.</i> Разработка программы для расчета теплотерь здания с использованием Dynamo	355
<i>Джураев Ф. М.</i> Расчет объема утеплителя в зонах пересечения инженерных и строительных элементов в среде информационного моделирования	363
<i>Елисеев Е. А.</i> О возможностях технологии BIM для автоматизации проектирования мостовых сооружений.	372

Рис. 10. Примеры тем докладов из сборника
«Материалы VIII Международной научно-практической конференции
«Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры»,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(СПбГАСУ), 2025 год

В рамках обучения ТИМ-технологиям в Сибирском федеральном университете (СФУ), Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИРНИТУ) студентами изучается российское ПО (Renga, NanoCAD, Model Studio CS и др.). Примеры работ студентов были рассмотрены на семинаре руководителей центров технологий информационного моделирования.

В Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете (ННГАСУ) проводится ежегодно «ТИМ-чемпионат ННГАСУ» с актив-

ным вовлечением студентов (презентации, конкурсные работы, доклады об инновациях и изобретениях по ТИМ), проходят форумы «Строитель будущего» с привлечением старшеклассников.

ННГАСУ

ТИМ-Чемпионат ННГАСУ 2025: Готов к новому вызову?

Тебе интересна сфера строительства и проектирования?

- ▶ Мечтаешь освоить новые программы и прокачать навыки?
- ▶ Надоело скучать, хочешь действовать?
- ▶ Уверен, что знаешь свой предмет лучше преподавателя?
- ▶ Горишь желанием испытать себя, но страх останавливает?

На все эти вопросы есть ответ — **ТИМ-Чемпионат!**

Всего за пару недель ты с командой:

- ✔ Создашь полноценный проект с нуля.
- ✔ Поднимешь детализированную 3D-модель.
- ✔ Найдешь единомышленников.

«А что, если я не справлюсь?»
Так думает каждый новичок. Но именно здесь можно ошибиться, учиться и побеждать!

ННГАСУ

Регистрация до 7 ноября 2025

ТИМ-юниоры | Стань инженером будущего

Технологии информационного моделирования, создание цифровых двойников, виртуозное использование ИИ — это лишь часть насыщенной образовательной программы

Тебя ждет:

- ▶ до 10 дополнительных баллов к ЕГЭ
- ▶ удостоверение о первой профессии
- ▶ гибкий график обучения
- ▶ клуб единомышленников

Кому подойдет:

- ▶ школьники 8-11 классов
- ▶ Студенты СПО 1-4 курсов

ЭТО ТИМ УМСЯ?

Стань инженером будущего вместе с ТИМ-юниорами

ННГАСУ и АО «Атомэнергoproject» реализует бесплатный образовательный онлайн-проект «ТИМ-юниоры».

Технологии информационного моделирования, создание цифровых двойников, виртуозное использование ИИ — это лишь часть насыщенной полугодовой образовательной программы.

Принять участие в нем могут школьники 8-11 классов и студенты 1-4 курсов, получающих среднее профессиональное образование.

Обучение проходит в онлайн-формате и также дает шанс получить:

- ▶ до 10 дополнительных баллов ЕГЭ;
- ▶ первую официальную профессию;
- ▶ уникальную профориентационную диагностику.

Регистрация доступна до 7 ноября.

Вперед к новым знаниям!

Рис. 11. Примеры рекламных сообщений Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета

В рамках «ТИМ-чемпионата ННГАСУ» студент бакалавриата (2—3 курс) получает фундамент знаний по ТИМ и системное мышление, учится основам работы с информацией и проектом как с единой системой. В результате отрабатываются конкретные умения:

- работа с иерархической структурой ТИМ-модели, где каждый элемент имеет свое место и свойства;
- умение «читать» модель и сопоставлять ее с реальными проектными решениями;
- выявление причинно-следственных связей: ошибка в модели — это следствие ошибки в логике проектировщика.

Студенты следующих курсов проходят обучение работе с междисциплинарными задачами и управлению проектными рисками, получают умения:

- умение согласовывать модели разных разделов (архитектура, конструкции, ОВК) и находить противоречия до начала строительства.
- настройка автоматического подсчета объемов материалов, что требует глубокого понимания модели и ее параметров.
- рассмотрение задачи не изолированно, а в контексте всего проекта.

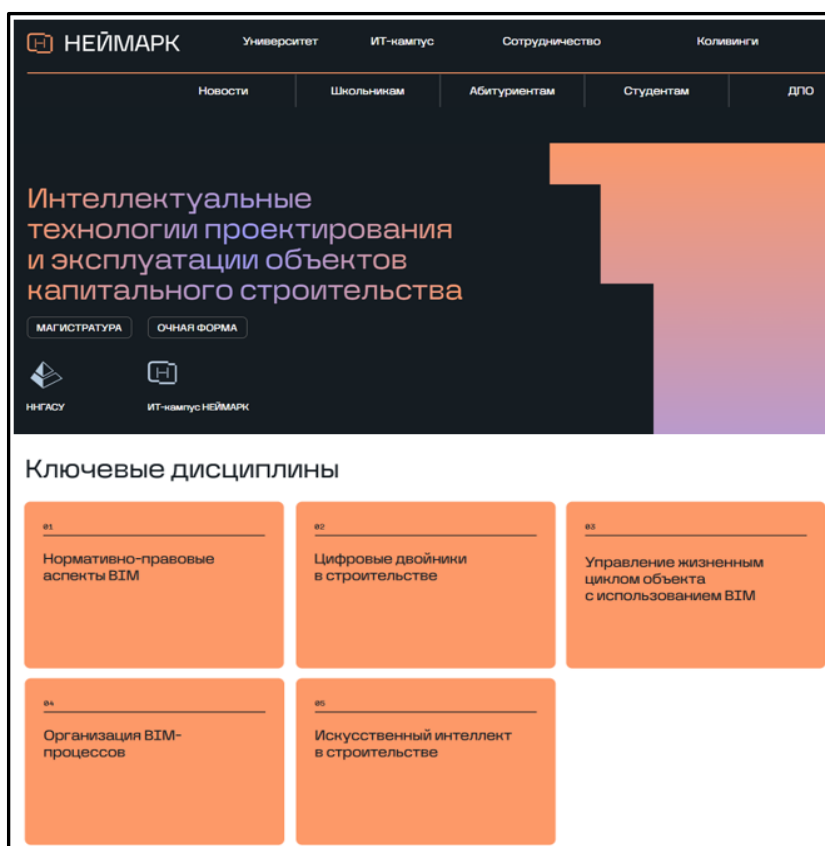


Рис. 12. Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет НЕЙМАРК», сотрудничающая с Нижегородским государственным архитектурно-строительным университетом

Хотелось бы отметить, что такая активная жизнь по изучению ТИМ-технологий проходит во многих высших учебных заведениях. Например, в ФГБОУ ВО СПбГАСУ на базе Федеральной инновационной площадки проходят конференции «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли».

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (НГАСУ-СИБСТРИН) активно участвовал в проходившей с 12 февраля 2026 года в городе Новосибирске «Сибирской строительной неделе», в том числе в BIM DAY 2026.

НГАСУ (Сибстрин) участвует в Международном форуме «Сибирская строительная неделя 2026»

11:53, 12 февраля 2026

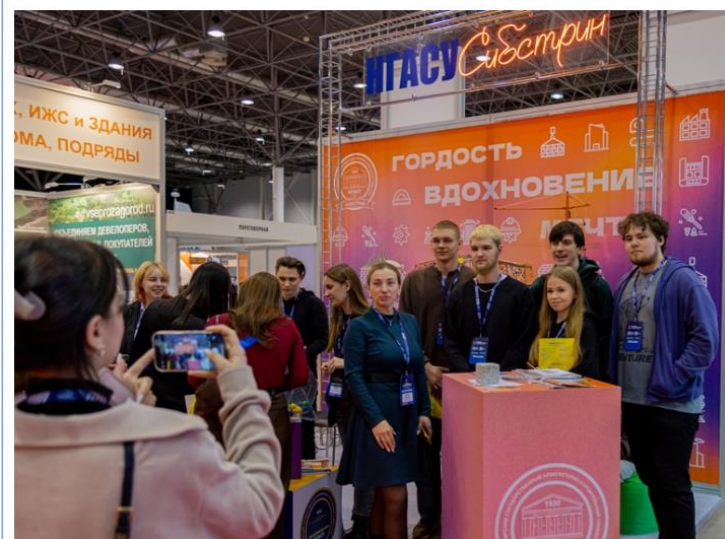


Рис. 13. Сообщение на сайте Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета

В Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете им. С.М. Кирова на кафедре компьютерного моделирования и компьютерной графики для студентов специальности «08.03.01 Строительство» проводится изучение предметов:

- применение информационных технологий при проектировании зданий;
- и технологии в архитектуре.

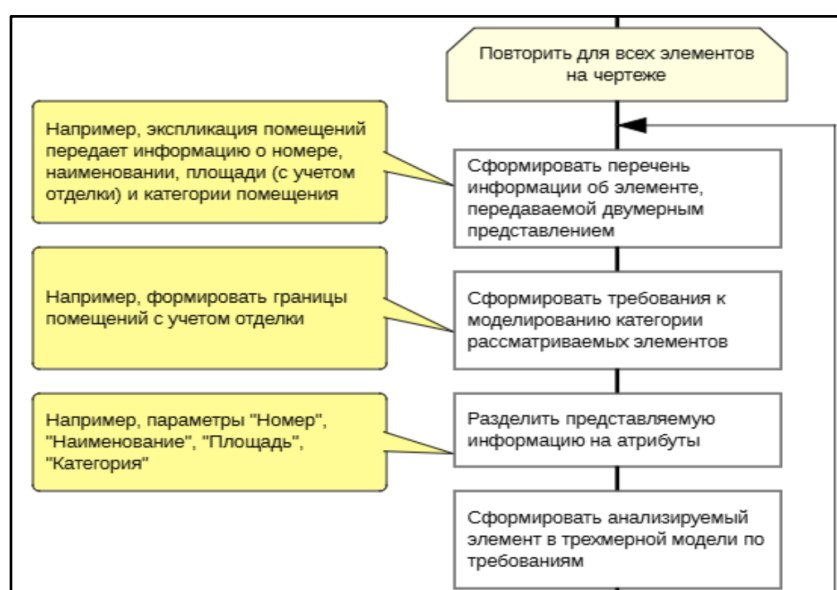


Рис. 14. Вырезка из схемы «Алгоритм переноса информации из двумерного представления в геометрическую и атрибутивную информацию ЦИМ ОКС»

На сегодняшний день выпускник института, молодой специалист строительной отрасли, должен обладать знаниями и умениями инженера-проектировщика, работающего с информационными моделями:

- создание контента; разработка пользовательских 3D-объектов, отсутствующих в базовых библиотеках, а также создание семантических объектов (3D-модель + атрибуты);

- стандартизация и шаблоны; создание конструкций узлов, шаблонов (атрибутов) и библиотек;

- подсчёт объёмов; создание ВОР (ведомостей объемов работ) по всем видам строительных работ запроектированного здания/сооружения, в том числе определение объёмов земляных работ; предоставление вывода этих данных в форматах *.docx, *.xlsx;

- контроль качества; анализ коллизий (как внутри разделов, так и между ними), проверка взаимного расположения (например, колонн, балок, стен) и сопряжения элементов (внутренние инженерные системы), создание сводной модели, визуальная оценка цифровых моделей;

- умение получить ЦИМ и проверить готовую ЦИМ на соответствие заданию на проектирование.

В эти навыки входят умения связать 2D-объекты на электронных чертежах с элементами 3D-модели, связать табличные данные (ведомости и спецификации) с элементами модели; обеспечить возможность просмотра видов (разрезов, сечений) в пространстве модели вместе с аннотациями и штриховками чертежа.

Заключение

Ключевой вывод:

Технологии информационного моделирования (ТИМ) — являются мощным инструментом для развития критического мышления и профессиональных компетенций на всех этапах обучения

Основные результаты:

- ☑ Бакалавриат: освоение структурированного подхода к работе с проектными данными
- ☑ Магистратура: развитие навыков анализа и предупреждения ошибок в междисциплинарных проектах
- ☑ Дипломное проектирование: создание инновационных решений, готовых к внедрению в практику

Наша цель

➔ Сформировать не просто специалистов, а **профессионалов**, готовых к решению сложных задач современного мира.

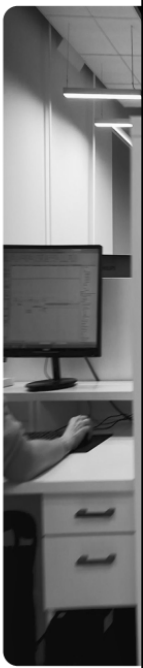


Рис. 15. Выводы из презентации Института проектирования, архитектуры и дизайна (ИНПАД)

Заключение. Предложения по обучению студентов ТИМ-технологиям в Сыктывкарском лесном институте.

В связи с тем, что студентам и молодым специалистам интереснее работать с 3D-моделями, с информационными моделями объекта капитального строительства, необходима подготовка специалистов, способных реализовывать разработку единой информационной среды, способных владеть программным обеспечением. Инженер-строитель должен быстро адаптироваться к предметной области разрабатываемой информационной системы, уметь находить рациональные варианты изменений проектной документации с целью экономической эффективности.

Проблемные вопросы ТИМ
Подготовка специалистов

Реализация ТИМ возможна только при наличии в организациях строительного комплекса специалистов, которые могли бы реализовывать поставленные задачи по внедрению ТИМ.

Подготовка специалистов должна быть разно уровневая:

- на уровне начального профессионального образования
- на уровне среднего профессионального образования,
- на уровне высшего образования: бакалавры, инженеры, магистры.

Вывод. Такой стройной системы подготовки специалистов разного уровня для реализации ТИМ в России не существует.

Предложение. Рекомендуется в рамках системы образования составить реестр таких специалистов, разработать программы подготовки и приступить к ее реализации уже в ближайшее время.

НОСТРОЙ
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ

НОТИМ
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ ТИМ-СПЕЦИАЛИСТОВ

Рис. 16. Слайд из доклада представителя НОПРИЗ на Уральских ТИМ-чтениях, г. Екатеринбург

В связи с вышеизложенным, предлагается ввести в институте новые дисциплины или дополнить существующие компьютерные дисциплины следующими блоками:

- изучение технологии информационного моделирования объектов капитального строительства;
- формирование терминологической грамотности для профессиональной деятельности;
- изучение программных продуктов, обеспечивающих возможность создания информационных моделей объектов капитального строительства;
- изучение основных направлений развития технологии информационного моделирования, формирование навыков;
- формирование мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области использования современных программных продуктов информационного моделирования.

После обретения студентами необходимых навыков следует организовывать участие представителей Сыктывкарского лесного института в конференциях, семинарах, конкурсах по ТИМ-технологиям.

В заключение следует подчеркнуть, что для строительной отрасли ТИМ-технологии — это системная концепция интеграции информации. Она объединяет точные данные всего жизненного цикла здания: от начального проектирования, имитационного анализа и строительства до эксплуатации и обслуживания, предоставляя техническую платформу для управления объектом на всех этапах. Обучение современным, актуальным ТИМ-технологиям должно проходить и в Сыктывкарском лесном институте.

Библиографический список

1. Рабочая программа профессионального модуля ПМ.05 Техническое сопровождение информационного моделирования объекта капитального строительства, 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений», ТИ НИЯУ МИФИ. — URL: https://mephi3.ru/vikon-content/sveden/files/vio/pm.05_rp.pdf
2. Ковалев, А. А. Создание BIM-модели производственного здания в программной среде Autodesk Revit 2021 / А. А. Ковалев, А. С. Краско, В. В. Пирогов, Т. Н. Боровик, В. В. Зуев. — Москва : Издательство: Спутник+, 2021. — 250 с.
3. Шеина, С. Г. Разработка рабочего проекта строительного объекта с использованием технологий информационного моделирования (BIM) / С. Г. Шеина, Л. В. Гиря, Е. Н. Миненко. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2021. — 132 с. — URL: <https://ntb.donstu.ru/content/razrabotka-rabochego-proekta-stroitel'nogo-obekta-s-ispolzovaniem-tehnologiy-informacionnogo-modelirovaniya-bim>
4. Бессонова, Н. В. BIM-проектирование в строительстве. Архитектурное моделирование в Renga : учебное пособие для вузов / Н. В. Бессонова, В. В. Талапов. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 295 с. // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/589951>.
5. BIM технологии : учебное пособие / Е.В. Шестопапов, Е.В. Горякина, А.П. Бурцев, Н.С. Перепелица; Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т. — Курск: ЮЗГУ, 2022. — 317 с.
6. Волкова, Е. М. Информационное и программное обеспечение архитектурно-строительной деятельности : учебное пособие / Е. М. Волкова; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т. — Н. Новгород : ННГАСУ, 2020. — 81 с.
7. Ахметшин, Р. М. Информационное моделирование с применением Renga Architecture : учебное пособие / Р. М. Ахметшин. — Уфа : УГНТУ, 2019. — 133 с.
8. Игнатова, Е. В. Технологии информационного моделирования зданий : учебно-методическое пособие / Е. В. Игнатова, Л. А. Шилова, А. Е. Давыдов. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2019. — 55 с.
9. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (с изменениями на 30 января 2026 года) // СПС «КонсультантПлюс».
10. Об информации, информационных технологиях и о защите информации : Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ // СПС «КонсультантПлюс».
11. Об установлении случаев, при которых застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства (с изменениями на 20 декабря 2022 года) : постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 // СПС «КонсультантПлюс».
12. Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых

в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов: постановление Правительства РФ от 17.05.2024 № 614 // СПС «КонсультантПлюс».

13. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» // СПС «КонсультантПлюс».

14. СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» // СПС «КонсультантПлюс».

15. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» // СПС «КонсультантПлюс».

16. ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений // СПС «КонсультантПлюс».

В современной технологически ориентированной бизнес-среде организации сталкиваются с растущим и разнообразным спектром проблем безопасности данных и систем, киберугрозы постоянно эволюционируют, что обуславливает необходимость разработки и внедрения инновационных и проактивных мер защиты. Эффективное управление информационными рисками становится критически важным для защиты данных, обеспечения непрерывности бизнес-процессов, минимизируя ущерб от кибератак и внутренних угроз. Информационный риск-менеджмент рассматривает управление информационными рисками не как единовременную задачу, а как комплексную, взаимосвязанную систему, охватывающую все аспекты информационной безопасности. Из-за стремительного развития технологий и появления новых киберугроз он требует постоянной адаптации к новым условиям. Это отличает его от более статичных традиционных моделей управления рисками. В статье рассматривается пошаговый алгоритм действий и комплекс эффективных решений по управлению рисками в сфере информатизации, которые помогают принимать правильные и действенные решения для защиты данных и проактивно предотвращать инциденты.

Ключевые слова: информационный риск-менеджмент, управление информационными рисками, риск, культура управления рисками, кибербезопасность, киберугрозы, кибергигиена.

З. С. Омарова,
кандидат экономических наук,
доцент кафедры информационных систем и технологий
(Сыктывкарский лесной институт)

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ: СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Эффективное управление информационными рисками (далее — ИТ-рисками) является критически важным компонентом общей стратегии кибербезопасности и корпоративного управления и включает в себя процесс идентификации, оценки, приоритизации и смягчения рисков, постоянный мониторинг за состоянием информационной среды и реагирование на инциденты, а также адаптацию к меняющемуся ландшафту киберугроз. Это не просто техническая функция, а практический инструмент, направленный на:

- защиту и сохранение критически важных активов (обеспечение безопасности данных клиентов, интеллектуальной собственности, финансовых систем и операционной инфраструктуры);
- поддержание непрерывности бизнеса (минимизация времени простоя и финансовых потерь в случае инцидентов);
- соблюдение нормативных требований (выполнение законодательных норм и отраслевых стандартов (например, № 152-ФЗ [1], № 187-ФЗ [2], нормативы ФСТЭК и Банка России), за нарушение грозят штрафы, судебные иски, блокировки, плановые и внеплановые проверки);

- сохранение репутации и доверия (предотвращение утечек данных и других инцидентов, которые могут подорвать доверие клиентов и партнеров).

Управление ИТ-рисками — это процесс, посредством которого организация стремится снизить риск для своих информационных активов до приемлемого уровня, уделяя особое внимание вероятности неблагоприятных событий, которые могут негативно повлиять на бизнес-процессы, финансы, репутацию или стратегию организации.

Риск может быть определён по-разному и во многом зависит от контекста: его определяют либо через призму вероятности наступления нежелательного события, либо как меру потенциального ущерба/последствий. Традиционно риск определяется «как сочетание угрозы, уязвимости и потенциального воздействия: $\text{Риск} = \text{Угроза} \times \text{Уязвимость} \times \text{Воздействие}$ » [3]. Если любой из множителей равен нулю, то риск также считается нулевым. Например, даже при наличии серьезной угрозы отсутствие уязвимости сводит риск к минимуму. Или, например, стандарт ISO/IEC 27005:2022 определяет риск «как отклонение ожидаемого состояния системы от ее целевого состояния под воздействием неопределенности» [4]. Таким образом, фундаментальная суть риска заключается в неопределенности исхода и наличии потенциального ущерба. Риски для организации и ее информационных активов могут возникать из-за физического ущерба, взаимодействия с человеком, сбоев оборудования, внутренних и внешних атак, неправильного использования или потери данных, а также ошибок приложений. Эффективное управление ИТ-рисками требует комплексного, многоэтапного подхода, охватывающего все эти области.

Комплексный подход к управлению ИТ-рисками — это основа кибербезопасности и устойчивости бизнеса. Для эффективного управления этот подход обычно охватывает следующие ключевые области:

- **Технические меры защиты:** использование комбинации технологий (межсетевые экраны, системы обнаружения вторжений, шифрование данных, антивирусное ПО) для глубокой многоуровневой защиты. Каждый элемент компенсирует потенциальные слабости других, обеспечивая устойчивость системы к широкому спектру киберугроз.

- **Организационные и процедурные меры:** разработка и внедрение политик безопасности, регламентов доступа, процедур реагирования на инциденты и планов обеспечения непрерывности бизнеса.

- **Работа с персоналом:** регулярное обучение сотрудников, повышение их осведомленности о потенциальных угрозах и тренинги по кибергигиене. Кибергигиена (использование надежных паролей, многофакторная аутентификация, осторожность при работе с ссылками и файлами и т.д.) помогает защититься от фишинга, вирусов-шифровальщиков, кражи личных данных и финансового мошенничества. Формирование полезных цифровых привычек (кибергигиены) является необходимостью в современном цифровом мире и помогает сделать пребывание в нём более комфортным и безопасным.

- **Физическая безопасность:** контроль доступа к серверным помещениям, хранилищам данных и критически важной инфраструктуре.

- **Управление соответствием:** соблюдение применимых законов, нормативных актов и стандартов (например, ФЗ-152, ISO 27001).

Только интеграция всех этих компонентов позволяет создать действительно надежную систему защиты информации.

Переход к цифровым сервисам, удалённой работе, облачным платформам расширил рисковый периметр. Если раньше защита строилась вокруг офиса или внутренней сети, то теперь приходится учитывать: удалённых сотрудников, фрилансеров, подрядчиков, внешние сервисы, облачные решения, мобильные устройства. В результате контролировать все процессы стало сложнее. Классические подходы, ориентированные на защиту периметра и отдельные инструменты (например, только антивирусы), давно исчерпали себя. Технологическое ускорение сделало цифровой мир изменчивым, неопределённым и сложным. Следовательно, крайне важно изменить подход к развитию бизнеса с детерминированного на вероятностный, который делает акцент на адаптивности, экспериментировании и непрерывном обучении. Необходимо создание единого процесса управления ИТ-рисками, охватывающего как цифровую реальность, так и человеческий фактор, требуется комплексный подход, который интегрирует традиционные методологии кибербезопасности с принципами управления человеческими рисками.

Эффективный информационный риск-менеджмент основывается на циклическом процессе, включающем выявление, оценку, приоритизацию и устранение как позитивных, так и негативных рисков для оптимизации их влияния на цели предприятия. Он выходит за рамки классических подходов, трансформируя их для соответствия требованиям цифровой эпохи, где риски связаны не только с физическими объектами, но и с данными, сетями и цифровыми процессами. Это системный, итеративный подход, который позволяет постоянно адаптировать свои принципы и защитные механизмы к новым условиям, перестраивая традиционные практики управления рисками с учётом современной цифровой реальности. Он позволяет организациям оставаться гибкими и надежно защищать свои информационные активы в постоянно меняющемся ландшафте угроз. Главное преимущество заключается в том, что он помогает создать понятный и выполнимый план защиты, который получает одобрение как от руководства организации, так и от экспертов по безопасности. Такой план способствует слаженной работе и эффективной реализации мер по обеспечению безопасности, поскольку он понятен всем ключевым заинтересованным сторонам, что повышает вероятность его успешной реализации.

Процесс управления ИТ-рисками состоит из нескольких ключевых этапов, которые следует соблюдать для эффективной защиты ИТ-системы и данных, минимизации потенциальных убытков и достижения стратегических целей организации. Эти практические шаги должны быть интегрированы в повседневную деятельность организации, и как правило, включают следующее:

1. Идентификация рисков включает выявление потенциальных угроз и уязвимостей информационных активов (данных, систем, процессов). Необходимо точное понимание, что именно угрожает системам и проектам. Риски не

всегда очевидны на первый взгляд: они часто скрываются в укоренившихся привычках, ситуативных (неформализованных) решениях и устаревшей инфраструктуре. Особое внимание уделяется человеческому фактору, поэтому здесь же анализируются: внешние подрядчики, партнёры, имеющие доступ к ИС или данным, а также каналы утечек: съёмные носители, облачные сервисы, мобильные устройства, корпоративные чаты. Результат — перечень рисков: конкретных сочетаний потенциальных угроз, уязвимостей, активов, связанных с конкретной ИТ-средой, которые подлежат дальнейшей оценке.

Важно собрать рабочий список потенциальных угроз, связанных с конкретной ИТ-средой. На этом этапе вы создаете базу для следующего шага — оценки рисков и принятия решений.

2. Анализ и оценка рисков включает в себя качественную и/или количественную оценку вероятности реализации угрозы и потенциального ущерба. Это помогает приоритизировать риски. Основным инструментом здесь — матрица рисков: визуальное представление, где каждая угроза позиционируется по двум осям — вероятность и ущерб. Матрица помогает определить, на какие угрозы нужно направить основные усилия в системе управления ИТ рисками, а какие можно контролировать стандартными процедурами.

Применяются методики управления рисками информационной безопасности, предусмотренные нормативами. В частности, используются: ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 [5] — руководство по менеджменту риска информационной безопасности; ГОСТ Р 57580.2-2018[6] — для организаций финансового сектора, где описаны уровни ущерба, критерии критичности, подходы к категорированию.

Когда риски идентифицированы и оценены, начинается расстановка приоритетов. Выбирают те, которые влияют на организацию сильнее всего. В приоритете всегда риски из красной зоны матрицы: высокая вероятность + серьёзный ущерб.

3. Выбор стратегии реагирования. На этом этапе принимаются решения о методах обработки каждого конкретного риска. Выбор конкретной стратегии (избегание, снижение, передача или принятие) всегда должен опираться на результаты оценки (уровень угрозы, её источники и т.д.), доступные ресурсы, квалификацию персонала, необходимость соблюдения требований регуляторов. Также учитывается практическая реализуемость выбранных мер и вероятность возникновения побочных эффектов.

4. Реализация защитных мер. Выбранные меры не должны остаться на бумаге, следующий шаг — их практическое внедрение. На этом этапе важно использовать российские средства защиты, обеспечивая импортозамещение и соответствие законодательству. Все средства защиты (антивирусы, шифрование, контроль доступа) должны быть сертифицированы ФСТЭК (Федеральная служба по техническому и экспортному контролю) или ФСБ (Федеральная служба безопасности). Использование сертифицированных российских средств защиты является обязательным требованием для большинства российских организаций, работающих с государственными информационными системами,

персональными данными или критической информационной инфраструктурой. ФСТЭК усилила акцент на использование сертифицированных средств защиты и отказ от иностранных решений. Импортозамещение стало не рекомендацией, а обязательным условием соответствия. В 2024 году появились изменения в трактовке требований регуляторов: теперь под Приказ № 17 [7] попали не только государственные информационные системы, но и даже небольшие B2B-сервисы, SaaS-продукты, онлайн-платформы и маркетплейсы. Нетехнические меры контроля, такие как политики, процедуры, управление доступом, обучение и аттестация сотрудников, также играют решающую роль в снижении рисков.

5. Мониторинг и пересмотр. Процесс управления информационными рисками — это не просто проект, а постоянный цикл. Инфраструктура меняется, появляются новые угрозы, регуляторы обновляют требования. Поэтому система должна предусматривать регулярную корректировку. Необходимо постоянное отслеживание текущих рисков, оценка эффективности реализованных мер и корректировка стратегии в соответствии с меняющейся ИТ-средой и бизнес-процессами. Этот шаг гарантирует, что меры по управлению рисками остаются актуальными и эффективными в условиях меняющихся угроз. Регулярные аудиты, сканирование уязвимостей и учения по реагированию на инциденты помогают организациям сохранять бдительность и действовать проактивно в управлении информационными рисками. Тот, кто делает это регулярно, быстрее восстанавливается и увереннее работает.

Таким образом, единый процесс, интегрирующий эти шаги, позволяет организации создать комплексную устойчивость, охватывающую все аспекты современной деятельности, включая технологические, операционные и стратегические риски, что в итоге минимизирует ущерб и способствует достижению бизнес-целей.

Помимо перечисленных выше ключевых этапов грамотный информационный риск-менеджмент включает в себя определенный комплекс эффективных решений, которые обеспечивают его системность и результативность. Внедрение этих решений на практике позволяет не только минимизировать возможные негативные последствия инцидентов информационной безопасности, но и принимать обоснованные управленческие решения, поддерживающие стабильное долгосрочное развитие ИТ-инфраструктуры и организации в целом. Эффективный информационный риск-менеджмент включает в себя следующие комплексные решения:

- **Культура управления рисками.** Формирование в организации риск-культуры, при которой сотрудники всех уровней осведомлены о рисках и своей роли в их минимизации, знают, как распознать инцидент, кому сообщить, и понимают, что нарушение регламентов может повлечь последствия для всей организации. Культуру риск-менеджмента можно и нужно развивать. Путь к управлению рисками лежит через формирование сильной риск-культуры [8]. Формирование такой культуры требует: вовлечения всех подразделений, лич-

ного участия руководства, открытого общения. Менеджеры, которые смело реагируют на неопределенность, активно собирают информацию и находят способы преодоления рисков, как правило, добиваются более высоких результатов в управлении рисками [9]. Важно, чтобы сотрудники всегда могли сообщить о потенциальных рисках, проблемах, допущенных ошибках или инцидентах, не опасаясь последствий или осуждения, — конечной целью сотрудников должна быть помощь организации в обеспечении её безопасности и их вклад в предотвращение рисков. Это зона общей ответственности. Без доверия, осознанности, вовлеченности любые меры теряют смысл.

- **Автоматизация.** Использование специализированного программного обеспечения для управления информационными рисками, инструментов автоматизации контроля и прогнозного анализа угроз с помощью искусственного интеллекта (далее — ИИ) значительно повышает оперативность, эффективность и точность реагирования на инциденты. Системы на базе ИИ блокируют угрозы со скоростью, недоступной человеку. Современные системы мониторинга (SIEM/SOC) теперь используют ИИ, чтобы обнаруживать аномалии в потоках событий, быстро выявляя подозрительные отклонения. Некоторые организации внедряют ИИ-ассистентов в свои центры мониторинга. Эти ассистенты, работая по запросу, автоматически генерируют сводки ключевых событий и потенциальных инцидентов. Внедрение новых алгоритмов ИИ позволит идентифицировать паттерны, связанные с мошенническими действиями, сбытом запрещённых товаров, распространением дезинформации и экстремистского контента. Эти алгоритмы могут, к примеру, анализировать частоту и типы транзакций, выявлять аномалии в поведении пользователей, обнаруживать подозрительные схемы. Применение ИИ также целесообразно для анализа криптовалютных операций и нахождения взаимосвязей, что даст возможность предотвращать незаконные транзакции до их завершения [10]. Такой подход позволяет значительно ускорить время реагирования и снизить потребность в ручной обработке информации.

- **Интеграция с бизнес-целями.** Согласование приоритизации рисков с общими бизнес-целями гарантирует, что ресурсы и усилия направляются на защиту тех областей, которые действительно критичны для достижения стратегических задач организации, а не на абстрактное устранение всех возможных угроз в разрыве от бизнес-контекста. Такой подход гарантирует, что безопасность и устойчивость бизнеса не являются изолированными функциями, а становятся неотъемлемой частью общей бизнес-стратегии.

- **Использование признанных фреймворков.** Обеспечение соответствия законодательным требованиям и отраслевым стандартам, применение национальных и международных стандартов и методологий, таких как NIST [11], ISO 27001 или ISO 27002, помогает создать структурированную и соответствующую лучшим мировым практикам систему управления информационной безопасностью и избежать штрафов и репутационного ущерба, что напрямую влияет на устойчивость организации.

- **Непрерывное совершенствование.** Риски не статичны и управление ИТ-рисками — это не разовое мероприятие, а регулярный последовательный

процесс, требующий регулярного отслеживания текущих рисков, анализа индикаторов, постоянного мониторинга ИТ-среды, учёта изменений во внешних угрозах и внутренних уязвимостях. Непрерывное совершенствование позволяет организации не просто реагировать на возникающие угрозы, но и проактивно повышать свою устойчивость и способность достигать бизнес-целей в условиях неопределенности.

- **Четкий процесс управления.** Внедрение систематизированного поэтапного процесса, включающего идентификацию, анализ, оценку, выбор стратегии реагирования, реализацию защитных мер и мониторинг рисков. Такой циклический и непрерывный процесс позволяет организации проактивно управлять неопределенностью и повышать вероятность достижения своих стратегических и операционных целей.

- **Разделение обязанностей и прозрачность.** Один из ключевых принципов эффективной системы управления ИТ-рисками. Четкое распределение ролей и ответственности за управление конкретными рисками на всех уровнях организации, обеспечение прозрачной коммуникации и отчетности между подразделениями являются фундаментальными для предотвращения конфликтов интересов, снижения вероятности мошенничества и ошибок, а также для обеспечения подотчетности. В совокупности эти принципы помогают создать надежную и устойчивую систему защиты информационных активов организации.

- **Технические меры контроля.** Использование комплексного подхода обеспечения кибербезопасности направлено на создание многоуровневой системы защиты, минимизирующей риски инцидентов информационной безопасности. Внедрение конкретных защитных мер, таких как контроль доступа (принцип наименьших привилегий), шифрование данных, использование решений по предотвращению утечек (DLP) и регулярное резервное копирование, создают надежный фундамент кибербезопасности, защищая от широкого спектра угроз и поддерживая устойчивость ИТ-инфраструктуры и бизнеса в целом.

Эти решения работают синергично, усиливая общую устойчивость компании к информационным угрозам, что подтверждается современными подходами к цифровой трансформации бизнеса: культура формирует осведомленность и поведение людей (человеческий фактор), технологии обеспечивают автоматическую защиту, а процессы — структурированный подход к управлению рисками. Эти три составляющие (люди, процессы, технологии) являются общепризнанной основой для создания эффективной и устойчивой системы информационной безопасности в современных условиях цифровой трансформации.

Таким образом, эффективный информационный риск-менеджмент — это не просто набор инструкций, а адаптивная динамическая система управления неопределенностью, которая позволяет организации не просто выживать, а процветать в эпоху цифровых рисков, и увереннее двигаться вперед в условиях постоянных изменений и угроз. Используя системный подход к выявлению, оценке и устранению информационных рисков, организации могут принимать обоснованные решения и эффективно распределять ресурсы. Благодаря проактивному управлению ИТ-рисками организации могут повысить свою устойчивость к кибератакам, защитить свою репутацию и обеспечить конфиденциальность, целостность и доступность ценной информации.

В заключение следует отметить, что управление ИТ-рисками жизненно важно для организаций, защищает их ценные информационные активы от множества угроз. Информационный риск-менеджмент — это не просто реагирование на угрозы, но и стратегический подход, который обеспечивает непрерывность бизнес-процессов, защищает репутацию организаций и поддерживает доверие клиентов и партнеров. Понимая концепцию информационного риск-менеджмента, осознавая её важность и внедряя надёжные процессы и методологии, организации могут эффективно защищать свои информационные активы и снижать потенциальные риски.

Библиографический список

1. О персональных данных : Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/
2. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации : Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/
3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2019 г. № 1405-ст). — URL: <https://base.garant.ru/73747568/>
4. Международный стандарт ISO/IEC 27005:2022. Информационная безопасность, кибербезопасность и защита конфиденциальности. Руководство по управлению рисками нарушения информационной безопасности. — URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:27005:ed-4:v1:en>.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности. — URL: protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=1&page=0&month=1&year=1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=169502
6. ГОСТ Р 57580.2-2018 Безопасность финансовых (банковских) операций. Защита информации финансовых организаций. Методика оценки соответствия. — URL: protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=0&month=3&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=222776
7. Об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах : приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 № 17. — URL: <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/prikazy/prikaz-fstek-rossii-ot-11-fevralya-2013-g-n-17>
8. Омарова, З. Н. Риск-менеджмент / З. Н. Омарова. — Казань : Бук, 2017. — 78 с.
9. Омарова, З. Н. Влияние психологического капитала риск-менеджеров на эффективность управления рисками в организации / З. Н. Омарова, Н. Ю. Омарова // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера : Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. — 2023. — Т. 3. — № 4. — С. 509—518. — DOI 10.34130/2070-4992-2023-3-4-509.
10. Пинкевич, Т. В. Предупреждение преступлений, совершаемых с использованием цифровых платформ / Т. В. Пинкевич, Д. А. Конев // Правопорядок: история, теория, практика. — 2025. — № 4 (47). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preduprezhdenie-prestupleniy-sovershaemyh-s-ispolzovaniem-tsifrovyyh-platform> (дата обращения: 18.12.2025).
11. URL: <https://www.altx-soft.ru/translated-infosec-standards/>

Человеческий фактор остается самым уязвимым звеном в кибербезопасности. Несмотря на развитие искусственного интеллекта и автоматизированных систем защиты, злоумышленники продолжают успешно воздействовать на психологию людей. Человеческие ошибки и психологическое манипулирование лежат в основе большинства современных киберугроз. Для борьбы с киберрисками крайне важно создать сильную культуру кибербезопасности, в которой каждый сотрудник понимает важность безопасности и стремится к проактивному выявлению и предотвращению потенциальных угроз. Сильная культура кибербезопасности — это не только правильное поведение сотрудников, но и глубокое понимание каждым в организации (от руководства до рядовых сотрудников) своей роли, проактивное мышление, постоянное обучение и интеграция безопасности во все бизнес-процессы, превращающие ее в общую ответственность, а не просто задачу ИТ. В статье рассматриваются ключевые компоненты сильной культуры кибербезопасности и практические шаги, необходимые для её успешного внедрения в организацию.

Ключевые слова: культура кибербезопасности, цифровая безопасность, киберграмотность, кибергигиена, искусственный интеллект.

З. С. Омарова,
кандидат экономических наук,
доцент кафедры информационных систем и технологий
(Сыктывкарский лесной институт)

СИЛЬНАЯ КУЛЬТУРА КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ КАК ОСНОВА ЦИФРОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Человеческий фактор остается критическим звеном в системе защиты: по данным на 2025 год [1], до 95% всех инцидентов в сфере кибербезопасности связаны с ошибками людей: от неосторожности сотрудников до использования украденных учетных данных, фишинга и слабых паролей. Это означает, что почти девять из десяти утечек данных происходят по вине пользователей. Человеческий фактор часто используется как синоним человеческих ошибок. Однако у этой точки зрения есть главный недостаток, заключающийся в том, что она ограничивается человеческими ошибками и отдельные лица быстро наказываются или разоблачаются, создается ложное чувство, что проблема решена, хотя системные предпосылки остались и следующий сотрудник, скорее всего, совершит ту же ошибку. Такой подход часто неверно оценивает причины ошибок [2]. Ошибка часто является лишь симптомом, а не причиной. Отсутствие обучения, недостатки проектирования, системные уязвимости, недостаточная осведомленность персонала о реальных угрозах, неправильные управленческие решения, отсутствие четких процессов и неадекватное реагирование на инциденты — всё это создают среду, в которой ошибка становится неизбежной. Необходим комплексный подход, рассматривающий систему в целом, он позволит трансформировать организацию из среды, где ошибки скрываются из страха наказания, в самообучающуюся систему с высоким уровнем безопасности.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) злоумышленниками стало массовым и высокотехнологичным процессом. Злоумышленники активно используют ИИ для создания дипфейков, что привело к росту вишинга (голосового фишинга) на 442 %. В 2025 году количество кибератак в России увеличилось в три раза, ущерб только в России от кибератак оценивается в 1,5 трлн рублей [3]. Приведенные данные говорят о том, что одних только продвинутых технических средств недостаточно для устранения рисков утечки, поэтому организации смещают фокус с чисто технических средств защиты на внедрение культуры кибербезопасности и обучение персонала. Технологии защиты (антивирусы, DLP, SOC) эффективны только тогда, когда люди умеют и хотят ими пользоваться. Необходимо уделять приоритетное внимание не просто обучению и повышению осведомленности персонала, но и формированию сильной культуры безопасности. Это комплексный подход, который включает в себя не только знание правил, но и их внедрение в мышление и поведение всех сотрудников через активное вовлечение, открытую коммуникацию, поощрение и непрерывное совершенствование.

Эффективная кибербезопасность на 20 % состоит технологий и на 80 % из культуры. Даже самые совершенные технические средства защиты бесполезны, если сотрудники не обучены или игнорируют правила безопасности. Хотя 20 % технологий (EDR, антивирусы, шифрование) создают необходимый защитный барьер, но именно культура определяет, как эти инструменты используются. Самый дорогой межсетевой экран бесполезен, если сотрудник сам откроет вредоносный файл или передаст пароль злоумышленнику. Вложения в обучение персонала и изменение поведения дают гораздо больший возврат инвестиций в безопасность, чем бесконечная покупка новых ИТ-решений.

Культура кибербезопасности — это коллективное мышление, поведение и практика сотрудников организации в отношении защиты конфиденциальных данных и операционных систем. Цель культуры кибербезопасности — сформировать у сотрудников осознанное и ответственное поведение в цифровой среде. Культура не только трансформирует поведение сотрудников, но и обеспечивает системный рост киберграмотности персонала (понимание и предотвращение фишинга, создание надежных паролей, знание правил конфиденциальности данных), создавая защищенную цифровую экосистему для всей компании. Культура кибербезопасности определяет, как сотрудники организации воспринимают риски и соблюдают правила защиты данных. В зависимости от вовлеченности персонала и руководства выделяют слабую и сильную культуру кибербезопасности. Отличие слабой культуры кибербезопасности от сильной заключается в переходе от формального соблюдения правил к глубокой интеграции безопасности в повседневное поведение каждого сотрудника. Отличительные характеристики слабой и сильной культуры кибербезопасности представлены в таблице 1.

Сильная культура — это проактивная, глубоко интегрированная система ценностей и практик, где каждый сотрудник понимает риски и активно их ми-

нимизирует. Ключевое отличие от слабой культуры — это переход от восприятия информационной безопасности как чисто технической задачи к пониманию её как общей ответственности всех сотрудников. Существенная разница заключается в том, что сильная культура — это поведение, она превращает сотрудников из «угрозы» в активный элемент обороны, где безопасность становится естественной частью рабочего процесса, а не внешним барьером, а слабая — формальные правила, которые часто игнорируются.

Таблица 1. Сравнительные характеристики уровней культуры кибербезопасности

Характеристика	Слабая культура	Сильная культура
Восприятие	Безопасность — задача IT-отдела, а не общая ответственность	Кибербезопасность — неотъемлемая часть работы и личной ответственности, часть корпоративной этики
Поведение	Игнорирование политик, использование легких паролей, клики по подозрительным ссылкам (фишинг), немедленное обращение к IT с любой проблемой	Проактивное сообщение об инцидентах, использование многофакторной аутентификации, соблюдение принципа минимальных привилегий, регулярное обучение
Реакция на инциденты	Паника, сокрытие инцидентов, обвинение других, отсутствие четкого плана действий, медленное реагирование	Четкий протокол реагирования (идентификация, защита, обнаружение, реагирование, восстановление), спокойный анализ и устранение, извлечение уроков
Обучение	Редкие, типовые лекции «для галочки»	Постоянное, персонализированное, практическое
Признаки	Частые утечки данных, заражения вирусами, низкая осведомленность	Сотрудники задают вопросы о безопасности, предлагают улучшения, сообщают о подозрительной активности

К ключевым компонентам сильной культуры можно отнести следующие:

1. Осведомленность: сотрудники должны распознавать современные методы атак, такие как социальная инженерия (фишинг, вишинг), использование ИИ для подделки личностей (дипфейки) и утечки через незащищенные облачные сервисы. Повышение осведомленности — это информирование, передача и формирование знаний, а культура — это поведение субъекта информационного взаимодействия, когда он подчиняется основным правилам кибербезопасности в своей деятельности на уровне привычки [4]. Осведомленность является основой для формирования ответственного подхода к безопасности.

2. Ответственность: каждый сотрудник организации должен понимать свою роль в обеспечении безопасности. Это означает, что понимание личной ответственности в безопасности делает каждого сотрудника активным участником процесса, а не пассивным исполнителем. Сотрудники не только соблюдают

правила, но и сообщают о потенциальных уязвимостях или подозрительной активности.

3. Коммуникация: открытая и четкая коммуникация по вопросам безопасности имеет жизненно важное значение, потому что она создает доверие, снижает тревожность, позволяя людям чувствовать себя защищенными и вовлеченными в общую цель. Сотрудники должны чувствовать себя комфортно, общаясь о потенциальных угрозах или инцидентах в сфере безопасности, не опасаясь обвинений. Важным является также предоставление «неотфильтрованной» информации, что подразумевает предоставление информации обо всех негативных фактах [5].

4. Поддержка руководства: сильная культура безопасности начинается сверху, с примера руководства, которое демонстрирует приверженность безопасности через активное участие, прозрачную коммуникацию и соблюдение правил, формируя тем самым атмосферу, где безопасность является приоритетом для всех сотрудников. Когда сотрудники видят, что руководство полностью вовлечено в обеспечение безопасности, они с большей вероятностью последуют его примеру. Сильная культура кибербезопасности — это то, как люди ведут себя, когда за ними никто не наблюдает. И это поведение формируется через ценности, транслируемые первыми лицами организации.

В совокупности эти компоненты формируют единую, устойчивую, сильную культуру, где каждый сотрудник или член группы становится активным участником защиты. Сильная культура делает безопасность неотъемлемой частью организации, интегрируя ее во все аспекты работы, что снижает риски утечек, укрепляет доверие клиентов, повышает производительность и обеспечивает конкурентоспособность, превращая защиту данных из формального требования в ключевой элемент стратегии. Таким образом, инвестирование в культуру — это не просто «обучение», а стратегический подход к созданию надежного щита из людей для защиты от современных киберугроз.

Формирование сильной культуры кибербезопасности в организациях, безусловно, сопряжено с трудностями. Главная проблема заключается в сложности влияния на поведение людей. Изменение устоявшихся привычек и внедрение осведомленности о безопасности в повседневную жизнь требует постоянных усилий и стратегического подхода. Сотрудники могут неохотно внедрять новые методы обеспечения безопасности, особенно если считают их обременительными или ненужными. Чтобы преодолеть это сопротивление, важно с самого начала вовлекать сотрудников в процесс, объяснять причины изменений (подчеркнув, что они защищают как организацию, так и самих сотрудников), предоставлять четкие инструкции и поддержку, чтобы переход прошел максимально плавно. Важно регулярно обновлять учебные материалы, внедрять новые задачи или конкурсы, связанные с безопасностью, и постоянно доносить до сотрудников важность безопасности. Руководство должно демонстрировать свою приверженность безопасности, отмечать важные события и успехи, чтобы поддерживать сильную и динамичную культуру кибербезопасности.

Для успешного формирования и внедрения сильной культуры кибербезопасности необходим многогранный подход, включающий в себя следующие шаги:

1. Политика и процедуры безопасности.

Четкие и хорошо продуманные правила, регламенты, инструкции и технологии для обеспечения безопасности являются основой сильной культуры кибербезопасности. Они должны охватывать такие важные области, как надежное управление паролями, защита данных, безопасность электронной почты и протоколы удаленной работы и т.д. Важно, чтобы эти правила не просто создавались и забывались: их необходимо эффективно доносить до сотрудников и последовательно применять. Сотрудники должны понимать эти правила, зачем они нужны и как применять их в своей повседневной работе. Регулярный пересмотр и обновление этих правил гарантируют их актуальность по мере появления новых киберугроз.

2. Регулярные программы повышения осведомленности в вопросах безопасности.

Обучение по вопросам безопасности не должно быть разовым мероприятием. Чтобы вопросы безопасности оставались в центре внимания, руководству необходимо внедрять программы непрерывного обучения и повышения осведомленности сотрудников. К ним могут относиться:

- Адаптивное обучение: использование платформ, которые подстраивают сложность материалов под уровень знаний и навыков конкретного сотрудника.
- Микрообучение: короткие (3–5 минут) регулярные учебные модули вместо длительных ежегодных курсов для лучшего усвоения информации.
- Симуляции угроз: регулярная проверка бдительности персонала через имитацию фишинговых атак или инцидентов социальной инженерии в реальном времени (рассылка сотрудникам фальшивых писем, попытки вывести конфиденциальную информацию по телефону, в мессенджерах и т.д.).
- Геймификация: внедрение элементов игры и рейтингов для повышения вовлеченности сотрудников в процесс обучения (хакатоны, интерактивные квизы, тесты и т.д.)
- Аналитика: переход от оценки «прохождения курса» к оценке реального изменения поведения сотрудников на рабочих местах (наблюдение, интервью с руководителями и коллегами, опросы клиентов, анализ данных рабочих процессов (время, ошибки) и т.д.).

Обучение должно быть практичным, увлекательным и адаптированным к конкретным должностям в организации. Постоянное обучение безопасности, интегрированное в рабочий процесс, способствует развитию у сотрудников навыков бдительности и уверенности, повышает их мотивацию, позволяет немедленно применять знания на практике, снижает риски инцидентов.

3. Поощрение открытого общения.

Открытая линия коммуникации имеет решающее значение для поддержания сильной культуры кибербезопасности. Сотрудники должны чувствовать

себя комфортно, сообщая о подозрительной активности, потенциальных угрозах или даже о допущенных ошибках, не опасаясь наказания. Для этого организации могут создавать анонимные каналы для сообщений о нарушениях безопасности (ящики предложений, горячие линии, мобильные приложения) или вознаграждать сотрудников, которые активно участвуют в улучшении безопасности. Руководство может использовать следующие меры для вознаграждения сотрудников за активное участие в обеспечении безопасности:

- Материальное стимулирование: выплата денежных премий, бонусов или вручение ценных подарков за отсутствие инцидентов.

- Публичное признание: награждение грамотами, благодарственными письмами от руководства, значками, присвоение званий «Лучший по безопасности».

- Дополнительные льготы: предоставление отгулов, сертификатов на обучение.

- Нематериальные поощрения: возможность участия в профильных конференциях или приоритет при выборе времени отпуска.

Открытая коммуникация также означает информирование сотрудников об инцидентах и обновлениях в области безопасности, помогая им оставаться в курсе меняющихся угроз.

4. Внедрение мер безопасности в повседневную практику.

Чтобы безопасность стала привычным делом, её необходимо интегрировать в повседневную работу каждого сотрудника. Этого можно достичь, внедрив контрольные точки безопасности в обычные рабочие процессы, такие как обязательная многофакторная аутентификация для доступа к системе или регулярное обновление паролей. Для успешного внедрения мер безопасности в повседневную практику рекомендуется сфокусироваться на следующих ключевых действиях:

- Визуализация и доступность: использование наглядных пособий, чек-листов и цифровых инструментов (мобильных приложений), которые позволяют сотрудникам быстро получать инструкции по безопасности непосредственно на рабочем месте.

- Поведенческий аудит: регулярное проведение «минуток безопасности» и диалогов, в ходе которых руководители обсуждают с сотрудниками безопасные методы работы, поощряя правильное поведение.

- Система обратной связи: создание простых каналов (QR-коды, чат-боты) для оперативного сообщения о выявленных рисках или «почти случившихся» происшествиях без страха наказания.

- Личный пример руководства: руководители всех уровней должны демонстрировать приверженность правилам в своих ежедневных действиях, тем самым задавая стандарт для всего коллектива.

Предпринимая эти шаги по усилению кибербезопасности, организации не только улучшают защиту от угроз и расширяют возможности сотрудников через осведомленность и обучение, но и закладывают фундамент для устойчивого

роста и формирования сильной культуры кибербезопасности, что критично для успеха в современной цифровой среде.

В заключение следует отметить, что сильная культура кибербезопасности — это не просто предотвращение нарушений безопасности, а создание инициативной, устойчивой организации, где каждый сотрудник понимает свою роль в защите цифровых активов и рассматривает безопасность как неотъемлемую часть своей ежедневной работы.

Библиографический список

1. The State of Human Risk 2025. — URL: <https://www.mimecast.com/resources/ebooks/state-of-human-risk-2025/>
2. Омарова, З. Н. Влияние психологического капитала риск-менеджеров на эффективность управления рисками в организации / З. Н. Омарова, Н. Ю. Омарова // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера : Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. — 2023. — Т. 3. — № 4. — С. 509—518. — DOI 10.34130/2070-4992-2023-3-4-509.
3. URL: <https://www.anti-malware.ru/news/2025-09-04-114534/47227>
4. Калач, А. В. Современные технологии формирования культуры кибербезопасности / А. В. Калач, А. С. Кравченко // Ведомости УИС. — 2019. — № 11 (210). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-formirovaniya-kultury-kiberbezopasnosti> (дата обращения : 19.01.2026).
5. Омарова, З. Н. Риск-менеджмент / З. Н. Омарова. — Казань : Бук, 2017. — 78 с.

В статье приведены результаты количественной оценки соотношения лесопокрытой площади возрастных групп древостоев в лесном фонде Республики Коми. Показано, что в процессе лесопользования площадь спелых и перестойных насаждений уменьшается, а площадь молодняков и средневозрастных насаждений соответственно увеличивается. Получены количественные региональные оценки этих взаимосвязанных изменений в виде регрессионных уравнений, которые могут быть использованы для предварительного анализа и прогноза относительного участия различных возрастных групп в сложении лесного фонда республики.

Ключевые слова: Республика Коми, лесной фонд, эксплуатационный фонд, возрастные группы древостоев

В. В. Пахучий,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Л. М. Пахучая,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Д. В. Сельков,

преподаватель

(Сыктывкарский лесной институт)

ДИНАМИКА СООТНОШЕНИЯ ПЛОЩАДИ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ДРЕВОСТОЕВ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Лесопромышленный комплекс (ЛПК) России играет важную роль в ее социально-экономическом развитии [1]. В полной мере это относится к Республике Коми. Эффективность функционирования ЛПК в регионе в значительной степени определяется обеспеченностью лесными ресурсами [2, 3]. Для решения данного вопроса в ближайшей перспективе важное значение имеет оценка соотношения лесопокрытых площадей по возрастным группам древостоев, в т.ч. спелых и перестойных, приспевающих, средневозрастных и молодняков [4]. Спелые и перестойные древостои определяют потенциальные возможности эксплуатационного фонда по обеспечению ЛПК республики на ближайшую перспективу: приспевающие и средневозрастные — на среднесрочную, молодняки — на отдаленную. В данной работе рассмотрена динамика соотношения лесопокрытой площади в Республике Коми в период с 1950 по 2019 г.

Объектом исследования являются насаждения, слагающие лесопокрытую площадь Республики Коми, дифференцированные на возрастные группы в зависимости от их возраста: молодняки, средневозрастные, приспевающие и спелые и перестойные. При выполнении исследований использовали общепринятые лесоводственные и таксационные методы [5, 6, 7]. Статистические данные получены из общедоступных источников, в т.ч. регионального аналитического обзора о лесах и лесных ресурсах Республики Коми, лесных планов республики и государственных докладов о состоянии окружающей природной среды реги-

она [8, 9, 10, 11]. Важной характеристикой при оценке эксплуатационных запасов древесины в регионе, расчете пользования на ближайшую и отдаленную перспективу с учетом положений отечественного лесоустройства является возрастная структура лесного фонда [4]. В таблице 1 приведены данные о динамике лесопокрытой площади по возрастным группам на территории Республики Коми в конце прошлого столетия [8].

Таблица 1. Динамика распределения лесопокрытой площади по возрастным группам за период 1950 – 1997 гг. (млн.га / % от общей площади)

Группа возраста	Год учета									
	1950	1956	1961	1966	1973	1978	1983	1988	1993	1997
Молод- няки	1,4	1,5	2,6	3,1	3,8	4,5	4,8	4,9	4,6	4,5
	5,6	5,6	9,5	11,2	13,5	15,7	16,7	17,7	16,1	15,6
Средне- возраст- ные	1,6	1,5	1,6	1,8	2,4	2,7	3,0	3,3	4,2	4,5
	6,4	5,6	5,9	6,5	8,5	9,4	10,4	12,0	14,7	15,6
Приспе- вающие	2,0	1,7	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	1,4
	8,0	6,4	4,1	3,6	3,2	3,2	3,1	3,3	4,2	4,9
Спелые и пере- стойные	19,9	21,9	21,8	21,7	21,1	20,5	20,1	18,5	18,6	18,4
	80,0	82,4	80,5	78,7	74,8	71,7	69,8	67,0	65,0	63,9
Итого, га/%	24,9	26,6	27,1	27,6	28,2	28,6	28,8	27,6	28,6	28,8
	/100	/100	/100	/100	/100	/100	/100	/100	/100	/100

Приведенные в таблице 1 данные могут быть дополнены информацией о характеристике лесного фонда Республики Коми из Лесных планов Республики Коми за 2008 и 2019 гг. [9, 10] (таблица 2). В трансформированном виде изменение рассматриваемых соотношений представлено в табл. 7-1.

Таблица 2. Распределение лесопокрытой площади по возрастным группам в 2008 и 2019 гг. (% от общей площади)

Годы	Возрастные группы			
	Молодняки	Средневоз- растные	Приспеваю- щие	Спелые и пере- стойные
2008	14,1	19,3	5,3	61,3
2019	11,8	18,7	6,5	63,0

Таким образом имеется возможность оценки анализируемого соотношения за период с 1950 до 2019 г. (таблица 3).

Согласно данным таблицы 3 в структуре лесопокрытой площади в рассматриваемый период наблюдается увеличение доли молодняков и средневозрастных насаждений (рисунок 1). Фактором времени объясняется от 36 до 94 % изменчивости рассматриваемого показателя. Положительный коэффициент корреляции, составляющий 0,60—0,97, достоверен на уровне значимости (α) 1—5 % [12].

Таблица 3. Распределение лесопокрытой площади по группам возраста в период 1950 – 2019 гг. (% от общей площади)

Годы	Возрастные группы			
	Молодняки	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые и перестойные
1950	5,6	6,4	8,0	80,0
1956	5,6	5,6	6,4	82,4
1961	9,5	5,9	4,1	80,5
1966	11,2	6,5	3,6	78,7
1973	13,5	8,5	3,2	74,8
1978	15,7	9,4	3,2	71,7
1983	16,7	10,4	3,1	69,8
1988	17,7	12,0	3,3	67,0
1993	16,1	14,7	4,2	65,0
1997	15,6	15,6	4,9	63,9
2008	14,1	19,3	5,3	61,3
2019	11,8	18,7	6,5	63,0

Доля приспевающих насаждений с течением времени в рассматриваемый период достоверно не изменяется. В то же время для спелых и перестойных насаждений характерен достоверный отрицательный тренд. В рассматриваемый период фактор времени определяет около 90% изменчивости доли спелых и перестойных насаждений в структуре лесопокрытой площади. Отрицательный коэффициент корреляции, составляющий 0,95, достоверен на уровне значимости (α) 1% (рисунок 1).

Данные таблицы 3 позволяют описать взаимосвязь относительного участия отдельных возрастных групп в сложении лесопокрытой площади с течением времени регрессионными уравнениями. Параметры этих уравнений применительно к уравнениям прямолинейной регрессии [6] приведены в таблице 4. Между участием молодняков и спелых и перестойных насаждений наблюдается отрицательная, средняя по тесноте и достоверная связь. Т.е. по мере рубки и формирования на месте вырубок молодняков площадь спелых насаждений уменьшается. Аналогичная по направлению и тесноте достоверная связь наблюдается для средневозрастных и спелых и перестойных насаждений.

В то же время при использовании уравнений прямой линии отмечается недостоверная связь между участием средневозрастных и приспевающих, приспевающих и спелых и перестойных насаждений. Это, по-видимому, обусловлено узким диапазоном изменчивости участия приспевающих насаждений и тем, что в период 1950—1983 гг. их участие уменьшалось, а после 1983 г., наоборот, увеличивалось.

Следует отметить, что на результат оценки оказывает влияние выбор аппроксимирующей кривой. Так, при описании связи между участием средневозрастных и приспевающих насаждений на основе прямой линии – коэффициент

корреляции $R = 0,08$ и связь не достоверна. При использовании полинома второй степени коэффициент корреляции достоверен на уровне значимости 5%, а по тесноте это средняя связь – ($R = 0,65$). Аналогично, при описании связи между участием приспевающих и спелых и перестойных насаждений на основе прямой линии – коэффициент корреляции $R = 0,08$ и связь не достоверна. При использовании полинома второй степени по тесноте связь приближается к средней – ($R = 0,43$), а уровень достоверности коэффициента корреляции близок к 10% [12].

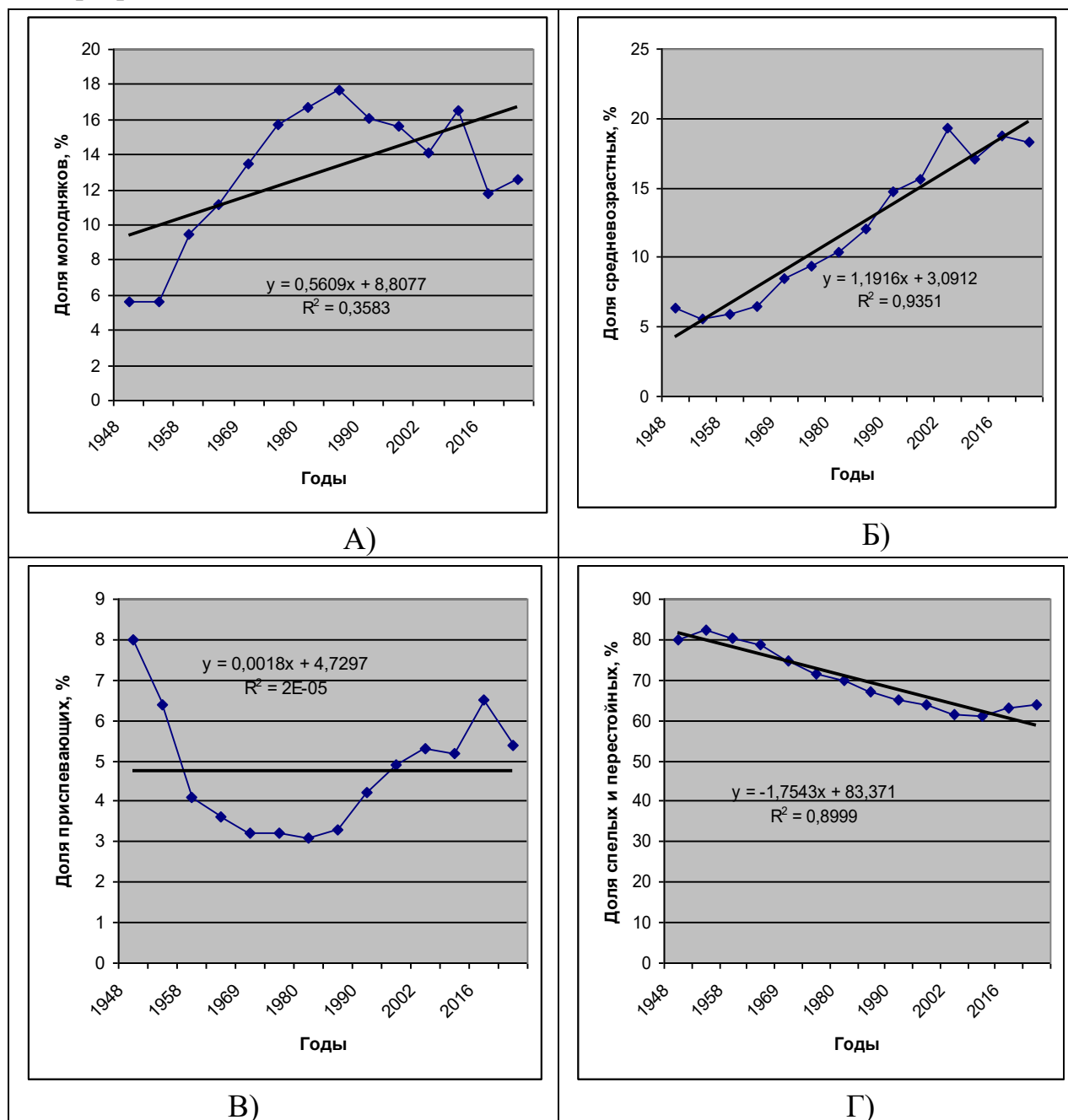


Рис. 1. Направление изменения доли молодняков (А), средневозрастных (Б), приспевающих (В) и спелых и перестойных насаждений (Г) в структуре лесопокрытой площади Республики Коми в период 1950 – 2019 гг.

Таблица 4. Зависимость между участием различных возрастных групп (%) в сложении покрытых лесом лесных земель в период 1950—2019 гг.

№/№ п/п	Показатель		N	R ²	R	Коэффициенты уравнения Y = AX + B	
	X	Y				A	B
1	М	С	12	0,2881	0,54 *	0,6452	2,8520
2	М	П	12	0,5310	0,73 ***	-0,2834	8,2656
3	М	СПП	12	0,5457	0,74 ***	-1,3618	88,8820
4	С	П	12	0,0070	0,08	0,0271	4,3492
5	С	СПП	12	0,9234	0,96 ***	-1,4736	87,841
6	П	СПП	12	0,0168	0,13	0,6144	68,6510

Продолжение табл. 4

№/№ п/п	Показатель		N	R ²	R	Коэффициенты уравнения Y = AX ² + BX + C		
	X	Y				A	B	C
4а	С	П	12	0,4229	0,65 **	0,0566	-1,3557	11,451
6а	П	СПП	12	0,1885	0,43	1,4138	-14,331	104,25

Примечания: 1) N – объем выборки; М – участие молодняков, %; С – участие средневозрастных, %; П – участие приспевающих, %; СПП – участие спелых и перестойных, %; R – коэффициент корреляции; $R_{0,01} = 0,71$; $R_{0,05} = 0,58$; $R_{0,10} = 0,50$.

2) *** - R достоверен на уровне значимости (α) 1%,

** - R достоверен на уровне значимости (α) 5%,

* - R достоверен на уровне значимости (α) 10% [12].

В данном случае в качестве основного фактора динамики площадей лесопокрываемой площади по возрастным группам приняты рубки в процессе заготовки древесины [13, 14]. Тем не менее следует учитывать, что при всей очевидности важности учета именно рубок для заготовки древесины конечный результат этой динамики определяется комплексом работ, в т.ч. по рациональному использованию лесных ресурсов, лесовосстановлению [15], уходу за лесом [16], его охране и защите и других лесохозяйственных мероприятий [17].

В заключение можно сделать следующие выводы. В период с 1950 по 2019 г. в структуре лесопокрываемой площади Республики Коми наблюдается увеличение доли молодняков и средневозрастных насаждений (положительный коэффициент корреляции ($R = 0,60 - 0,97$)) достоверен на уровне значимости (α) 1—5%. Доля приспевающих насаждений с течением времени в рассматриваемый период достоверно не изменяется. В то же время доля спелых и перестойных насаждений в лесопокрываемой площади республики в рассматриваемый период уменьшается (отрицательный коэффициент корреляции ($R = 0,60 - 0,97$)) достоверен на уровне значимости (α) 1%.

Соотношение возрастных групп древостоев в лесном фонде республики в относительном выражении взаимно обусловлено. С увеличением объемов лесозаготовок доля спелых и перестойных насаждений уменьшается, а доля средневозрастных и молодняков — увеличивается. Взаимосвязи между участием в сложении возрастной структуры лесного фонда возрастных групп достоверны на 5—10% уровне значимости и описаны системой уравнений, которые могут быть использованы для предварительного прогноза участия данных возрастных групп в структуре лесопокрываемой площади на ближайшую перспективу — до 2042 г.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ЛК РФ) (с изменениями и дополнениями) // СПС «КонсультантПлюс».
2. Носков, В. А. Оценка истощения лесов северного региона : методика, алгоритм и результаты апробации на примере Республики Коми / В. А. Носков // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика». — 2021. — Т.16. — № 4. — С. 346—368. — DOI: 10.17072/1994-9960-2021-4-346-368.
3. Шишелов, М. А. Оценка ресурсной эффективности лесного комплекса России: методология и практика / М. А. Шишелов, В. А. Носков // Научные труды. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. — 2023. — № 3. — С. 124—144.
4. Сухих, В. И. Лесоустройство: учебник / В.И. Сухих, В.Л. Черных. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2014. — 400 с.
5. Мелехов, И. С. Лесоводство / И. С. Мелехов. — 2-е изд., доп., испр. — Москва : МГУЛ, 2003. — 320 с.
6. Мартынов, А. Н. Основы лесного хозяйства и таксация леса : учебное пособие / А. Н. Мартынов, Е. С. Мельников, В. Ф. Ковязин, А. С. Аникин, В. Н. Минаев, Н. В. Беляева. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 372 с.
7. Сеннов, С. Н. Лесоведение и лесоводство : Учебник для студентов вузов / С. Н. Сеннов. — Москва : Академия, 2005. — 256 с.
8. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / под ред. Г. М. Козубова, А. И. Таскаева. — Москва : Дизайн. Информация. Картография, 2000. — 512 с.: илл., карт.
9. Лесной план Республики Коми. Книга 1. — Вологда : Комитет лесов Республики Коми, 2008. — 76 с.
10. Лесной план Республики Коми. — Вологда : Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, 2019. — 316 с.
11. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2020, 2021, 2022 гг. / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГУ «ТФИ РК». — Сыктывкар. — С. 188, 199, 199, 173, 179, 165, 165, 167, 164.
12. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. — Москва : Высшая школа, 1980. — 294 с.
13. Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации : приказ Минприроды России от 01.12.2020 № 993 (Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61553) // СПС «КонсультантПлюс».
14. Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их выполнения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта заключительного осмотра лесосеки и порядка заключительного осмотра лесосеки : приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 17.01.2022 № 23 // СПС «КонсультантПлюс».
15. Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений : приказ Минприроды России от 04.12.2020 № 1014 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.12.2020 № 61556) // СПС «КонсультантПлюс».
16. Об утверждении Правил ухода за лесами : приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 534 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.12.2020 № 61555) // СПС «КонсультантПлюс».
17. Козубов, Г. М. Проблемы и перспективы комплексного долгосрочного использования ресурсов Коми АССР / Г. М. Козубов, С. А. Созин, В. Б. Ларин, Г. А. Князева. — Сыктывкар : Коми НЦ УрО АН СССР, 1983. — 33 с.

Обучая студентов письменному переводу научных текстов по специальности, необходимо четко понимать, что должно быть включено в содержание обучения. Поэтому в данной статье рассматриваются такие вопросы, как отбор лексического и грамматического материала, принципы отбора текстов, какие знания, умения и навыки необходимо формировать при обучении студентов неязыкового вуза письменному переводу текстов по направлению подготовки «Лесное дело».

Ключевые слова: предметный аспект, процессуальный аспект, принципы отбора текстов, принципы отбора лексического и грамматического материала, языковой и речевой терминологические навыки.

Т. В. Попова,
кандидат педагогических наук
(Сыктывкарский лесной институт)

О СОДЕРЖАНИИ ОБУЧЕНИЯ ПИСЬМЕННУМУ ПЕРЕВОДУ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ЛЕСНОЕ ДЕЛО» (НА МАТЕРИАЛЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА)

Для обучения письменному переводу научных текстов студентов направления подготовки «Лесное дело» нами было отобрано содержание обучения, которое включает в себя «предметный и процессуальный аспекты» [2]. Предметный аспект обучения письменному переводу научных текстов состоит из языкового материала (лексического и грамматического), тем, текстов. Процессуальный аспект содержания обучения письменному переводу научных текстов состоит из знаний, навыков и умений, необходимых для его осуществления. Рассмотрим компоненты предметного и процессуального аспектов содержания обучения более подробно.

Лексический материал для обучения письменному переводу научных текстов отбирался из научных и научно-популярных текстов и включает в себя: лексический минимум, необходимый для письменного перевода научных текстов по специальности, теоретико-практический лексический комментарий по: переводу однозначных эквивалентных соответствий (терминов и терминологических сочетаний, сложных слов, устойчивых словосочетаний); переводу вариантов соответствий; переводу безэквивалентной лексики; использованию трансформаций: замен (замена формы слова, замена частей речи, замена на уровне членов предложения, лексическая замена), добавлений, опущений и др., а также использованию понятий, объем значений которых не совпадает в двух языках (родном и иностранном).

Для отбора лексического материала использовались следующие принципы:

- семантический (отбираемые слова должны выражать наиболее важные понятия по специальности студентов, например: deciduous trees, terrestrial biome, boreal forest и др.);

- сочетаемости (нами отбирались слова с большой сочетаемостью, т.к. они позволяют выражать и понимать более разнообразное содержание, например: broadleaf, evergreen, headwaters и др.);

- частотности (в словарь включены наиболее употребительные лексические единицы, термины, терминологические словосочетания, например: mixed forest, hardwood, conifer и др.);

- исключения интернациональных слов, которые полностью совпадают в иностранном и родном языках (например: proteins, cambium, canals и др.).

Отбор грамматического материала производился по принципам распространенности и повторяемости грамматических явлений в научных текстах. В соответствии с этими принципами в отобранный грамматический материал включены структуры и грамматические явления, которые используются и систематически повторяются в научных текстах. Это все временные формы действительного и страдательного залога, модальные глаголы и модальные конструкции, объектный и субъектный инфинитивные обороты, причастные обороты и др.

Реализация обучения письменному переводу с иностранного языка на русский возможна при правильном отборе текстового материала в соответствии с этапом и основными целями обучения, а также с учетом потребностей и возможностей студентов.

При отборе текстов для обучения основам письменного перевода мы руководствовались следующими принципами:

1. Принцип аутентичности. Для совершенствования навыков и умений в письменном переводе научных текстов, а также приобретения студентами знаний в области лесного хозяйства, лесовозобновления и ухода за лесом необходимо использовать неадаптированные материалы, поскольку в аутентичных научных текстах содержится ценный теоретический материал для освоения студентами будущей специальности. В качестве текстов для обучения письменному переводу нами были использованы тексты из аутентичных источников и интересны тем, что в них представлен нетрадиционный для нашей страны подход. Необходимо отметить, что привлечение аутентичного текстового материала позволит организовать обучение письменному переводу научных текстов в максимально реальных условиях.

2. Принцип стабильности материала. Этот принцип необходимо учитывать при отборе текстов, поскольку он подразумевает подбор интересного для перевода материала (неустаревающие по тематике тексты), содержащего типичные переводческие проблемы [4].

Реализация этого принципа будет способствовать повышению мотивации студентов к овладению письменным переводом научных текстов. Интересные тексты заставляют мыслить и делать выводы, вызывают желание обсудить и проанализировать актуальные проблемы по своей специальности.

3. Принцип возможности расширения пассивного лексического минимума. Поскольку научный текст характеризуется наличием большого количе-

ства терминов, терминологических выражений, научных понятий, а также широко развитой синонимией, обучающиеся расширяют тем самым свой пассивный лексический минимум, необходимый для понимания и перевода текстов по специальности. Постоянное и упорное накопление пассивных знаний является действенным средством для создания языковой базы, при помощи которой в сознании учащихся вырабатываются лексические и грамматические стереотипы, характерные для научного языка [1].

4. Принцип профессионально-информативной ценности. При отборе текстов мы руководствовались их смысловым содержанием и отбирали тексты, которые соответствуют профессиональной заинтересованности обучающихся. Поскольку познавательный интерес к овладению иностранным языком у студентов неязыкового вуза связан с будущей профессиональной деятельностью, то текст должен представлять для студента профессионально-информативную ценность. Тексты имеют направленность к рациональному мышлению студентов и помогают добиться изменения представления о тех или иных явлениях и отношениях к ним путем введения новой информации. От успешного решения проблемы отбора текстов с точки зрения интереса для обучающихся во многом зависит успех обучения письменному переводу на иностранном языке.

5. Принцип повторяемости учебного материала. Этот принцип позволяет обеспечить повторение основного терминологического минимума и синтаксических структур, характерных для текстов научного стиля, благодаря тому, что в них употребляются преимущественно одни и те же синтаксические структуры, тематически обусловленный круг терминов и нетерминологических единиц, а также наборы структурных слов.

Отобранный текстовый материал подвергался нами экстралингвистическому и лингвистическому анализу: а) определялся объем конкретного текста, его логическая и композиционная структура; б) выделялись грамматические и лексические явления, овладение которыми должно способствовать лучшему пониманию и переводу научных текстов. К каждому тексту составлен словарь терминов, научных слов по данной специальности и общеупотребительных слов и выражений, входящих в словарный минимум курса обучения.

Рассмотрим процессуальный аспект содержания обучения письменному переводу научных текстов, который, как указывалось выше, состоит из знаний, навыков и умений. К началу второго семестра обучающиеся владеют навыками пользования двуязычными словарями, а также умеют распознавать некоторые грамматические конструкции, однако им не хватает знаний по своей специальности, и совершенно отсутствуют навыки и умения в переводе научного текста.

Однако общие и специфические переводческие навыки и умения, необходимые для осуществления письменного перевода научных текстов, формируются с помощью теоретических, практических и экстралингвистических знаний в процессе речевой деятельности. Таким образом, в содержание обучения письменному переводу научных текстов входят:

- теоретические знания о фонетическом, лексическом и грамматическом строе исходного языка и языка перевода (знания лексических единиц и грамматических правил, правил словообразования); об особенностях перевода научных текстов (знания о видах переводческих трансформаций и соответствий);

- языковые практические знания исходного языка и языка перевода (знания способов перевода: транслитерации, калькирования, перестановки, замены, добавления, опущения, способов описательного и антонимического перевода);

- экстралингвистические знания (информационный запас, необходимый для перевода специализированного текста), используемые в процессе понимания и переформулирования предложений исходного языка на язык перевода, поскольку при переводе текстов по лесохозяйственной тематике одних переводческих знаний недостаточно.

На основе имеющихся знаний необходимо формировать навыки и умения для осуществления письменного перевода научных текстов. Под навыком понимается «операция, достигшая в результате своего выполнения уровня автоматизма; это автоматизированный компонент сознательно выполняемой деятельности» [9]. В аспекте исследуемой нами проблемы под навыком письменного перевода мы понимаем операцию, достигшую в результате многократного выполнения уровня автоматизма.

К навыкам письменного перевода научных текстов относятся навыки перевода лексических единиц (лексический навык) и грамматических явлений (грамматический навык), а также «речевой навык переключения» с одного языка на другой.

В связи с проблемой определения межъязыковых соответствий в предметной сфере, мы считаем целесообразным, вслед за Н.В. Чичериной, рассматривать в качестве лексического навыка иноязычный языковой терминологический навык и речевой терминологический навык [7], поскольку владение терминами является наиболее значимым в процессе перевода специализированного научного текста.

Языковой терминологический навык — это навык распознавания и распредмечивания узкоспециальных и общенаучных терминов с опорой на экстралингвистические знания. При обучении письменному переводу научных текстов следует проводить сопоставительный анализ терминологии русского и английского языков на уровне отдельных слов и словосочетаний.

Речевой терминологический навык — это навык понимания и употребления терминов данной предметной сферы. При его формировании основное внимание уделяется изучению функционирования терминов в аутентичных текстах и становлению автоматизма расшифровки и употребления терминов в процессе письменного перевода.

В письменном переводе научного текста с иностранного языка на русский большую роль играют грамматические навыки, к которым относятся:

1) дискурсивно-аналитический языковой навык дешифровки формальных признаков грамматических явлений в тексте (понимание языковой информации с помощью аналитических действий) [8];

2) рецептивно-пассивный речевой навык (навык узнавания языкового материала по внешнему виду на основе зрительной памяти). В основе пользования этим видом навыков лежат автоматизированные процессы узнавания языковых явлений и понимания (на основе контекста и припоминания) их значения.

Первый вид грамматических навыков формируется в результате перевода более сложных текстов (научных), второй — в процессе постоянного и систематического перевода легких по языку и содержанию текстов (научно-популярных).

«Речевой навык переключения» с одного языка на другой — это навык выполнения автоматизированных операций по переходу с одного языка на другой для перевода единиц речи. Мы разделяем точку зрения Р.К. Миньяр-Белоручева, который под навыком переключения понимает образование таких связей между иностранным словом или выражением и его эквивалентом в родном языке, при которых вербальная реакция на воздействие иностранного слова состоит в непосредственном возникновении его эквивалента на родном языке и проявляется автоматизированно, без видимых усилий [5].

Одним из важнейших свойств навыка является устойчивость и стабильность в выполнении операций (в данном случае — переводческих), обусловленных прочностью нервных связей, что является признаком сформированности грамматических и лексических стереотипов. Навыки являются автоматизированными компонентами умений, которые мы, вслед за И.А. Зимней, называем способностью «выражать мысли посредством языка, основывающиеся на знании программы действия, языковых средств и способов формирования и формулирования мысли, на навыках их использования и их свободном комбинировании» [3].

В процессе письменного перевода научных текстов формируются две группы умений. В первую группу мы относим умения содержательного анализа текста. Данные умения обеспечивают полноту понимания и нахождение инварианта научного текста. Это такие умения как:

- умения выделять в тексте отдельные его элементы: основную мысль, ключевые слова, отдельные существенные факты;
- умения извлекать основную информацию из текста;
- умения обобщать отдельные факты текста;
- умения соотносить отдельные части текста друг с другом;
- умения распределять информацию на «новое» и «знакомое»;
- умения обращаться со справочной литературой в процессе письменного перевода.

Вторую группу умений составляют умения передачи информации текста в форме полного письменного перевода. В группу данных умений входят:

- умения осуществлять необходимые лексические (перестановка, замена, добавление, опущение) и грамматические (переводческие) трансформации (перестановка членов предложения, синтаксическая замена, замена формы слова), используемые в языке перевода;

- умения находить верные вербальные эквиваленты в языке перевода согласно контексту [6];

- сопоставлять текст оригинала и текст транслата в результате перевода речевого произведения.

Подводя итог вышесказанному, мы констатируем, что содержание обучения письменному переводу научных текстов включает в себя такие аспекты, как предметный и процессуальный аспект. Предметный аспект обучения письменному переводу научных текстов состоит из таких компонентов, как языковой материал (лексический и грамматический), темы, тексты. Процессуальный аспект содержания обучения письменному переводу научных текстов состоит из знаний (теоретических, практических и экстралингвистических), навыков (лексических, грамматических и «речевого навыка переключения» с одного языка на другой) и умений (смыслового анализа текста и письменной передачи информации текста в форме реферативного и полного письменного перевода).

Библиографический список

1. Воробьева, М. Б. К вопросу о работе над научным текстом / М. Б. Воробьева // Преподавание ИЯ и его лингвистические основы. — Москва : Наука, 1972. — С. 279—285.
2. Гальскова, Н. Д. Теория обучения иностранным языкам: Лингводидактика и методика : учеб. пособие для студ. лингв. ун-тов и фак. ин. яз. высш. пед. учеб. заведений / Н. Д. Гальскова, Н. И. Гез. — Москва : Академия, 2004. — 336 с.
3. Зимняя, И. А. Психологические аспекты обучения говорению на ИЯ : Кн. для уч-ля / И. Я. Зимняя. — Москва : Просвещение, 1985. — 160 с.
4. Комиссаров, В. Н. Современное переводоведение / В. Н. Комиссаров. — Москва, 2001. — 424 с.
5. Миньяр-Белоручев, Р. К. Методика обучения переводу на слух / Р. К. Миньяр-Белоручев. — Москва : Изд-во ИМО, 1959. — 190 с.
6. Нечаева, В. М. Методика обучения переводческой деятельности (в рамках курса русского языка как иностранного) / В. М. Нечаева. — Москва : Рус. яз., 1994. — 85 с.
7. Чичерина, Н. В. Профессионально-ориентированное обучение гидов-переводчиков в старших классах гуманитарной гимназии : дис. ... канд. пед. наук / Н. В. Чичерина. — Санкт-Петербург, 1996. — 239 с.
8. Шатилов, С. Ф. Методика обучения немецкому языку в средней школе / С. Ф. Шатилов. — Москва, 1986. — 223 с.
9. Щукин, А. Н. Обучение иностранным языкам: Теория и практика : учебное пособие для преподавателей и студентов / А. Н. Щукин. — Москва : Филоматис, 2004. — 416 с.

В статье рассмотрены вопросы проведения землеустроительных действий на территориях традиционного природопользования и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера в связи с новыми требованиями к точности границ землепользований для наполнения Национальной системы пространственных данных в Российской Федерации.

Ключевые слова: территории традиционного природопользования, территории традиционной хозяйственной деятельности, коренные малочисленные народы Севера, землеустройство.

Г. Г. Романов,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий кафедрой «Ландшафтная архитектура,
строительство и землеустройство»
(Сыктывкарский лесной институт)

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОЖИВАНИЯ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Введение.

На Земле проживает около пяти тысяч народностей, ведущих племенной образ жизни и занимающихся традиционным природопользованием. Определение «традиционное природопользование» подразумевает исторически сложившиеся, экологически обоснованные способы использования объектов животного и растительного мира, земельных и других природных ресурсов, характерные для коренных народов [1]. Их общее население на планете на разных континентах составляет около 300 млн человек, которые занимают примерно 20 % всей земной поверхности [2].

В России, согласно Единому перечню коренных малочисленных народов Севера (далее — КМНС), Сибири и Дальнего востока Российской Федерации, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 марта 2000 года № 255, проживает 40 коренных малочисленных народов, из которых половина — в Арктической зоне; численность каждого из них не превышает 50 тыс. человек [3].

В настоящее время Арктическая зона испытывает огромное давление бизнеса в связи с освоением ее энергетических ресурсов и использованием логистических преимуществ при организации Северного морского пути. При этом нарушаются права КМНС на территориях и традиционного природопользования (ТТП) и традиционной хозяйственной деятельности (ТХД).

В связи с вышеизложенным актуальность предлагаемой темы обусловлена необходимостью совершенствования механизмов государственного управления земельными ресурсами в местах традиционного проживания и хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов, проживающих

на севере территории Республики Коми. ТТП являются объектами с особым правовым режимом, их корректное отражение в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) является гарантом соблюдения прав малых этносов и рационального использования природных ресурсов.

Цель статьи — обратить внимание на проблемы землеустройства ТТП КМНС для сохранения исконной среды их обитания, защиты прав коренных народов и рационального использования земельных ресурсов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение правовых основ выделения зон с особыми условиями использования — территорий традиционного природопользования (ТТП) и традиционной хозяйственной деятельностью (ТХД) коренных малочисленных народов Севера (КМНС).

2. Рассмотрение экономических последствий отсутствия землеустройства и реестра границ на ТТП и ТХП КМНС, проживающих на территории Республики Коми.

3. Пути решения проблемы землеустройства на ТТП с помощью цифровых технологий.

Результаты и обсуждение.

Арктическая зона РФ (АЗРФ) включает в себя территории Мурманской обл., Ненецкого, Ямало-Ненецкого, Чукотского АО, части Архангельской обл., Красноярского края, Якутии, Карелии и Коми (рисунок 1).



Рис. 1. Территория Арктической зоны РФ, с проживающими на ней коренными малочисленным и народами Севера [4]

Всего в АЗРФ проживает порядка 20 народностей, сохраняющих традиционные оленеводство и промыслы. Крупнейшими из них являются: ненцы, чукчи, эвенки, эвены, ханты, манси. В меньшем количестве представлены эскимосы, долганы, нганасаны, саамы, энцы, селькупы, юкагиры, чуванцы, алеуты и др. Общая численность этих народов составляет около 102 тыс. человек [5].

Применительно к территории Республики Коми, единый перечень выглядит следующим образом (таблица 1).

Таблица 1. Единый перечень коренных малочисленных народов Российской Федерации (применительно к территории Республики Коми) [3]

Народ	Субъект Российской Федерации	Численность в РФ (человек), перепись 2021
Манси	Ханты-Мансийский автономный округ, районы Тюменской области, Свердловская область, Республика Коми	12 228
Ненцы	Ямало-Ненецкий автономный округ, Ненецкий автономный округ, районы Архангельской области, Красноярский край, Ханты-Мансийский автономный округ, Республика Коми	49 646
Ханты	Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, районы Тюменской области, Томская область, Республика Коми	31 467

В соответствии с данными Всероссийской переписи 2010 года, в Республике Коми проживает немногим более 500 человек из числа коренных малочисленных народов Севера.

Выделение в России определенных категорий населения в качестве специфических субъектов государственной политики определяется международным документом — Конвенцией № 169 МОТ (Конвенция о коренных народах и народах, ведущих племенной образ жизни в независимых странах) от 27 июня 1989 г. [6]. Россия ее не ратифицировала, но в целом придерживается ее положений. Субъектом этих документов являются «indigenous people», что переводится на русский как «местные», при этом критерий численности не используется.

Как видим из данных таблицы 1, в федеральный Единый перечень не вошли представители народа коми, традиционно занимающиеся оленеводством, — коми-ижемцы [7]. Причина заключается в том, что к малочисленным народам Правительство РФ относит только те из них, численность которых составляет менее 50 тыс. человек. По этому критерию народы коми, насчитывающие свыше 300 тыс. человек, не относятся к этой группе. Однако на региональном уровне их интересы представляет Министерство национальной политики Республики Коми.

В соответствии с вышеприведенными данными о КМНС, в районах Крайнего Севера Республики Коми существуют территории традиционного природопользования (ТТП) и традиционной хозяйственной деятельностью (ТХД), создаваемые для КМНС в целях сохранения их традиционного образа жизни и устойчивого использования ресурсов. Отметим, что ТТП создаются на землях с традиционной хозяйственной деятельностью в крайне северных районах с

весьма суровым климатом и практически отсутствием инфраструктуры. Согласно Перечню мест традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации, в Республике Коми они включают в себя городские округа Воркута, Инта (кроме г. Инты), Усинск (кроме г. Усинска), а также Ижемский и Усть-Цилемский муниципальные районы [7] (рисунок 2).

Рис. 2. Муниципальные образования Республики Коми, на которых расположены земли ТТП КМНС и коми-ижемских оленеводов [8]

- участки земли под поселения, стационарные жилища, стойбища, стоянки оленеводов, охотников, рыболовов;
- участки земли и водного пространства, используемые для ведения традиционного природопользования, в том числе олени пастбища, охотничьи и иные угодья;
- участки земли под объекты историко-культурного наследия, в том числе культовые сооружения, места древних поселений и места захоронений предков.

1. Оленеводство — вид традиционной хозяйственной деятельности, направленный на сохранение, разведение и использование домашних северных оленей.
2. Переработка продукции животноводства — сбор, заготовка и выделка шкур, шерсти, волоса, окостенелых рогов, копыт, пантов, костей, эндокринных желёз, мяса, субпродуктов.
3. Рыболовство и реализация водных биологических ресурсов.

4. Промысловая охота, переработка и реализация охотничьей продукции.
5. Земледелие (огородничество), а также разведение и переработка ценных в лекарственном отношении растений.

6. Заготовка древесины и недревесных лесных ресурсов для собственных нужд.

7. Собирательство — заготовка, переработка и реализация пищевых лесных ресурсов, сбор лекарственных растений.

Объединяет большинство ТТП, как у нас в республике, так и в других регионах Севера европейской и азиатской частей России, необустроенность земель КМНС. Землеустройство на территориях традиционного природопользования (ТТП) КМНС, согласно мнению академика С. Н. Волкова [9], совершенно необходимо и рассматривается как инструмент, гарантирующий сохранение уклада жизни коренных народов и рациональное использование земельных ресурсов.

Объектом исследования выступают земельные ресурсы, составляющие территории традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, проживающих на территории Республики Коми.

Предметом исследования являются процессы и методы формирования сведений ЕГРН об этих территориях.

Информационной базой исследования послужили нормативно-правовые акты Российской Федерации, Республики Коми, ведомственные приказы Росреestra, научные статьи, опубликованные в открытой печати.

Результаты и обсуждение.

Возникновение правового поля, регулирующее создание ТТП КМНС, имеет давнюю историю. Так, по данным Филипповой и Мултанова [5], в дореволюционный период «Уставом об управлении инородцев» были установлены географические ареалы проживания коренных жителей. Позднее, в советское время, в середине 20-х годов прошлого века было разработано «Временное положение об управлении туземных народностей и племен северных окраин РСФСР» (утв. постановлением ВЦИК и СНК от 26 октября 1926 года). Согласно этому документу, было проведено выделение в составе административно-территориальных единиц и субъектов РСФСР отдельных территорий, на которых проживало малочисленное коренное население Севера. Последний документ советского периода (Постановление Совета министров РСФСР от 11 марта 1980 года № 126 «О перечне районов проживания народностей Севера») содержал перечень из 88 территориальных единиц в составе 15 регионов — областей, краев и автономных республик. Последующие перечни увеличивали количество территориальных единиц и количество регионов (субъектов Федерации), которые рассматривались как места проживания и традиционного природопользования КМНС.

Таким образом, выделение перечня мест традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности КМНС РФ существует более 100 лет, объединяя в основном советский и современный периоды истории страны.

Этот перечень образует административно-территориальную основу применения различных форм и режимов взаимодействия коренных жителей с органами государственной власти, органами местного самоуправления, а в настоящее время недропользователями, инвесторами, иными хозяйствующими субъектами и «некоренным» населением этих мест.

По состоянию на 2025 год правовой режим ТТП регулировался комплексом федеральных законов, обеспечивающих интеграцию прав коренных малочисленных народов в цифровую среду Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН). Расширенный перечень нормативно-правового и технологического обеспечения кадастрового учета территории традиционного природопользования представлен в таблице 2.

Таблица 2. Нормативно-правовая база кадастрового учета ТТП и ТХД КМНС
(актуально на конец 2025 г.)

Категория актов	Наименование документа	Роль в кадастровом учете ТТП ТХД
Закон прямого действия	Конституция РФ, ст. 69	Российская Федерация гарантирует права коренных малочисленных народов в соответствии с общепризнанными принципами и нормами международного права и международными договорами Российской Федерации
Федеральные законы и постановления Правительства РФ: - о правах КМНС - перечень КМНС в РФ - О ТТП КМНС - Об общинах КМНС	ФЗ № 82 «О гарантиях прав КМНС РФ»	Устанавливает правовые основы гарантий самобытного социально-экономического и культурного развития коренных малочисленных народов Российской Федерации, защиты их исконной среды обитания, традиционных образа жизни, хозяйственной деятельности и промыслов
	Постановление Правительства РФ от 24.03.2000 № 255	Утвержден Единый перечень коренных малочисленных народов Российской Федерации. (В 2002 году в него были включены коми-ижемцы)
	ФЗ от 07.05.2001 № 49-ФЗ «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации»	Устанавливает правовые основы образования, охраны и использования территорий традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации для ведения ими на этих территориях традиционного природопользования и традиционного образа жизни
	ФЗ-№ 104 от 20.07.2000 «Об общих принципах организации общин коренных малочисленных народов Севера,	Устанавливает общие принципы организации и деятельности общин коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации, создаваемых в целях защиты искон-

Категория актов	Наименование документа	Роль в кадастровом учете ТТП ТХД
Регистрационные ФЗ	Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации»	ной среды обитания, традиционного образа жизни, прав и законных интересов указанных коренных малочисленных народов, а также определяет правовые основы общинной формы самоуправления и государственные гарантии его осуществления
	Распоряжение Правительства Российской Федерации № 978-р от 15 апреля 2021 года	утверждает программу государственной поддержки традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов РФ, осуществляемой в Арктической зоне РФ: в ред. от 27 декабря 2023 года
	ФЗ № 218 «О государственной регистрации недвижимости»	Определяет порядок внесения сведений о границах ТТП в ЕГРН (ст. 10)
	Земельный кодекс РФ (ст. 97)	Относит ТТП к землям особо охраняемых территорий и объектов
Земельные ФЗ	ФЗ № 448 «О публично-правовой компании “Роскадастр”»	Наделяет ППК полномочиями по ведению НСПД и исправлению реестровых ошибок
Технологические		
Ведомственные	Приказы Росреестра об XML-схемах	Устанавливают технические требования к электронным документам (картам-планам) ТТП
Региональные нормативные документы	Закон Республики Коми от 1 марта 2011 года № 18-РЗ «Об оленеводстве в Республике Коми»	Создание условий для эффективного и устойчивого развития оленеводства в Республике Коми как неотъемлемой части традиционного образа жизни и культуры коренных малочисленных народов Севера Российской Федерации

Однако надо отметить, что несмотря на обилие федеральных и региональных законов, важнейшими неурегулированными аспектами этой проблемы является необходимость выделения и юридического оформления территорий традиционного природопользования на федеральном уровне, в том числе разработка порядка возмещения ущерба и компенсационных мероприятий. В соответствии с Федеральным законом ФЗ-82 «О гарантиях прав коренных малочисленных народов Российской Федерации» они могут участвовать в контроле за использованием земель, ресурсов местах их традиционного проживания и хозяйственной деятельности (п. 2 ст. 8) и даже иметь право на возмещение убытков, если организации или физические лица нанесут ущерб среде обитания. Но, к сожалению, до сих пор законодательно не определено, как этот экономический механизм компенсации за убытки должен работать, куда, на что, кому идут эти средства. Нет и юридически закрепленных комплексных методик оценки

ущерба и компенсаций (особенно при изъятии земель), которые могли бы в судах рассматриваться в качестве расчетов экологических и ресурсных потерь ТТП [2]. В связи с вышесказанным, цитируемый выше автор предлагает разработать и утвердить методику определения ущерба и убытков, причиненных среде обитания и традиционному природопользованию коренных народов, а также разработать и утвердить порядок возмещения ущерба и убытков, причиненных добывающими компаниями этим народам, с чем мы полностью согласны. Все эти вопросы решаются при условии проведения землеустройства в соответствии с современными требованиями на землях ТТП и ТХД КМНС.

В 2022 году в России была создана и стала функционировать Национальная система пространственных данных (НСПД), которая регулируется рядом постановлений правительства, ключевым из которых является **постановление Правительства РФ от 07.06.2022 № 1040**, утвердившее положение о ФГИС «Единая цифровая платформа «НСПД».

Ключевыми целями НСПД являются:

1. Формирование единого информационного ресурса о земле и недвижимости.
2. Ускорение получения госуслуг (включая постановку на кадастровый учет, регистрацию прав, аренду участков).
3. Повышение качества сведений о границах и характеристиках недвижимости.
4. До 2030 года к платформе должны быть подключены все регионы РФ.

Здесь отметим, что в соответствии с вышеуказанным Постановлением в 2025 году рассматриваемые территории включены в перечень приоритетных объектов для отображения на единой цифровой платформе, с требованием обеспечения 100 % точности их границ. Выполнение данного требования невозможно без современного технического и технологического обеспечения соответствующих структур. Это побудило Росреестр уже в 2025 году перевести процесс кадастрового учета ТТП на полностью цифровой формат, включающий следующие компоненты:

- Федеральная государственная информационная система Единого государственного реестра недвижимости (ФГИС ЕГРН) и НСПД: использование единого облачного решения для ведения реестра границ. Сведения поступают в порядке межведомственного взаимодействия от федеральных и региональных органов власти.

- Формат XML-схем: все описания границ ТТП принимаются строго в актуальных XML-форматах, содержащих не только координаты, но и детальный перечень ограничений (например, виды ограничений и запрещенной хозяйственной деятельности).

- Автоматизированная верификация: при поступлении документов система в автоматическом режиме проводит «пространственный анализ» на предмет пересечений с уже существующими земельными участками, лесничествами и объектами культурного наследия.

Однако, не смотря на определенные успехи технического и технологического обеспечения кадастра, в 2025 году выявились и нерешенные проблемы:

1. Проблема так называемых старых описаний. Дело в том, что значительная часть ТТП, созданных в 1990—2000-е годы имеет семантическое описание без координатной привязки, иначе говоря, являются декларативными, т.е. с юридической точки зрения не существующими. Это приводит к тому, что они становятся «невидимыми» для автоматических систем контроля земле- и недропользования, что затрудняет работу надзорных и природоохранных служб.

2. Разнородность использованных систем координат: при интеграции данных соответствующих муниципальных образований Республики Коми в федеральную систему часто выявляются погрешности, вызванные некорректным пересчетом из местных систем координат (МСК) в государственные.

К вышеотмеченным проблемам можно добавить вопросы возникновения кадастровых ошибок и неактуальных сведений ЕГРН на организацию использования земель традиционного природопользования. Например, в некоторых случаях выявлен конфликт классификаторов земель: ТТП ошибочно классифицируются как зоны с особыми условиями использования (ЗОУИТ), хотя по закону они являются территориями с особым статусом использования земель, что требует разных подходов к исправлению ошибок.

Заключение.

Таким образом, можно заключить, что нормативная база в 2025 году полностью сформирована, технически и технологически оснащена для выделения ТТП и проведения на них землеустройства, однако требует уточнения в части устранения вышеотмеченных проблем технического и юридического характера, а также и упрощения процедуры согласования границ ТТП, например, с Рослесхозом.

Следовательно, основной упор в вопросах землеустройства ТТП и ТХД на ближайший период должен быть сделан на переход от заявительного внесения сведений к обязательной массовой инвентаризации границ ТТП современными методами, такими как фотограмметрия и дистанционное зондирование земель (ДЗЗ). Это позволит за счет привлечения государственного финансирования в короткие сроки осуществить проведение на вышеуказанных территориях комплексные кадастровые работы, наполнение национальной системы пространственных данных в соответствии с новыми требованиями и перевод старых бумажных описаний ТТП в современные высокоточные векторные модели НСПД.

Библиографический список

1. Рагулина, М. В. Традиционное природопользование коренных малочисленных народов Сибири: тенденции и парадоксы развития / М. В. Рагулина // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». — 2014. — Т. 7. — С. 116—128.
2. Транин, А. А. Территории традиционного природопользования коренных малочисленных народов российского Севера (проблемы и перспективы) / А. А. Транин. — Москва : Институт государства и права РАН, 2010. — 88 с.

3. Единый перечень коренных малочисленных народов Российской Федерации : постановление Правительства Российской Федерации от 24.03.2000 № 255 (с дополнениями и изменениями) // СПС «КонсультантПлюс».
4. URL: <https://www.google.com/search> (дата обращения: 12.02.2026).
5. Филиппова, Н.А. Право на традиционное природопользование и особенности его реализации в условиях ускоренного социально-экономического развития российской Арктики / Н.А. Филиппова, С.А. Мултанов // Государственная политика. — 2024. — № 3. — С. 3—15.
6. Конвенция № 169 МОТ (Конвенция о коренных народах и народах, ведущих племенной образ жизни в независимых странах, № 16) // СПС «КонсультантПлюс».
7. Об утверждении перечня мест традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности малочисленных народов РФ и перечня видов традиционной хозяйственной деятельности : распоряжение Правительства РФ от 08.05.2009 № 631-р (ред. от 21.07.2023) // СПС «КонсультантПлюс».
8. Жуков, М. А. Коми-ижемцы — субъекты традиционного природопользования / М. А. Жуков // Социально-экономические, политические и исторические аспекты развития северных и арктических регионов России : материалы Всероссийской научной конференции (г. Сыктывкар, 17—18 октября 2018 г.). — Сыктывкар, 2018.
9. URL: [BNKomi.ru\data/news/170025/](https://bnkomi.ru/data/news/170025/)
10. О федеральной государственной информационной системе «Единая цифровая платформа «Национальная система пространственных данных» : постановление Правительства РФ от 07.06.2022 № 1040 // СПС «КонсультантПлюс».

В статье рассмотрено применение кондуктометрических методов для оценки уровня жидкости с целью обеспечения высокой точности работы насосов, поддерживающих заданный уровень в резервуаре. Отмечается безопасность метода, основанного на использовании токов малой мощности, что допускает его применение на объектах с повышенными требованиями, включая опасные производства. Предложенное решение направлено на повышение надежности и упрощение архитектуры системы управления.

Ключевые слова: кондуктометрический датчик, насосная станция, автоматизация, управление приводом.

И. В. Рыженко,

студент;

О. А. Кирпичёва,

старший методист, преподаватель

(ГАПОУ «СЛТ»)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ

Управление оборудованием в зависимости от уровня жидкости получило огромное распространение и весьма востребовано как в повседневной бытовой деятельности, так и в промышленности [1]. Вот основные примеры применения автоматики управления в зависимости от уровня жидкости:

- 1) заполнение и опорожнение бассейнов;
- 2) защита от протечек и затопления;
- 3) автоматическая откачка воды из подвалов, шахт, колодцев, котлованов и пр.;
- 4) откачка канализационных стоков;
- 5) наполнение накопительных емкостей;
- 6) защита насосов от работы без воды;
- 7) регулирование рабочего уровня в малодебитных скважинах и колодцах;
- 8) защита нагревательных приборов от работы без воды.

Устройства контроля уровня имеют разный принцип работы, но в конечном итоге их назначение сводится к одному свойству — разрывать или замыкать электрическую цепь в зависимости от уровня жидкости. Устройства управления могут быть механическими или электронными [2].

Стоимость механических устройств, как правило, ниже, но там, где требуется максимальная точность и (или) надежность срабатывания, предпочтительно использование электронных устройств регулирования уровня. Существует три поколения автоматики для управления насосом. Первое поколение автоматики чаще всего механическое, из-за чего имеет низкую стоимость. Второе поколение имеет электронную систему управления, за счет чего подача воды происходит в автономном режиме. Самые надёжные системы автоматической регулировки подачи воды относятся к третьему поколению, так как в них

устанавливается электронный блок управления с частотным преобразователем [3].

Устройства второго и третьего поколения используют кондуктометрический метод определения наличия жидкости. Принцип основан на том, что в жидкость погружаются электроды, между которыми протекает малый ток с небольшим напряжением. Специальный контроллер таким образом с абсолютной точностью отслеживает уровень жидкости. Метод обладает высокой надежностью, точностью регулирования и более гибким режимом, т.к. можно произвольно выставить уровни [4–6].

Описание разработанной схемы (рисунок 1): параллельно к сети питания подключается понижающий трансформатор на 12 В, который питает непосредственно контроллер. Фазный провод проходит через контроллер и идет на электронасос. К плате подведены три кабеля, которые подключены к гнездам А, В и С. Эти кабели погружаются в резервуар с жидкостью. Замыкание между ними приводит к включению или отключению насоса.

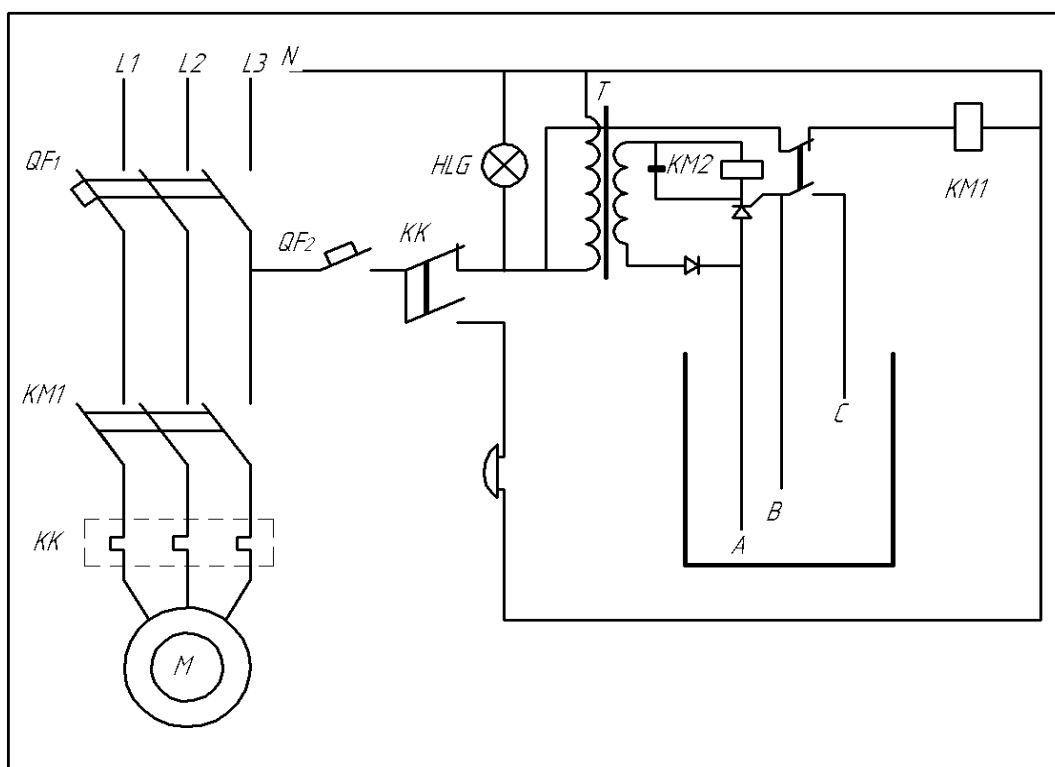


Рис. 1. Схема управления пуском электродвигателя насоса через кондуктометрический контроллер

Максимальный допустимый ток — 10 А, мощность — 2 кВт. Недостатком данной схемы является низкий пусковой ток и малая мощность, которую может пропускать через себя контроллер, а также невозможность работать с трехфазными двигателями. В случае применения более мощных приводов насосов контроллер сгорит из-закратно возросшей нагрузки. В связи с этим возникает проблема разработки оптимальной схемы управления насосом.

Контроллер поддерживает два режима работы: откачка воды до определенного уровня и накачка воды до определенного уровня.

Нижний и верхний уровень регулируются установкой проводов, подключенных к разъемам В и С.

Уровень С — верхний возможный уровень, до которого вода будет накачена, или при замыкании которого начнется откачка воды.

Уровень В — нижний уровень, до которого происходит откачка жидкости, или при осушении которого происходит накачка в резервуар.

Разъем А отвечает за датчик, который находится в контакте с уровнем В или С, и регулирует уровень, выше или ниже которого может находиться уровень воды в разных режимах работы.

Включение катушки магнитного пускателя будет осуществляться через кондуктометрический контроллер, включаемый в сеть от трансформатора напряжения. Также в системе необходимо предусмотреть сигнальные лампы и звонок в случае аварии [7].

Схема управления электродвигателя насоса включает в себя аппараты, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Оборудование схемы управления пуском электрического двигателя насоса через кондуктометрический контроллер

Обозначение на схеме	Тип	Марка
QF1	Автоматический трёхполюсный выключатель	Автоматический выключатель 3Р, С, 63 А, ВА47-29, 4.5 кА, MVA20-3-063-С
QF2	Автоматический однополюсный выключатель	Автоматический выключатель 1Р, С, 10 А, ВА47-29, 4.5 кА, MVA20-1-010-С
KM1	Магнитный пускатель	ПМЛ-4221
KM2	Кондуктометрический контроллер	Датчик уровня 12 В + трансформатор 220/12 В
KK	Тепловое реле	РТЛ2059
НА	Аварийный звонок	Звонок на DIN-рейку ЗД-47 MZD10-230
HLG	Сигнальная лампа индикации напряжения	Лампа сигнальная ЛС-47 зел. MLS10-230-K06
А, В, С	Контакты кондуктометрического контроллера	ДС.П.3

Сборка разработанной схемы производилась на базе электротехнической мастерской ГАПОУ «СЛТ». При сборке были сделаны следующие допущения:

1) электродвигатель был заменен на сигнальные лампы для проверки включения;

2) контакторы кондуктометрического контроллера заменены на медные окончания проводников;

3) проверка работоспособности схемы проводилась путем прямого замыкания контактов А, В и С без погружения в воду.

Результат сборки схемы представлен на рисунке 2.

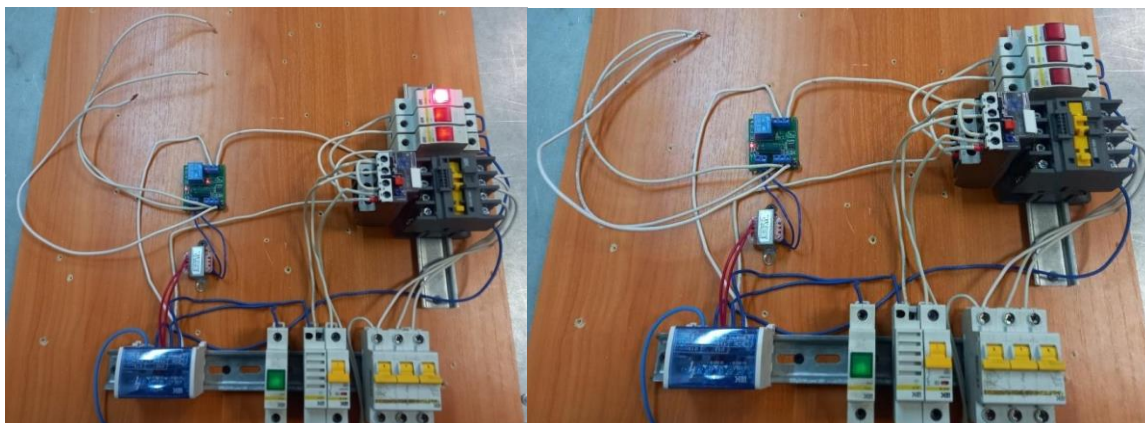


Рис. 2. Схема управления пуском электропривода насоса через кондуктометрический контроллер. Включено (слева) — контакты не замкнуты. Выключено (справа) — контакты замкнуты (находятся в гальванической связи)

В результате реализации проекта был проведен теоретический расчет схемы питания мощных электродвигателей насосов с их управлением через кондуктометрический датчик. На основе теоретического расчета было подобрано оборудование и разработана схема управления насосом.

Разработанная схема управления была собрана и проверена на работоспособность. Подтверждена возможность управлять приводом насоса через кондуктометрический контроллер, работающий от сети 24 В, что является безопасным для человека.

Библиографический список

1. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — Москва : Профессия, 2003. — 380 с.
2. Воронов, А. А. Основы теории автоматического регулирования / А. А. Воронов. — Москва : Высшая школа, 1977. — 519 с.
3. Попович, Н. Г. Теория электропривода / Н. Г. Попович, Н. Г. Борисюк. — Казань : Высш. шк., 2003. — 494 с.
4. Полузадов, В. Н. Электрические машины. Проектирование асинхронных двигателей общего назначения и взрывозащищенных исполнений : учебное пособие / В. Н. Полузадов, А. В. Дружинин, Е. А. Волкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 316 с.
5. Мурашов, А. О. Расчет электрических нагрузок : практическое пособие / А. О. Мурашов, Н. И. Рузанова. — Санкт-Петербург : Страта, 2022. — 126 с.
6. Щербаков, Е. Ф. Электрические аппараты : учебное пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров. — Москва : ФОРУМ ИНФРА-М, 2024. — 303 с.
7. Мухачева, В. Б. Правила выполнения электрических схем : учебно-методическое пособие / В. Б. Мухачева. — Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2018. — 48 с.

Исследуются методологические и алгоритмические особенности применения принципа оптимальности Беллмана в процессе проектирования учебных и олимпиадных задач по компьютерным наукам. Актуальность работы обусловлена высокой востребованностью метода динамического программирования в подготовке ИТ-специалистов и регулярным присутствием данного класса задач на профильных соревнованиях по спортивному программированию, что накладывает жесткие требования к математической корректности авторских формулировок. Выявлены и систематизированы типичные ошибки составителей задач, приводящие к скрытому нарушению свойства отсутствия последствия для состояний системы и разрушению оптимальной подструктуры. На примере классической задачи поиска кратчайшего пути предложен математический аппарат восстановления корректности рекуррентных соотношений за счет контролируемого расширения размерности пространства состояний. Предложен пошаговый алгоритм проверки условий задач. Практическая ценность исследования заключается в возможности интеграции предложенного в автоматизированные проверяющие системы для повышения качества дидактических материалов.

Ключевые слова: динамическое программирование, принцип оптимальности Беллмана, проектирование алгоритмических задач, отсутствие последствия, топологическая сортировка, граф состояний, алгоритм Беллмана — Хелда — Карпа.

А. А. Самородницкий,
кандидат физико-математических наук, доцент;
Г. А. Лялькин,
студент 2 курса направления
«Информационные системы и технологии»
(Сыктывкарский лесной институт)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПА ОПТИМАЛЬНОСТИ БЕЛЛМАНА ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ЗАДАЧ

1. Постановка задачи. В современной сфере разработки программного обеспечения и подготовке ИТ-специалистов умение грамотно проектировать алгоритмы является одним из основных квалификационных требований. Особое место в этом процессе занимает метод динамического программирования. Изучение динамического программирования развивает навыки декомпозиции сложных систем, оптимизации пространственной и временной сложности алгоритмов, а также учит эффективному управлению вычислительными ресурсами. Понимание принципов динамического программирования традиционно считается показателем высокой алгоритмической подготовки разработчика и тестируется на профильных олимпиадах по спортивному программированию среди студентов и даже школьников, а также на технических собеседованиях в ведущих технологических компаниях.

Несмотря на высокую востребованность метода, в образовательной практике и олимпиадной среде наблюдается определенный дефицит корректно сформулированных учебных и авторских задач. Написание качественной задачи на динамическое программирование требует от составителя обязательного

соблюдения математических условий применения метода. Однако на практике авторы учебных пособий допускают методологические ошибки при моделировании предметной области. Наиболее распространенной проблемой является интуитивное, но математически не обоснованное введение дополнительных ограничений в текстовые условия задач. Это приводит к скрытому нарушению условий оптимизации, из-за чего стандартные рекуррентные соотношения перестают работать, а предложенные авторские решения становятся некорректными.

2. Теоретическая база (принцип оптимальности Беллмана). Математическим фундаментом для построения любой корректной задачи на динамическое программирование является принцип оптимальности, сформулированный Р. Беллманом. Согласно классическому определению, *«оптимальное поведение обладает тем свойством, что какими бы ни были первоначальное состояние и решение в начальный момент, последующие решения должны составлять оптимальное поведение относительно состояния, получившегося в результате первого решения»* [1]. Этот принцип легко проверяется доказательством от противного. В контексте компьютерных наук это означает, что любая подзадача, извлеченная из глобальной оптимальной траектории, сама по себе должна оставаться оптимальной. Построение корректного алгоритма возможно только тогда, когда задача обладает свойством оптимальной подструктуры и перекрывающимися подзадачами [2].

Объект описанного ниже исследования — процесс проектирования и алгоритмизации текстовых задач по динамическому программированию. Предмет исследования — условия и ограничения, накладываемые принципом оптимальности Беллмана на структуру графа состояний и переходов конструируемой задачи. Цель работы — систематизация ключевых особенностей применения принципа Беллмана при моделировании алгоритмических задач.

3. Математический аппарат. В основе метода динамического программирования лежит концепция разбиения одной сложной многопараметрической задачи в цепочку более простых подзадач. Математически этот процесс описывается как декомпозиция исходной системы на шаги и состояния. **Шаг k** — это дискретный этап управления или фиксации изменений в системе. В текстовых задачах шагом может выступать номер текущего элемента (например, в задаче о наибольшей возрастающей подпоследовательности, смотрите [2, раздел 16.3, с. 319] или [3, с. 157]) или текущий объем заполнения емкости (в задаче о рюкзаке, смотрите [3, раздел 6.4] или [4, глава 3]), или номер итерации времени в физических процессах. **Состояние $s \in S$** — это необходимый и достаточный набор параметров (вектор координат), который полностью характеризует систему на текущем шаге k . Главное правило декомпозиции: фиксация состояния s_k должна полностью отсекаать влияние всех решений, принятых на шагах с 1 по $k - 1$ (т.е. имеет место марковское отсутствие последействия; смотрите здесь и ниже [1, глава XI]). Размерность n вектора состояния напрямую определяет пространственную сложность алгоритма $O(n^d)$, где d — количество параметров состояния.

Множество всех возможных состояний формирует **пространство состояний** S . Главная задача автора при составлении новой задачи – спроектировать S так, чтобы между состояниями можно было установить отношение строгого частичного порядка (топологическую сортировку [3]). Это гарантирует, что граф состояний будет ориентированным ациклическим графом, что является обязательным условием для корректного последовательного заполнения массива динамического программирования [3, разделы 6.1, 6.2, с.156 – 158].

Для детерминированных систем, где каждое решение $u_k \in U$ однозначно переводит систему из состояния s_k в состояние s_{k+1} , рекуррентное соотношение Беллмана формулируется через функцию выигрыша (или потерь). Пусть $f_k(s_k)$ — оптимальное значение целевой функции (например, минимальная стоимость пути) от текущего состояния s_k до конечного состояния. Тогда фундаментальное **уравнение Беллмана** записывается в следующем виде:

$$f_k(s_k) = \min_{u_k \in U(s_k)} \{W_k(s_k, u_k) + f_{k+1}(s_{k+1})\},$$

где: u_k — допустимое управление, принимаемое на шаге k , $W_k(s_k, u_k)$ — непосредственный «вклад» (стоимость перехода) текущего шага при выборе управления u_k , $f_{k+1}(s_{k+1})$ — накопленная оптимальная стоимость для всех последующих шагов, начиная со следующего состояния s_{k+1} . При этом для конечного состояния s_n задается граничное условие: $f_n(s_n) = \Phi(s_n)$. В ряде изданий учебного характера о граничных условиях не упоминается, но можно догадаться, что они — нулевые.

При составлении задач автор обязан гарантировать, что функция общего выигрыша обладает свойством аддитивности, т.е. глобальный критерий эффективности пути P может быть представлен как сумма локальных стоимостей переходов:

$$F(P) = \sum_{k=1}^{n-1} W_k(s_k, u_k) + \Phi(s_n).$$

Критически важным условием применимости уравнения Беллмана является свойство **марковского процесса** (свойство отсутствия последействия, заложенное в сам принцип оптимальности, о котором говорилось выше). *Процесс принятия решений обладает марковским свойством, если поведение системы в будущем (на шагах $k + 1, k + 2, \dots$) зависит исключительно от ее текущего состояния s_k и принимаемого решения u_k , и абсолютно не зависит от того, каким именно путем система пришла в состояние s_k .* В олимпиадных задачах и задачах для самостоятельного решения бывает, что это свойство нарушается формулировками типа: «...при этом робот не может два раза подряд поворачивать налево» или «...обойдя все вершины графа ровно по одному разу». Если траектория системы до точки (s_k, u_k) влияет на допустимость решений на шаге $k + 1$, классическое динамическое программирование ломается. Информацию о «предыстории» приходится принудительно встраивать в сам вектор состояния, увеличивая его размерность (смотрите [3, глава 6] или [4, глава 3]).

Принцип Беллмана не является универсальным инструментом. Выделяют два главных математических ограничения, при которых метод перестает работать: 1) наличие циклов отрицательного веса в графе состояний; если граф переходов между состояниями содержит ориентированный цикл, суммарный вес которого меньше нуля, то рекуррентный пересчет по Беллману уходит в бесконечную минимизацию (смотрите [5, глава 10]); поиск оптимальной подструктуры становится невозможным, так как «оптимальный хвост» можно бесконечно улучшать, накручивая круги по циклу; для корректности задачи граф состояний должен быть строго ациклическим (смотрите [5, раздел 8.6, с.197]); 2) принцип Беллмана требует, чтобы операция объединения стоимостей подзадач была монотонной; если операция объединения подзадач немонотонна, то теряется право отсекать неоптимальные на данном шаге ветви, приходится помнить *вообще все* траектории, что превращает динамическое программирование в полный перебор.

4. Особенности составления задач на динамическое программирование. При составлении задач на динамическое программирование автору следует не просто математически описать граф состояний, но и спроектировать его с учетом физических ограничений – вычислительной сложности по времени и пространственной сложности по памяти [2].

Проектирование пространства состояний включает в себя две критически важные ИТ-задачи: 1) минимизация размерности вектора состояния; каждый дополнительный параметр (координата) в векторе состояния $s_k = (x_1, x_2, \dots, x_d)$ значительно увеличивает размер многомерного массива (таблицы динамического программирования), необходимого для хранения вычисленных подзадач; если для решения задачи требуется таблица размерности $n \times n$, пространственная сложность составляет $O(n^2)$; при $n = 10^5$ такой алгоритм потребует выделения избыточного объема ОЗУ (порядка десятков гигабайт) и приведет к ошибке «превышение лимита памяти» на тестирующем сервере; 2) применение оптимизации слоев; если функция переходов (уравнение Беллмана) на шаге k использует значения строго с предыдущего шага $k - 1$, автору задачи следует закладывать в ограничения возможность оптимизации памяти; вместо хранения всей таблицы размера $n \times m$ в памяти ЭВМ достаточно хранить только два последних слоя (строки) массива [2]. Пространственная сложность при этом снижается с $O(n \times m)$ до $O(m)$, что позволяет обрабатывать значительно большие объемы входных данных при неизменном ограничении по памяти.

Обязательным условием корректности алгоритма динамического программирования является возможность вычисления значений подзадач строго до того, как они будут использованы для вычисления родительских состояний. Это свойство напрямую связано с понятием топологической сортировки графа состояний [3].

В корректно спроектированной задаче граф, вершинами которого являются состояния, а направленными ребрами — переходы (зависимости), должен быть строго ориентированным ациклическим графом (смотрите [5, раздел 8.6,

с.197]). При составлении задачи автор обязан гарантировать, что: 1) граф состояний не содержит циклических зависимостей (ситуаций, когда для вычисления состояния A нужно знать состояние B , а для вычисления B требуется состояние A); при наличии циклов стандартный последовательный обход (как снизу вверх через циклы, так и сверху вниз через мемоизацию) приводит к бесконечной рекурсии или некорректным результатам; 2) выбранный порядок обхода естественным образом следует топологическому порядку. Например, для рабочей матрицы динамического программирования $DP(n \times m)$, которая рекуррентным образом заполняется алгоритмом в процессе расчета, если состояние dp_{ij} зависит от $dp_{i-1,j}$, то внешний цикл по переменной (i) должен строго возрастать.

Функция переходов (рекуррентное соотношение) — это алгоритмическая интерпретация уравнения Беллмана. При формулировании этой функции автор задачи должен четко выделить три компонента: 1) базовые случаи (граничные условия); это тривиальные подзадачи минимального размера, решения которых очевидны и не требуют вычислений; некорректное задание базовых случаев — самая частая причина ошибок типа «выход за границы массива» или «неверный ответ» на первой же итерации алгоритма; 2) выделение инвариантов, когда на каждом шаге пересчета должно сохраняться логическое свойство системы (инвариант), гарантирующее корректность локального выбора; например, в задаче о рюкзаке инвариантом является то, что в ячейке dp_{iw} всегда хранится *максимальная* стоимость подмножества из первых i предметов, суммарный вес которых строго не превышает w ; 3) обработка недостижимых состояний — автор должен определить маркеры для состояний, в которые система не может попасть из начальной точки (обычно используется константа ∞ или $-\infty$); ошибка составителя здесь часто заключается в некорректном выборе значения бесконечности, что приводит к арифметическому переполнению при сложении стоимости перехода с маркером недостижимости.

5. Типичные ошибки авторов при моделировании. В методической практике при разработке заданий выделяют две классические ловушки, в которые попадают некоторые авторы при попытке составить задачу на динамическое программирование.

Ловушка 1. Ошибка скрытого последствия. Этот дефект возникает, когда автор интуитивно уверен, что задачу можно решить через динамическое программирование, но текстовое условие вводит скрытую зависимость от глобальной предыстории (нарушается марковское свойство отсутствия последствия). Например, задача о поиске пути на графе с минимальной стоимостью, где вводится ограничение: *запрещено посещать более двух городов из одной и той же области*. В данном случае граф состояний теряет свойство оптимальной подструктуры. Локально оптимальный выбор пути на 3-м шаге может заблокировать возможность совершить переход на 10-м шаге из-за накопленного «счетчика областей». Классическое уравнение Беллмана здесь не работает, так как «оптимальный хвост» перестает быть независимым от пройденного пути.

Ловушка 2. Нарушение аддитивности или монотонности целевой функции. Она проявляется, когда функция стоимости шага нелинейно зависит от

глобального контекста, а также, когда операция объединения стоимостей подзадач не сохраняет монотонность отношений типа «лучше — хуже». Например, автор предлагает задачу, где общая стоимость пути вычисляется как *произведение* стоимостей всех ребер, причем веса ребер могут быть как положительными, так и отрицательными. Если на некотором шаге алгоритм выбирает локальный минимум (например, сильно отрицательное число), это может показаться оптимальным шагом для минимизации. Однако, если на следующем шаге вес ребра также окажется отрицательным, их произведение станет большим положительным числом, что глобально ухудшит результат. Принцип Беллмана здесь разрушается, так как локальный экстремум подзадачи не гарантирует достижение глобального экстремума всей системы.

6. Разбор примеров. Для наглядной демонстрации того, как особенности принципа Беллмана влияют на процесс проектирования алгоритмических задач, рассмотрим практический кейс. В качестве базового прототипа возьмем классическую задачу динамического программирования — поиск кратчайшего пути на сетке (в матрице).

Пример 1. Поиск пути в ациклическом графе состояний. Дана прямоугольная матрица $A(n \times m)$, в каждой ячейке которой записано целое положительное число — стоимость посещения этой ячейки. Робот начинает движение в верхнем левом углу $(1, 1)$ и должен переместиться в нижний правый угол (n, m) . Из текущей ячейки (i, j) разрешено перемещаться только в две соседние ячейки: вправо $(i, j + 1)$ или вниз $(i + 1, j)$. Требуется найти путь с минимальной суммарной стоимостью.

Математическая модель данной задачи полностью удовлетворяет принципу Беллмана: 1) состояние; пара координат $s = (i, j)$, однозначно определяющая положение робота; 2) шаг; дискретное перемещение (увеличение одного из индексов на 1); всего процесс занимает $n + m - 2$ шагов; 3) отсутствие последствий: множество допустимых ходов и стоимость перехода зависят исключительно от текущих координат (i, j) и не зависят от того, по какому маршруту робот пришел в эту точку; 4) Рекуррентное уравнение Беллмана:

$$dp_{ij} = a_{ij} + \min\{dp_{i-1,j}; dp_{i,j-1}\},$$

где a_{ij} — элемент постоянной матрицы A из условий примера, dp_{ij} — это элемент рабочей матрицы динамического программирования $DP(n \times m)$, которая заполняется алгоритмом в процессе расчета. Значение в ячейке dp_{ij} — это глобальная целевая функция подзадачи, то есть минимально возможная суммарная стоимость пути от стартовой точки $(1, 1)$ до текущей точки (i, j) .

Граф состояний для базового прототипа представляет собой классический ориентированный ациклический граф. Вершинами данного графа являются дискретные состояния системы — координаты ячеек (i, j) , а направленные ребра указывают на причинно-следственные связи и допустимые направления переходов $(i, j) \rightarrow (i + 1, j)$ и $(i, j) \rightarrow (i, j + 1)$.

Согласно принципу Беллмана, вычисление значения в текущем узле графа невозможно до тех пор, пока не определены финальные значения во всех его узлах-предшественниках. Это фундаментальное требование реализуется с

помощью математической процедуры топологической сортировки вершин графа — их линейного упорядочивания, при котором любое ребро ведет от вершины с меньшим порядковым номером к вершине с большим номером.

В рассматриваемой базовой задаче структура графа такова, что отношения частичного порядка между вершинами строго детерминированы индексами матрицы. Координаты вершин естественным образом упорядочены по неубыванию: для любого перехода из (i_1, j_1) в (i_2, j_2) всегда выполняется математическое условие $i_1 \leq i_2$ и $j_1 \leq j_2$. Следовательно, граф не требует применения сложных алгоритмов сортировки (таких как обход в глубину). Задача топологического упорядочивания тривиально решается на уровне архитектуры вычислительной системы с помощью двух вложенных итерационных циклов, осуществляющих последовательный перебор индексов ячеек строго слева направо (по столбцам j) и сверху вниз (по строкам i).

Некорректная модификация. Предположим, неопытный автор решает усложнить задачу для олимпиады или студенческой лабораторной работы и вносит в условие дополнительное ограничение.

Испорченное условие: *Все исходные условия прежние, но робот физически не может совершить три шага подряд в одном и том же направлении (например, три раза подряд пойти вправо или три раза подряд пойти вниз).*

Математический анализ дефекта. Попытка решить эту задачу с помощью прежней структуры динамического программирования, используя состояние $s = (i, j)$, приведет к логической ошибке (Ловушка — «скрытое последствие»). Пусть в ячейку (i, j) ведут два разных пути. Путь C имеет суммарную стоимость 10, и его последние два шага были сделаны *вправо*. Путь B имеет стоимость 12, но его последние два шага были сделаны *вниз*. Если мы используем стандартный алгоритм, значение в ячейке dp_{ij} перезапишется оптимумом от пути C (так как $10 < 12$). Информация о пути B будет безвозвратно стерта. Однако, если следующим оптимальным ходом для достижения финала является ход *вправо*, путь A совершить его не сможет (это будет третий ход вправо подряд). Алгоритм будет вынужден пойти вниз, что может привести к глобально худшему результату. В то же время путь B мог бы беспрепятственно пойти вправо. Таким образом, «оптимальный хвост» траектории перестал быть оптимальным из-за влияния предыстории. Нарушено свойство отсутствия последствия, принцип Беллмана разрушен, а стандартный код динамического программирования выдаст некорректный ответ.

Корректная модификация (восстановление марковости). Чтобы исправить задачу и сделать ее применимой для метода динамического программирования, автор должен восстановить марковское свойство системы. Единственный математический способ сделать это без изменения структуры самого метода — расширить размерность вектора состояния. Для того чтобы система «забыла» предысторию, мы должны заставить текущее состояние помнить ровно столько информации о прошлом, сколько необходимо для принятия решения в будущем. Нам нужно знать: 1) в каком направлении был сделан последний шаг

(0 — вправо, 1 — вниз); 2) сколько шагов подряд в этом направлении уже было совершено (1 или 2).

Новая структура состояний: определим новое состояние как четырехмерный вектор (в кодовой реализации — четырехмерный массив) dp_{ijbc} , где: i, j — текущие координаты на сетке ($1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m$); b — направление последнего перехода (0 — пришел слева, 1 — пришел сверху); c — счетчик шагов подряд в данном направлении (1 или 2). Каждая ячейка данной структуры хранит минимальную стоимость пути из стартовой точки (1, 1) в точку (i, j) при условии, что последний шаг был сделан в направлении d и являлся c -м по счету подряд. В качестве маркера недостижимости состояния используется значение $+\infty$.

Пошаговый математический алгоритм пересчета.

Шаг 1. Инициализация. Для всех элементов пространства состояний устанавливается дефолтное значение: $dp_{ijbc} = +\infty \forall i, j, b, c$. Для стартовой ячейки (1,1) задаются базовые значения, так как в нее можно «прийти» условным единичным шагом с любого направления: $dp_{1101} = a_{11}$ и $dp_{1111} = a_{11}$.

Шаг 2. Итерационный пересчет (рекуррентные соотношения). Процесс вычислений организуется в топологическом порядке путем последовательного перебора индексов i от 1 до n и j от 1 до m . Для каждого состояния, значение которого отлично от $+\infty$, производится расчет потенциальных переходов в двух направлениях. Направление «Вправо» (переход в ячейку $(i, j + 1)$) допустимо при условии $j < m$. Новое значение вычисляется на основе принципа минимума Беллмана:

1) Если предыдущий ход тоже был вправо ($b = 0$), переход возможен только в том случае, если лимит подряд идущих шагов не исчерпан ($c = 1$). $dp_{i,j+1,0,2} = \min\{dp_{i,j+1,0,2}, dp_{i,j,0,1} + a_{i,j+1}\}$.

2) Если предыдущий ход был вниз ($b = 1$): происходит смена направления, поэтому счетчик шагов сбрасывается на единицу независимо от предыдущего значения c : $dp_{i,j+1,0,1} = \min_{c \in \{1,2\}} \{dp_{i,j+1,0,1}, dp_{i,j,1,c} + a_{i,j+1}\}$.

Направление «Вниз» (Переход в ячейку $(i + 1, j)$) допустимо при условии $i < n$.

1) Если предыдущий ход тоже был вниз ($b = 1$): переход строго ограничен условием ($c = 1$), $dp_{i+1,j,1,2} = \min\{dp_{i+1,j,1,2}, dp_{i,j,1,1} + a_{i+1,j}\}$.

2) Если предыдущий ход был вправо ($b = 0$): направление меняется, счетчик сбрасывается на единицу: $dp_{i+1,j,1,1} = \min_{c \in \{1,2\}} \{dp_{i+1,j,1,1}, dp_{i,j,0,c} + a_{i+1,j}\}$.

Шаг 3. Извлечение финального ответа. После завершения итерационного процесса искомая минимальная стоимость глобального пути аккумулируется в целевой ячейке (n, m) как минимальное значение среди всех четырех возможных финальных конфигураций движения:

$$Ans = \min_{b \in \{0,1\}, c \in \{1,2\}} dp_{nmbc}.$$

Если после минимизации значение $Ans = +\infty$, делается вывод, что при заданных ограничениях путей между вершинами не существует.

Пример 2. В учебных пособиях, а иногда и в учебниках, содержащих главу о методах динамического программирования и написанных для студентов нематематических специальностей, встречаются похожие друг на друга примеры следующего содержания. Пусть имеется шесть пунктов (или станков), через которые необходимо проехать (или направить набор деталей) от 1-го (начального) через 2,3,4,5 (промежуточные) до 6-го (конечного) пунктов (станков) с обязательной остановкой ровно по одному разу в каждом промежуточном пункте (на каждом промежуточном станке). Время передвижения от пункта, указанного в строке, к пункту, указанному в столбце (соответственно, от станка в строке к станку в столбце) задано в таблице 1. Требуется определить кратчайший путь.

Таблица 1					
Номера пунктов	2	3	4	5	6
1	9	4	11	10	—
2	0	7	13	12	7
3	9	0	6	5	4
4	11	4	0	13	3
5	9	8	10	0	9

В этом примере формулировка взята из учебника, изданного более 20 лет назад. При наличии верного ответа, как будет видно из нижесказанного, приведенное в учебнике решение нельзя считать верным. Аналогичная ситуация с учебным пособием примерно той же давности, при наличии похожей таблицы исходных данных решение идет по схожей с учебником схеме. Ссылки на эти реально существующие учебные издания здесь не приводятся по двум причинам: чисто этической (не удалось связаться с авторами) и технической (в работах научного и научно-методического плана не принято цитировать учебную литературу).

Как сказано в этих изданиях, «сформулированная задача может быть отнесена к типу задач динамического программирования, ибо нетрудно убедиться в том, что она удовлетворяет основным свойствам задач динамического программирования. Весь процесс переезда (продвижения) из пункта 1 в пункт 6 является многоэтапным. На каждом этапе выбирается пункт с таким расчетом, чтобы время на переезд было минимальным. Отсюда следует, что рассматриваемая задача является многоэтапной (многошаговой). Свойство аддитивности для этой задачи вытекает из того, что общее время на переезд (продвижение деталей и т.п.) равно сумме времен переезда на каждом отрезке между двумя пунктами. И, наконец, нетрудно представить, что наименьшее время на переезд из любого пункта i в пункт 6 зависит не от того, каким образом мы достигли пункта i , а только от расположения этого пункта в общей схеме (сети) маршрутов, соединяющих между собой все пункты множества $N = \{1,2,3,4,5,6\}$. Таким образом, для данной задачи выполняется и это основное свойство задач динамического программирования — свойство независимости оптимальной стратегии от предыстории». С этим трудно согласиться: в прошлом уже пройдены

некоторые пункты, поэтому в будущем пройти через них уже не получится; условие применения принципа Беллмана нарушено.

Далее в указанных учебных изданиях справедливо замечается, что если в сформулированной задаче имеется конечное число путей, то задача может быть решена посредством перебора возможных вариантов и выбора из них оптимального. Однако метод перебора чрезвычайно громоздок и поэтому практически неприменим при достаточно большом множестве N .

Примененный в анализируемых изданиях метод решения – стандартный. Опишем его схематически. В начале отсчета времени маршрута наблюдатель «находится» в начальном пункте 1. Выполняя условия задачи, он попадет в пункт 6 ровно за 5 переходов, например, по маршруту $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$. Время этого маршрута равно (смотрите таблицу 1) $9 + 7 + 6 + 13 + 9 = 44$. Принцип Беллмана позволяет находить условно оптимальные показатели $f_{i6}^{(k)}$ времени перехода от пункта i до конечного пункта 6 за k переходов при условиях $i = 2, 3, 4, 5$ и $k = 1, 2, 3, 4$. Если t_{ij} – время перехода из i в j из таблицы 1, то $f_{i6}^{(1)} = t_{i6}$; $f_{i6}^{(k+1)} = \min_{j \in \{2, 3, 4, 5\}, j \neq i} \{t_{ij} + f_{j6}^{(k)}\}$; $f_{16}^{(5)} = \min_{j \in \{2, 3, 4, 5\}} \{t_{1j} + f_{j6}^{(4)}\}$. Можно убедиться, что в условиях данных из таблицы 1 получается $f_{16}^{(5)} = 35$ при маршруте $1 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6$. Затем учебные издания предлагают пройти такой же алгоритм от 1: $f_{1i}^{(1)} = t_{1i}$; $f_{1i}^{(k+1)} = \min_{j \in \{2, 3, 4, 5\}, j \neq i} \{t_{ji} + f_{1j}^{(k)}\}$; $f_{16}^{(5)} = \min_{j \in \{2, 3, 4, 5\}} \{t_{j6} + f_{1j}^{(4)}\}$. Получится $f_{16}^{(5)} = 34$ при маршруте $1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6$. Дальше следовало предложение выбрать кратчайший из найденных двух маршрутов.

Анализируем. Во-первых, ответ $f_{16}^{(5)} = 34$ при маршруте $1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6$ – правильный, но не полный. Оказывается, есть еще $f_{16}^{(5)} = 34$ при маршруте $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 6$. Его не обнаружил предложенный в изданиях метод. Есть примеры ситуаций, когда описанными «методами динамического программирования» можно вообще не получить правильного (оптимального) решения. Вся проблема в том, что проверка условий применимости принципа оптимальности выполнена формально. На самом деле принцип применять нельзя. Как быть конкретно в примере 2? Для решения этой задачи в рамках динамического программирования используется метод, который называется алгоритмом Беллмана-Хелда-Карпа [6, 7].

В классическом динамическом программировании Беллмана состояние определяется только текущим пунктом под номером v . Но в вашей задаче это нарушает марковское свойство, так как нельзя посещать пункты повторно (скрытое последствие). Чтобы восстановить принцип Беллмана, Хелд и Карп в [6] (и, независимо от них, сам Беллман в [7]) предложили расширить состояние и включить туда подмножество уже посещенных пунктов. Состояние в новом смысле — это пара (S, v) , где: S — подмножество уже посещенных на данный момент промежуточных пунктов из набора $\{2, 3, 4, 5\}$; v — номер пункта, в котором мы сейчас находимся ($v \in S$). Уравнение Беллмана — Хелда —

Карпа. Пусть $dp_{S,v}$ — кратчайший путь, стартующий из пункта 1, проходящий по всем пунктам из множества S и заканчивающийся в пункте v . Пусть $T = \{t_{ij}\}$ — исходная матрица примера 2. Тогда рекуррентное уравнение имеет вид: $dp_{S,v} = \min_{u \in S \setminus \{v\}} \{dp_{S \setminus \{v\},u} + t_{uv}\}$. Базовое условие (старт): для всех одиночных переходов из начальной точки: $dp_{\{v\},v} = t_{1v} \forall v \in \{2, 3, 4, 5\}$. Терминальное состояние (финиш): когда все промежуточные пункты посещены ($S_{all} = \{2, 3, 4, 5\}$), мы делаем финальный шаг в пункт 6: $(f_{16}^{(5)} = \min_{v \in S_{all}} \{dp_{S_{all},v} + t_{v6}\})$. Этот метод сводит астрономический перебор всех возможных путей к строгому последовательному заполнению таблицы состояний.

Вернемся к примеру 2. Кратчайший путь для заданных условий равен 34 единицам времени. Существует два альтернативных оптимальных маршрута с одинаковой минимальной стоимостью. Ниже представлен пошаговый расчет методом динамического программирования (алгоритм Беллмана — Хелда — Карпа) на подмножествах. Смотрите таблицу 1.

Шаг 1. Инициализация базовых подзадач. Начальное состояние — выход из пункта 1 в первый промежуточный пункт v .

$$\begin{aligned} dp_{\{2\},2} &= t_{12} = 9 \quad (1 \rightarrow 2); \quad dp_{\{3\},3} = t_{13} = 4 \quad (1 \rightarrow 3); \\ dp_{\{4\},4} &= t_{14} = 11 \quad (1 \rightarrow 4); \quad dp_{\{5\},5} = t_{15} = 10 \quad (1 \rightarrow 5). \end{aligned}$$

Шаг 2. Расширение подзадач до подмножеств из 2 пунктов. Получим

$$\begin{aligned} dp_{\{2,3\},2} &= dp_{\{3\},3} + t_{32} = 4 + 9 = 13 \quad (1 \rightarrow 3 \rightarrow 2); \\ dp_{\{2,3\},3} &= dp_{\{2\},2} + t_{23} = 9 + 7 = 16 \quad (1 \rightarrow 2 \rightarrow 3); \\ dp_{\{3,5\},3} &= dp_{\{5\},5} + t_{53} = 10 + 8 = 18 \quad (1 \rightarrow 5 \rightarrow 3); \\ dp_{\{3,5\},5} &= dp_{\{3\},3} + t_{35} = 4 + 5 = 9 \quad (1 \rightarrow 3 \rightarrow 5); \\ dp_{\{2,5\},2} &= dp_{\{5\},5} + t_{52} = 10 + 9 = 19 \quad (1 \rightarrow 5 \rightarrow 2); \\ dp_{\{2,5\},5} &= dp_{\{2\},2} + t_{25} = 9 + 12 = 21 \quad (1 \rightarrow 2 \rightarrow 5); \\ dp_{\{2,4\},2} &= dp_{\{4\},4} + t_{42} = 11 + 11 = 22 \quad (1 \rightarrow 4 \rightarrow 2); \\ dp_{\{2,4\},4} &= dp_{\{2\},2} + t_{24} = 9 + 13 = 22 \quad (1 \rightarrow 2 \rightarrow 4); \\ dp_{\{3,4\},3} &= dp_{\{4\},4} + t_{43} = 11 + 3 = 14 \quad (1 \rightarrow 4 \rightarrow 3); \\ dp_{\{3,4\},4} &= dp_{\{3\},3} + t_{34} = 4 + 6 = 10 \quad (1 \rightarrow 3 \rightarrow 4); \\ dp_{\{4,5\},4} &= dp_{\{5\},5} + t_{54} = 10 + 10 = 20 \quad (1 \rightarrow 5 \rightarrow 4); \\ dp_{\{4,5\},5} &= dp_{\{4\},4} + t_{45} = 11 + 13 = 24 \quad (1 \rightarrow 4 \rightarrow 5). \end{aligned}$$

Шаг 3. Расширение подзадач до подмножеств из 3 пунктов. Используем рекуррентное соотношение $dp_{S,v} = \min_u \{dp_{S \setminus \{v\},u} + t_{uv}\}$. Получим

$$\begin{aligned} dp_{\{2,3,5\},2} &= \min \begin{Bmatrix} dp_{\{3,5\},3} + t_{32}; \\ dp_{\{3,5\},5} + t_{52} \end{Bmatrix} = \min\{18 + 9; 9 + 9\} = 18 \quad (1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 2); \\ dp_{\{2,3,5\},3} &= \min \begin{Bmatrix} dp_{\{2,5\},2} + t_{23}; \\ dp_{\{2,5\},5} + t_{53} \end{Bmatrix} = \min\{19 + 7; 21 + 8\} = 26 \quad (1 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 3); \\ dp_{\{2,3,5\},5} &= \min \begin{Bmatrix} dp_{\{2,3\},2} + t_{25}; \\ dp_{\{2,3\},3} + t_{35} \end{Bmatrix} = \min\{13 + 12; 16 + 5\} = 21 \quad (1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dp_{\{2,3,4\},2} &= \min \left\{ dp_{\{3,4\},3} + t_{32}; dp_{\{3,4\},4} + t_{42} \right\} = \min\{14 + 9; 10 + 11\} = 21 (1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2); \\
dp_{\{2,3,4\},3} &= \min \left\{ dp_{\{2,4\},2} + t_{23}; dp_{\{2,4\},4} + t_{43} \right\} = \min\{22 + 7; 22 + 4\} = 26 (1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3); \\
dp_{\{2,3,4\},4} &= \min \left\{ dp_{\{2,3\},2} + t_{24}; dp_{\{2,3\},3} + t_{34} \right\} = \min\{13 + 13; 16 + 6\} = 22 (1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4); \\
dp_{\{2,4,5\},2} &= \min \left\{ dp_{\{4,5\},4} + t_{42}; dp_{\{4,5\},5} + t_{52} \right\} = \min\{20 + 11; 24 + 9\} = 31 (1 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 2); \\
dp_{\{2,4,5\},4} &= \min \left\{ dp_{\{2,5\},2} + t_{24}; dp_{\{2,5\},5} + t_{54} \right\} = \min\{19 + 13; 21 + 10\} = 31 (1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 4); \\
dp_{\{2,4,5\},5} &= \min \left\{ dp_{\{2,4\},2} + t_{25}; dp_{\{2,4\},4} + t_{45} \right\} = \min\{22 + 12; 22 + 13\} = 34 (1 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 5); \\
dp_{\{3,4,5\},3} &= \min \left\{ dp_{\{4,5\},4} + t_{43}; dp_{\{4,5\},5} + t_{53} \right\} = \min\{20 + 4; 24 + 8\} = 24 (1 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3); \\
dp_{\{3,4,5\},4} &= \min \left\{ dp_{\{3,5\},3} + t_{34}; dp_{\{3,5\},5} + t_{54} \right\} = \min\{18 + 6; 9 + 10\} = 19 (1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 4); \\
dp_{\{3,4,5\},5} &= \min \left\{ dp_{\{3,4\},3} + t_{35}; dp_{\{3,4\},4} + t_{45} \right\} = \min\{14 + 5; 10 + 13\} = 19 (1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5);
\end{aligned}$$

Шаг 4. Полное подмножество промежуточных пунктов $\{2,3,4,5\}$. Используем рекуррентное соотношение $dp_{S,v} = \min_u \{dp_{S \setminus \{v\},u} + t_{uv}\}$. Получим

$$\begin{aligned}
dp_{\{2,3,4,5\},2} &= \min\{dp_{\{3,4,5\},3} + t_{32}; dp_{\{3,4,5\},4} + t_{42}; dp_{\{3,4,5\},5} + t_{52}\} = \\
&= \min\{24 + 9; 19 + 11; 19 + 9\} = 28 (1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 2); \\
dp_{\{2,3,4,5\},3} &= \min\{dp_{\{2,4,5\},2} + t_{23}; dp_{\{2,4,5\},4} + t_{43}; dp_{\{2,4,5\},5} + t_{53}\} = \\
&= \min\{31 + 7; 31 + 4; 34 + 8\} = 35 (1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3); \\
dp_{\{2,3,4,5\},4} &= \min\{dp_{\{2,3,5\},2} + t_{24}; dp_{\{2,3,5\},3} + t_{34}; dp_{\{2,3,5\},5} + t_{54}\} = \\
&= \min\{18 + 13; 26 + 6; 21 + 10\} = \\
&= 31 (1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 4) \text{ или } (1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 4); \\
dp_{\{2,3,4,5\},5} &= \min\{dp_{\{2,3,4\},2} + t_{25}; dp_{\{2,3,4\},3} + t_{35}; dp_{\{2,3,4\},4} + t_{45}\} = \\
&= \min\{21 + 12; 26 + 5; 22 + 13\} = 31 (1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 5);
\end{aligned}$$

Шаг 5. Переход в конечный пункт 6. Добавляем время пути от последней промежуточной инстанции до пункта 6, находим минимум:

$$\begin{aligned}
f_{16}^{(5)} &= \min\{dp_{\{2,3,4,5\},2} + t_{26}; dp_{\{2,3,4,5\},3} + t_{36}; dp_{\{2,3,4,5\},4} + t_{46}; \\
&dp_{\{2,3,4,5\},5} + t_{56}\} = \min\{28 + 7; 35 + 4; 31 + 3; 31 + 9\} = \mathbf{34}
\end{aligned}$$

на 2-х маршрутах: $(1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6)$ и $(1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 6)$.

Применение классических рекуррентных соотношений Беллмана к задачам типа коммивояжера сопряжено с необходимостью сохранения марковских свойств процесса. В фундаментальных работах 1962 года [6, 7] было доказано, что кодирование предыстории через битовые маски подмножеств состояний позволяет декомпозировать задачу обхода. Схема Беллмана — Хелда — Карпа гарантирует глобальную сходимость к точному оптимуму, снижая вычислительную сложность алгоритма с факториального полного перебора $O(n!)$ до

экспоненциальной зависимости $O(2^n \cdot n^2)$, что делает её эталонным детерминированным методом для систем малой и средней размерности. Хотя, справедливости ради, можно заметить, что при $n = 6$ (то есть, при очень малых n) будет $n! = 720$, а $2^n \cdot n^2 = 2304$. Фиксированное положение пунктов 1 и 6 позволяет свести полный перебор маршрутов к $4! = 24$. Пример 2 при очень малом числе пунктов можно решать построением дерева всех маршрутов с визуальным нахождением оптимальных.

7. Заключение. Для минимизации логических ошибок при конструировании авторских учебных и олимпиадных задач на динамическое программирование предлагается методический инструментарий.

Алгоритм верификации задачи. 1) Граф состояний задачи строго ациклический? Если «ДА», то продолжаем. 2) Марковское свойство выполняется для любого состояния? Если «ДА», то продолжаем. 3) Операция агрегации стоимостей на шагах строго монотонна. Если «ДА», то – успех. Задача корректна. При наличии хотя бы одного «НЕТ» задача признается некорректной. Наш пример 2 не проходит первые два из этих пунктов. Пункт 2) мы проверяли выше, а вопрос пункта 1) получают отрицательный ответ, благодаря условию: пункты 2,3,4,5 связаны друг с другом, поэтому есть циклы. Если (как в примере 2) веса всех дуг графа состояний положительны, ответ на вопрос 3) положительный вне зависимости от ответов на предыдущие вопросы 1) и 2).

В ходе проведенного исследования были систематизированы теоретико-множественные и алгоритмические особенности применения принципа оптимальности Беллмана при проектировании текстовых задач по компьютерным наукам. Основные выводы в следующем. 1. Установлено, что ключевой причиной дефектов в авторских алгоритмических задачах является игнорирование марковского свойства (свойства отсутствия последствий) и условий монотонности целевых функций. 2. Показано, что введение любых дополнительных ограничений на траекторию или предысторию системы требует обязательного математического пересчета и расширения размерности пространства состояний, что ведет к неизбежному компромиссу между корректностью модели и потреблением ресурсов ЭВМ (памяти и процессорного времени). 3. Предложенный пошаговый математический аппарат верификации позволяет формализовать процесс создания и автоматизированной проверки задач.

Библиографический список

1. Беллман, Р. Динамическое программирование: перевод с английского / Р. Беллман; под ред. Н. Н. Воробьева. — Москва : Издательство иностранной литературы, 1960. — 400 с.
2. Кормен, Т. Х. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. — 3-е изд. — Москва : Вильямс, 2013. — 1328 с.
3. Дасгупта, С. Алгоритмы / С. Дасгупта, Х. Пападимитриу, У. Вазирани; пер. с англ. под ред. А. Шеня. — Москва : МЦНМО, 2014. — 320 с.
4. Окулов, С. М. Динамическое программирование / С. М. Окулов, О. А. Пестов. — 4-е изд. (эл.). — Москва : Лаборатория знаний, 2024. — 299 с. // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/417944> (дата обращения: 10.06.2026).
5. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес; пер. с англ. Э. В. Вершкова, И. В. Коновальцева. — Москва : Мир, 1978. — 432 с.

6. Held, M. A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problems / M. Held, R. M. Karp // Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics. — 1962. — Vol. 10, no. 1. — P. 196—210. — URL: wordpress.com (дата обращения: 12.06.2026).

7. Bellman, R. Dynamic Programming Treatment of the Travelling Salesman Problem / R. Bellman // Journal of the ACM. — 1962. — Vol. 9, no. 1. — P. 61—63. — URL: ruc.dk (дата обращения: 12.06.2026).

Рассматривается классический некриптографический генератор псевдослучайных чисел «Вихрь Мерсенна», построенный на матричных преобразованиях в конечном поле Галуа GF(2).

Ключевые слова: Вихрь Мерсенна, процедура «закалки», побитовые операции.

А. А. Самородницкий,
кандидат физико-математических наук, доцент;
М. И. Помысов,
С. И. Самохвалов,
студенты 2 курса направления
«Информационные системы и технологии»
(Сыктывкарский лесной институт)

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ГЕНЕРАЦИИ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

1. Введение. В вычислительной математике и компьютерных науках генерация случайных величин является востребованной задачей. Поскольку генерация истинно случайных чисел либо слишком трудоемкая, либо по разным причинам не представляется возможной, в подавляющем большинстве прикладных задач применяются генераторы псевдослучайных чисел (ГПСЧ). Псевдослучайная последовательность представляет собой поток элементов, порождаемый фиксированным математическим алгоритмом на основе начального числового значения – «зерна». При этом получаемая числовая последовательность, как правило, должна успешно имитировать свойства независимых и одинаково распределенных случайных величин.

Пока не было компьютеров, случайность получали исключительно из физического мира как статистику наблюдений за реализацией некоторой случайной величины. С 1950-х до конца 1990-х годов основным стандартом методов ГПСЧ оставался классический линейный конгруэнтный метод (LCG), созданный Д. Г. Лехмером в 1949 году (опубликованный в 1951 году [1]). Лехмер предложил формулу $X_{n+1} = (aX_n + c) \pmod{m}$, где X_n — текущее случайное число, X_0 — начальное число (зерно), от него зависит вся последовательность, a, c, m — константы. Метод стал основой для ГПСЧ во множестве ранних операционных систем и языков программирования. Однако рост вычислительных мощностей и укрупнение численных экспериментов выявили дефекты LCG: маленький период повторения, значимую корреляцию между соседними значениями и выраженную решетчатую структуру в многомерных пространствах (когда сгенерированные LOG точки лежат на небольшом наборе параллельных гиперплоскостей). Ошибки генераторов приводили к искажению результатов соответствующего моделирования.

Кризис некриптографических ГПСЧ преодолели японские математики М. Мацумото и Т. Нисимура, представив в 1998 году алгоритм «Вихрь Мерсенна» (MT-19937 [2]). В 1644 году Мари Мерсенн опубликовал труды, которые навсегда связали его имя с рассматриваемой нами темой. В частности, Мерсенн перечислил 11 значений p , при которых выражение $M_p = 2^p - 1$ (по его мнению) являлось простым числом. В результате появился термин «числа Мерсенна». В работе [2] описан созданный Мацумото и Нисимура генератор с фантастическим периодом $2^{19937} - 1$ и высокой многомерной распределенностью в 623 измерениях. Относительно надолго он стал стандартом библиотек во многих языках программирования.

Целью настоящей работы является анализ математических основ, архитектуры, преимуществ и слабых сторон алгоритма «Вихрь Мерсенна» с учетом развивающихся технологий.

2. Математические основы. Числовым полем для работы алгоритма является поле Галуа $GF(2)$, состоящее из двух элементов 0 и 1, в котором сложение осуществляется по $mod\ 2$ (то есть $0 + 0 = 1 + 1 = 0$, $0 + 1 = 1 + 0 = 1$), а умножение — обычное (по сути — это описание битовой арифметики процессора, сложение в $GF(2)$ совпадает с логической операцией XOR или eXclusive OR — исключающее ИЛИ, умножение совпадает с логической И). Но двухэлементное поле не является достаточным для практических целей. Поэтому используются расширения $GF(2^m)$, в которых числа представляются как m -битные векторы с 0-1-координатами, объединенными в один регистр (в частности, машинное слово) или как m -мерные векторы, координаты которых являются 0-1-коэффициентами многочленов степени $m - 1$ (или степени, не выше $m - 1$; отсутствующие старшие степени соответствуют нулевым коэффициентам).

Сложение векторов в $GF(2^m)$ осуществляется по координатам по $mod\ 2$, а умножение — по правилам: 1) при выборе размера расширения (то есть натурального m , дающего 2^m различных элементов расширения $GF(2^m)$) одновременно выбирается неприводимый многочлен степени m с 0-1-коэффициентами P_m ; известно, что такой многочлен существует при любом m , а неприводимость означает, что P_m нельзя представить как произведение двух многочленов меньших, чем m , степеней с 0-1-коэффициентами; 2) два элемента множества $GF(2^m)$ — два многочлена степеней $m - 1$ — умножаются как обычные многочлены, но действия с коэффициентами производятся в арифметике поля $GF(2)$; 3) результатом умножения многочленов должен быть многочлен степени $m - 1$ (точнее, не выше $m - 1$); если это не так, то есть произведение двух многочленов оказалось степени, большей, чем $m - 1$, производится деление с остатком произведения на неприводимый многочлен P_m с учетом действий в арифметике $GF(2)$, а результатом (вместо произведения) берется остаток от деления на P_m . Коротко об умножении в $GF(2^m)$ можно сказать, что оно напоминает умножение многочленов «по $mod\ P_m$ ».

Относительно описанных операций сложения и умножения $GF(2^m)$ является полем*. Известно, что этот факт опирается, в том числе, на неприводимость многочлена P_m . Любое машинное слово в архитектуре алгоритма MT19937 рассматривается как m -битный вектор (например, при $m = 32$) над полем $GF(2)$.

«Вихрю Мерсенна» предшествовал скалярный регистр сдвига с линейной обратной связью (созданный Р. Таусвортом [3] и обозначаемый LFSR). Этот метод генерирует рекуррентную последовательность отдельных битов: $a_{k+n} = c_{n-1}a_{k+n-1} \oplus c_{n-2}a_{k+n-2} \oplus \dots \oplus c_0a_k$, где $\oplus$ — одно из принятых обозначений сложения по mod 2, n — степень регистра (иначе — объем памяти регистра), $c_i \in \{0; 1\}$ — фиксированные коэффициенты обратной связи, то есть коэффициенты характеристического многочлена генератора $P(\lambda) = \lambda^n + c_{n-1}\lambda^{n-1} + \dots + c_1\lambda + c_0$, где λ выступает как переменная некоторого сдвига во времени. Здесь важно не путать m (количество бит в машинном слове) и n (определяющее максимально возможный период данного ГПСЧ), а также многочлены P_m и $P(\lambda)$. Генератор LFSR имеет максимальный период $T = 2^n - 1$ тогда и только тогда, когда $P(\lambda)$ является примитивным над полем $GF(2)$, то есть является неприводимым многочленом и является делителем многочлена $\lambda^T + 1$, но не является делителем $\lambda^t + 1$ ни при одном значении степени $t < T$.

Пусть имеется строка из n битовых ячеек (регистр), заполненная битами $a_k, a_{k+1}, \dots, a_{k+n-1}$. На каждом такте работы LFSR все биты сдвигаются влево на одну позицию; самый левый бит «выталкивается» из регистра (это и есть очередное сгенерированное случайное значение); самый правый заполняется следующим битом a_{k+n} определенной выше рекуррентной последовательности. Чтобы получить m -битное целое случайное число, потребуется m тактов процессора с последующей «склежкой» m полученных бит. Это оказалось не эффективным.

На смену LFSR пришло новое решение. В работе [4] Льюис и Пейн представили обобщенные регистры сдвига с обратной связью (обозначаемые GFSR), в основе которых — переход от побитовой генерации к параллельной генерации m -разрядных машинных слов. Для этого создается массив-буфер $W(n \times m)$ из n строк-слов: $W_0, W_1, \dots, W_{n-1}$, где каждое m -разрядное слово W_k можно представить как m -битный вектор-строку $W_k = (b_{k,0}; b_{k,1}; \dots; b_{k,m-1})$. Каждый j -й столбец буфера W представляет собой отдельную последовательность бит $W^j = (b_{0,j}; b_{1,j}; \dots; b_{n-1,j})^T$ (здесь T — транспонирование). По методу Льюиса и Пейна этот столбец генерируется линейным регистром сдвига LFSR, который задается характеристическим многочленом $P(\lambda) = \lambda^n + \lambda^q + 1, q < n$. В итоге за один такт процессор применяет команду $\oplus$ к двум m -битным регистрам (то есть одновременно работают m независимых LFSR): $W_k = W_{k-n} \oplus W_{k-n+q}$. При этом выражение $\lambda^n + \lambda^q + 1$ должно быть примитивным многочленом над полем $GF(2)$ (за счет выбора q), но это не все ограничения. Льюис и Пейн дока-

* Доказательство опубликовано еще в 1830 году 19-летним французом Эваристом Галуа.

зали, что начальные состояния столбцов должны быть сдвинуты друг относительно друга на фиксированную большую задержку, иначе между битами в машинном слове возникает линейная зависимость, то есть случайность исчезает. Появился алгоритм, так называемого, кольцевого буфера. В оперативной памяти создавать бесконечную последовательность m -битных слов W_k не нужно. В массиве $W_0, W_1, \dots, W_{n-1}$ новые значения записываются поверх старых, которые больше не нужны: $W_k = W_k \oplus W_{k+q \pmod n}$, то есть W_n вместо W_0 , W_{n+1} вместо W_1 и так далее, сохраняя старую нумерацию.

Почему исследователей тоже не устроил и GFSR? Из-за простоты характеристического многочлена $\lambda^n + \lambda^q + 1$ между битами в массиве $W_0, W_1, \dots, W_{n-1}$ существуют линейные связи. Если рассматривать эти n векторов как точки в многомерном пространстве большой размерности, можно заметить, что точки лежат на конечном множестве параллельных гиперплоскостей. Пространство получалось с большим объемом пустых областей. Такие псевдослучайные числа не устраивали многих.

3. Алгоритм «Вихрь Мерсенна». Спустя примерно 20 лет после выхода статьи [4] М. Мацумото и Е. Курита в работах [5] и [6] модифицировали обобщенный линейный регистр GFSR. Появился TGFSR. Введена матрица скручивания $A(m \times m)$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ a_{m-1} & a_{m-2} & a_{m-3} & \dots & a_0 \end{pmatrix}$$

с постоянным вектором коэффициентов $\vec{a} = (a_{m-1}; a_{m-2}; \dots; a_0)$. Она понадобится чуть позже.

В целом математика алгоритма MT19937 зафиксирована набором параметров для получения 32-битных псевдослучайных целых чисел. Это: $m = 32$ — размер машинного слова; $n = 624$ — размер массива-буфера (624 строк из 32-битных машинных слов); $q = 397$ — шаг смещения; $r = 31$ — количество бит для разделения слов (старшая маска $UM = 0x80000000$ выделяет $m - r = 1$ старший бит; младшая маска $LM = 0x7FFFFFFF$ выделяет $r = 31$ младший бит; здесь и ниже запись восьми шестнадцатеричных цифр с префиксом 0x обозначает одну из принятых стандартных записей 32-битного двоичного числа в шестнадцатеричной форме); $a = 0x9908B0DF$ — шестнадцатеричная запись 32-битной строки $\vec{a} = (a_{m-1}; a_{m-2}; \dots; a_0)$ матрицы скручивания A .

Внутреннее состояние (массив-буфер) $W(n \times m)$ инициализируется по заданному целому (в двоичной форме m -битному) числу-«зерну» W_0 остальные W_k ($1 \leq k < n$) вычисляются по формуле

$$W_k = \left[f \cdot \left(W_{k-1} \oplus (W_{k-1} \gg (m - 2)) \right) + k \right] \pmod{2^m},$$

в которой $W_{k-1} \gg (m - 2)$ означает сдвиг вправо на $m - 2 = 30$ позиций всех бит регистра W_{k-1} (при этом на месте нулевой и первой бит оказываются старые 30-я и 31-я биты, а остальные биты со 2-й по 31-ю заполняются нулями),

операция $\oplus$ означает побитовое сложение старого и обновленного $(k - 1)$ -го регистра по $\text{mod } 2$, затем происходит умножение полученного 32-битного двоичного числа на десятичную константу $f = 1812433253$ (процессор переводит все числа в двоичную цифровую форму), получается, возможно, 64-битное число, к нему прибавляется десятичный номер k (с прежним замечанием, но сложение идет не в арифметике поля $\text{GF}(2)$, а в обычной арифметике: $1 + 1 = 10$ с добавлением единицы к следующему разряду), после чего в полученном 64-битном двоичном числе берутся только младшие 32 бита, остальные отбрасываются, что означает «по $\text{mod } 2^m$ ».

Константа $f = 1812433253$ не была использована в основной работе [2], а была добавлена через 4 года теми же авторами [7] со ссылкой на фундаментальный труд Д. Кнута [8], в котором имеется таблица прошедших проверку по основным критериям констант, в том числе и используемая выше f . Однако Д. Кнут сразу под таблицей на той же странице (смотрите [8, с. 130]) комментирует принадлежность константы f другим авторам [9].

На последовательные запросы псевдослучайных чисел алгоритм выдает один за одним $n = 624$ слова $W_0, W_1, \dots, W_{n-1}$, после чего генерируются следующие 624 слова (как уже сказано, они записываются на место старых) по формуле ($0 \leq k < n$):

$$W_{k+n} = W_{k+q} \oplus \left(\left(W_k^{(m-r)} || W_{k+1}^{(r)} \right) \cdot A \right),$$

в которой $W_k^{(m-r)} || W_{k+1}^{(r)}$ — операция конкатенации (склейки) — берется один старший бит от W_k и 31 младших битов от W_{k+1} , если обозначим временно $z = W_k^{(m-r)} || W_{k+1}^{(r)}$, то старший бит от W_k становится старшим (31-м) битом в z , а 31 младших битов от W_{k+1} становятся младшими битами (с 0 по 30) в z ; далее следует умножение $z = (z_{m-1}, z_{m-2}, \dots, z_0)$ на матрицу A , эту операцию можно упростить, если заметить, что при $z_0 = 0$ получится $zA = (z \gg 1) = (0, z_{m-1}, z_{m-2}, \dots, z_1)$, а при $z_0 = 1$ будет побитовая сумма по $\text{mod } 2$ регистров $(0, z_{m-1}, z_{m-2}, \dots, z_1)$ и $(a_{m-1}; a_{m-2}; \dots; a_0)$; наконец, результат умножения на матрицу A складывается покоординатно с W_{k+q} в арифметике поля $\text{GF}(2)$.

Финальный этап генерации числа в MT19937 — это процесс закалки. Полученные в массиве состояния значения $W = (w_{m-1}, \dots, w_1, w_0)$ нельзя использовать напрямую, так как они обладают линейными зависимостями. Для улучшения статистических свойств каждое число W пропускают через обратимое линейное преобразование (закалку), выдавая итоговое случайное число Z : 1) $Y_1 = W \oplus (W \gg u)$; 2) $Y_2 = Y_1 \oplus ((Y_1 \ll s) \cdot b)$; 3) $Y_3 = Y_2 \oplus ((Y_2 \ll t) \cdot c)$; 4) $Z = Y_3 \oplus (Y_3 \gg l)$. Для MT19937 используются константы: сдвиги $u = 11, s = 7, t = 15, l = 18$ и маски в шестнадцатеричной записи $b = 0x9D2C5680, c = 0xEFC60000$. При закалке все действия выполняются побитово в арифметике $\text{GF}(2)$.

Метод закалки с помощью матриц Тёплица был впервые разработан в работе [5] для генераторов типа TGFSR (математические подробности смотрите в [5, с. 181 – 183]). Что касается термина «теплицевы матрицы», то они появились

на свет в результате цикла работ Отто Тёплица в 1907—1911 годах. В них детально исследовались квадратные матрицы, у которых на всех диагоналях, параллельных главной, стоят одинаковые элементы.

Описанный алгоритм MT19937 работает в векторном пространстве размерности $V = n \times m - r = 624 \times 32 - 31 = 19937$ бит. Поэтому максимальный период генератора MT19937 равен в точности $2^{19937} - 1$ — это одно из простых чисел Мерсенна. Алгоритм обеспечивает равномерное распределение генерируемых чисел в пространстве до 623 измерений благодаря примитивности используемого характеристического многочлена над полем $GF(2)$: $P(\lambda) = \det(\lambda E - A)$, где $A(32 \times 32)$ — матрица скручивания, $E(32 \times 32)$ — единичная матрица [2].

4. Заключение и выводы. Для оценки эффективности ГПСЧ используются следующие метрики: 1) период (длина цикла до начала повторения последовательности); 2) размер состояния (объем оперативной памяти, требуемый для хранения внутренних переменных генератора); 3) скорость (время генерации одного случайного числа); 4) k -распределение (равномерность распределения точек в k -мерном пространстве).

Как частично уже было сказано, преимущества MT19937 начинают перечислять с очень большого периода $2^{19937} - 1$ (число, в десятичной записи которого около 6 тысяч цифр). Это отличная гарантия не достигнуть повторения в генерируемой последовательности. Высокие скорость генерации и значение $k = 623$. К недостаткам относят: криптографическую уязвимость (достаточно перехватить 624 последовательных 32-битных сгенерированных слов для взлома), размер внутреннего состояния в 2496 байт является критически большим (для интернета вещей, микроконтроллеров и современных GPU), нулевые зоны (если в силу сбоя или ошибки инициализации появится длинная последовательность нулей, то алгоритм справится с ними очень нескоро). Описанная в [10] технология SIMD позволяет процессору выполнять одну арифметическую или логическую операцию над множеством независимых элементов данных одновременно. Это удваивает скорость работы.

Созданию строгой, иерархической системы эмпирических тестов для поиска закономерностей и дефектов в случайных последовательностях посвящена одна из хорошо известных работ [11]. Она вводит знаменитые наборы тестов: *SmallCrush* (быстрый), *Crush* (средний) и *BigCrush* (самый жесткий, требующий часов вычислений). Если генератор проходит *BigCrush*, он считается статистически надежным. Минус этой библиотеки тестов только в том, что она находит проблемы, но не решает их. Что касается MT19937, то доля провалов им теста *BigCrush* считается незначительной.

Вихрь Мерсенна (MT19937) — великая классика вычислительной математики. Разработанный на стыке теории полей Галуа и линейной алгебры, этот алгоритм успешно разрешил кризис генераторов конца XX века. Он обеспечил ученых беспрецедентно длинным периодом и гарантированным многомерным распределением, став надежным фундаментом для сотен тысяч научных иссле-

дований. Тем не менее время не стоит на месте. Для современных высоконагруженных вычислений на GPU и встраиваемых системах MT19937 постепенно уступает позиции более легким и быстрым конкурентам (семейства PCG и Xoshiro [12, 13]), которые к тому же лишены проблем с «нулевой зоной». В веб-разработке, криптографии, генерации сессионных токенов и паролей использование MT19937 категорически запрещено из-за его уязвимости к полному восстановлению состояния. Здесь еще много нерешенных задач для увлеченных математическими основами прикладных методов.

Для студентов, желающих глубже погрузиться в математику генерации псевдослучайных чисел, имеются многочисленные темы для научно-исследовательских работ. Например, оптимизация восстановления состояния (разработать алгоритм, позволяющий восстановить полное состояние MT19937 при наличии лишь частичной информации, например, только k бит от каждого слова или найти граничные условия принципиальной неразрешимости этой задачи); математический поиск оптимальных параметров для модификаций MT на нетипичных полях GF(3) или подобных; исследование скорости выхода из «нулевой зоны» при различных функциях инициализации и другие.

Продолжение исследований важно в связи с многочисленными применениями алгоритма. Самое массовое применение MT19937 — это стандартные библиотеки языков программирования. В большинстве из них он зашит в качестве функций генерации случайных чисел общего назначения (C++, Python, R, MATLAB, PHP, Ruby). Методы Монте-Карло — это главная научная среда обитания алгоритма. Методы Монте-Карло требуют сотен миллиардов случайных чисел для вычисления сложных интегралов или моделирования физических, экономических и других систем. Современные компьютерные игры используют «Вихрь Мерсенна» в ключевых сценариях (механика шансов; генерация огромных миров, причем, благодаря общему «зерну» эти миры могут быть одинаковыми для всех одновременных онлайн-участников). В машинном обучении веса связей нейросети перед началом обучения заполняются случайными числами, а отделение обучающей выборки от тестовой происходит после случайного перемешивания.

Библиографический список

1. Лехмер, Д. Г. Математические методы в крупномасштабных вычислительных машинах / Д. Г. Лехмер // Труды Второго симпозиума по крупномасштабным цифровым вычислительным машинам (Кембридж, Массачусетс, 13—16 сентября 1949 г.). — Кембридж, Массачусетс : Издательство Гарвардского университета, 1951. — С. 141—146.
2. Matsumoto, M. Mersenne Twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator / M. Matsumoto, T. Nishimura // ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS). — 1998. — Vol. 8, iss. 1. — P. 3—30. — DOI: 10.1145/272991.272995.
3. Tausworthe, R. C. Random numbers generated by linear recurrence modulo two / R. C. Tausworthe // Mathematics of Computation. — 1965. — Vol. 19, no. 90. — P. 201—209.
4. Lewis, T. G. Generalized feedback shift register pseudorandom number generators / T. G. Lewis, W. H. Payne // Journal of the ACM (JACM). — 1973. — Vol. 20, iss. 3. — P. 456—468.

5. Matsumoto, M. Twisted GFSR generators / M. Matsumoto, Y. Kurita // ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation. — 1992. — Vol. 2, no. 3. — P. 179—194. — DOI: 10.1145/146382.146383.
6. Matsumoto, M. Twisted GFSR generators II / M. Matsumoto, Y. Kurita // ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation. — 1994. — Vol. 4, no. 3. — P. 254—266. — DOI: 10.1145/182181.182186.
7. Matsumoto, M. Mersenne Twister with improved initialization: mt19937ar.c / M. Matsumoto, T. Nishimura. — Ver. 2002-01-26. — Tokyo : Keio University; Hiroshima: Hiroshima University, 2002. — URL: <https://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/m-mat/MT/MT2002/emt19937ar.html> (дата обращения: 06.06.2026).
8. Кнут, Д. Э. Искусство программирования. Том 2. Получисленные алгоритмы / Д. Э. Кнут; пер. с англ.— Москва : Вильямс, 2001. — 832 с.
9. Borosh, I. Optimal multipliers for pseudo-random number generation by the linear congruential method / I. Borosh, H. Niederreiter // BIT Numerical Mathematics. — 1983. — Vol. 23, no. 1. — P. 65—74. — DOI: 10.1007/BF01937326.
10. Saito, M. SIMD-oriented Fast Mersenne Twister: a 128-bit pseudo random number generator / M. Saito, M. Matsumoto // Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods 2006. — Berlin; Heidelberg : Springer, 2008. — P. 607—622.
11. L'Ecuyer, P. TestU01: A C library for empirical testing of random number generators / P. L'Ecuyer, R. Simard // ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS). — 2007. — Vol. 33, iss. 4. — P. 22-es.
12. O'Neill, M. E. PCG: A Family of Simple Fast Space-Efficient Statistically Good Algorithms for Random Number Generation / M. E. O'Neill; Harvey Mudd College. — Claremont, 2014. — 45 p. — (Tech. Rep. HMC-CS-2014-0905).
13. Blackman, D. Scrambled linear pseudorandom number generators / D. Blackman, S. Vigna // ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS). — 2021. — Vol. 47, iss. 4. — P. 1—32.

Рассматриваются методические подходы к эконометрическому моделированию деятельности предприятий Республики Коми в условиях острого дефицита открытых статистических данных (короткие нестационарные временные ряды, малые выборки). Предложены алгоритмы метода главных компонент и сингулярного разложения прямоугольных матриц, PLS-регрессии, непараметрического бутстрэп-метода и детерминированного факторного анализа (моделей Дюпона) в виде, доступном для применения в учебном процессе.

Ключевые слова: эконометрическое моделирование, малые выборки, главные компоненты, SVD, SIMPLS, детерминированный факторный анализ, модели Дюпона, непараметрический бутстрэп, анализ эффективности предприятия, Республика Коми, лесопромышленный комплекс.

А. А. Самородницкий,
кандидат физико-математических наук, доцент;
Л. В. Сластихина,
кандидат экономических наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт)

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

1. Введение. Лесопромышленный комплекс (ЛПК) является одним из ключевых драйверов экономики Республики Коми, формирующим существенную долю валового регионального продукта и обеспечивающим занятость населения. В условиях беспрецедентного санкционного давления, изменения логистических цепочек и переориентации рынков сбыта перед специалистами предприятий ЛПК региона остро стоят задачи оперативного и стратегического планирования, оценки финансовой устойчивости и поиска скрытых резервов эффективности.

Подготовка высококвалифицированных кадров, способных эффективно решать данные задачи, требует глубокого вовлечения студентов в анализ реальных экономических процессов региона. Современный специалист (не только экономического и управленческого профилей) должен владеть навыками математического и эконометрического моделирования. Однако на практике образовательный процесс в Сыктывкарском лесном институте сталкивается со специфическим барьером — критическим дефицитом открытой, верифицируемой и системной коммерческой информации о деятельности локальных предприятий.

Крупные отраслевые игроки региона и предприятия малого бизнеса минимизируют объем публикуемых операционных данных ввиду режима коммерческой тайны. Единственными легитимными и доступными источниками информации для учебных и научных исследований остаются агрегированные базы данных, такие как Государственный информационный ресурс бухгалтерской

отчетности (ГИР БО) ФНС России и Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Коми — Комистат [1, 2].

Целью данного исследования является обоснование и адаптация корректного математического инструментария для моделирования показателей эффективности предприятий ЛПК Республики Коми в условиях малых выборок, а также разработка методических рекомендаций по интеграции данных подходов в учебный процесс Сыктывкарского лесного института. С этой целью привлекаются результаты ведущих специалистов по экономико-математическим методам и моделированию, а также опубликованные ранее работы авторов (смотрите [3—15]; в том числе учебно-научные издания [3, 4, 5, 15], необходимые для более детального понимания рассматриваемых проблем и методов).

2. Специфика и методологические ограничения открытых данных ГИР БО по предприятиям Республики Коми. Основным барьером при обучении студентов методам моделирования является закрытость внутренней управленческой информации предприятий. В связи с этим, как уже сказано выше, ключевыми источниками верифицируемых данных выступают ресурс ГИР БО ФНС России, предоставляющий открытый доступ к годовой финансовой отчетности юридических лиц, и Комистат в статистических ежегодниках и многопрофильной оперативной экспресс-аналитике [1, 2]. Однако использование этих данных о лесопромышленном комплексе Республики Коми обладает следующими математическими ограничениями:

1. Экстремально короткие временные ряды. С учетом рыночных трансформаций последних лет содержательный временной ряд для большинства региональных предприятий редко превышает 5 точек (лет). Попытка построить классическую линейную регрессию сталкивается с критическим снижением числа степеней свободы, что, как правило, делает оценки параметров нестабильными, а дисперсию остатков — завышенной.

2. Наличие неустраняемых структурных сдвигов. Временной интервал последних 10 лет для экономики Республики Коми характеризуется чередой мощных внешних шоков (пандемия 2020 года, нарастающие незаконные санкции иностранных «партнеров»). Макроэкономические факторы нарушают свойство стационарности временного ряда, скачкообразно меняя математическое ожидание и дисперсию показателей, что делает, например, невозможным применение теста Чоу (который часто используют для проверки структурных сдвигов в линейных регрессионных моделях на малых выборках).

3. Проблема агрегирования и скрытых факторов. Формы бухгалтерской отчетности содержат лишь агрегированные стоимостные показатели (выручка, себестоимость и тому подобные). В них почти отсутствуют натуральные показатели и некоторые экономические индексы (объем заготовки в кубометрах, выпуск валовой продукции, индексы промышленного производства и цен производителей, и другие), публикуемые Комистатом в несколько иной временной

динамике. Финансовые результаты оказываются под влиянием скрытых факторов, что, в свою очередь, требует перехода к методам снижения размерности или детерминированному анализу.

В настоящей работе рассматривается методика применения некоторых математических моделей в условиях малых выборок, нестационарности временных рядов, автокорреляции факторов, влияющих на анализируемые (и на прогнозируемые) экономические показатели. Некоторые из алгоритмов внедрены в учебный процесс и НИРС Сыктывкарского лесного института, остальные планируются к внедрению.

3. Метод главных компонент, сингулярное разложение и PLS-регрессия. Метод главных компонент применялся авторами и подробно описан в работах [9—11] на примерах открытых данных ГИР БО предприятия АО «Сыктывкарский ЛПК». Метод позволяет из данных с большим числом мультиколлинеарных объясняющих переменных построить модель с малым числом некоррелирующих объясняющих компонент. Главные компоненты представляют собой линейную комбинацию исходных объясняющих переменных, полученную с помощью ортогональных собственных векторов матрицы линейных корреляций, отвечающих расположенным по убыванию положительным собственным числам. В примере работы [9] после устранения влияния (или, как говорят в литературе последних лет, дефляции) первых двух главных компонент оценка влияния остальных компонент не превосходит 3 % суммарной дисперсии, и соответствующая линейная комбинация может быть переведена в остаточное слагаемое. А в примере работы [10] после устранения влияния первой главной компоненты на остальные приходится менее 2 % суммарной дисперсии. Ниже потребуется кратко напомнить алгоритм метода главных компонент, хорошо известный специалистам по многим учебникам (линейная алгебра, математическая статистика, экономико-математические методы, численные методы), но достаточно трудный для начинающих его применение.

Пусть имеется матрица $X(n \times k)$ числовых данных, содержащая n наблюдений (за n последовательных одинаковых периодов времени, например, за n лет) по каждой из k переменных (признаков) — столбцов $X_1, X_2, \dots, X_k$ матрицы X . Для простоты будем считать, что признаки $X_1, X_2, \dots, X_k$ центрированы (имеют нулевое выборочное среднее) и нормированы (имеют единичную исправленную* выборочную дисперсию; это условие обязательно только в случае разномасштабности переменных, например, X_i — число работников, X_j — выручка предприятия, тогда нормирование лишает переменные размерностей, заменяя их условными «долями»; для удобства изложения материала в части настоящей работы нормирование признаков тоже будет обязательным). Вычис-

* В зависимости от исходных данных можно применять обычную выборочную дисперсию. Речь идет об использовании одного из множителей $\frac{1}{n-1}$ или $\frac{1}{n}$. Еще один вариант множителя получается при нормировании по длине векторов в соответствующем евклидовом пространстве.

ляется матрица Грама $R(k \times k) = X^T \cdot X$, где X^T — транспонированная матрица. Если признаки $X_1, X_2, \dots, X_k$ нормированы, то матрица $R^* = \frac{1}{n-1} \cdot R$ окажется корреляционной.

По умолчанию (k -мерным) вектором Z будем называть матрицу-столбец $Z(k \times 1)$, тогда транспонированная матрица-столбец $Z^T(1 \times k)$ — это матрица-строка (по сути, тот же вектор Z).

Если для матрицы R существует действительное число λ и вектор Z такие, что $RZ = \lambda Z$, то Z — собственный вектор матрицы R , соответствующий собственному числу λ . В работе [9] описан известный, но публикуемый не во всех учебных изданиях метод вычисления собственных чисел и векторов для матрицы Грама. Он позволяет вычислить единичный собственный вектор V_1 матрицы Грама R , отвечающий наибольшему собственному числу λ_1 , затем матрица R редуцируется: $R_1 = R - \lambda_1 V_1 V_1^T$. Матрицы R и R_1 имеют одинаковые (с точностью до множителя (-1)) единичные собственные векторы, соответствующие «одинаковым» положительным собственным числам, за исключением λ_1 . В матрице R_1 ему соответствует собственное число 0, отвечающее собственному вектору V_1 . Теперь поиск собственного вектора матрицы R_1 , соответствующего ее наибольшему собственному числу, равносильно поиску собственного вектора матрицы R , соответствующего второму по величине положительному собственному числу.

Этот алгоритм 50 лет назад был удобен тем, что, например, при $k = 200$ и $n = 1000$ позволял использовать ЕС-ЭВМ с наибольшей тогда среди доступных (но недостаточной) оперативной памятью 256 килобайт, так как он не требовал загружать все данные сразу, более 95 процентов хранились и обновлялись на внешних накопителях. Алгоритм удобен и сегодня, можно вычислить равно столько главных компонент, сколько потребуется в конкретном примере.

Пусть $V(k \times m)$ — матрица, ортогональными столбцами которой являются m вычисленных единичных собственных векторов $V_1, V_2, \dots, V_m$ матрицы Грама R ($m \leq k$). Эти m столбцов соответствуют расположенным по убыванию собственным числам $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ матрицы R , которые в сумме определенно мало отличаются от суммы всех собственных чисел этой матрицы. Тогда произведение $F = X \cdot V(n \times m)$ — матрица главных компонент (столбцов матрицы F ; иногда их называют первыми m главными латентными признаками). Столбцы матрицы F являются линейными комбинациями столбцов матрицы X :

$$F_j = v_{1j} \cdot X_1 + v_{2j} \cdot X_2 + \dots + v_{kj} \cdot X_k, j = 1, 2, \dots, m,$$

а собственные числа λ_j пропорциональны дисперсии соответствующих главных латентных признаков F_j .

Построение и анализ методом главных компонент матрицы Грама $R(k \times k) = X^T \cdot X$ для признаков (столбцов матрицы X) иногда называют R -анализом. Аналогично рассматривают Q -анализ для строк матрицы X , содержащих набор числовых показателей признаков наших объектов — ежегодных наблюдений за результатами работы предприятия. При этом рассматривается матрица Грама $Q = X \cdot X^T(n \times n)$. Необходимо отметить, что в целом в цитируемых

библиографических источниках строки матрицы X не подлежат центрированию и нормированию. Здесь рассматривается матрица Грама исключительно как скалярное произведение строк. Ковариация и корреляция строк не используется. Действительно, одно дело стандартизировать количество работников по годам или стандартизировать размер выручки по годам — речь идет о стандартизации одной сущности, а другое дело, когда при вычислении арифметического среднего в строке складываются числовые признаки разных сущностей. Еще в XIX веке Э. Бельтрами и К. Жордан опубликовали свои работы, в которых доказали, что ненулевые собственные числа матриц $X^T \cdot X$ и $X \cdot X^T$ совпадают. Тогда же, но чуть позже Дж. Сильвестр заложил основы геометрической интерпретации возникшей SVD-теории (смотрите исторический обзор [13]).

Рассмотрим элементы этой теории. SVD (singular value decomposition) — сингулярное (числовое) разложение — иногда называют спектром прямоугольной матрицы. Основная теорема гласит, что любую матрицу $X(n \times k)$ можно представить в виде $X = USV^T$, в котором $U(n \times n)$ — матрица левых сингулярных векторов — ортогональная матрица, столбцы которой (объекты) являются единичными собственными векторами для $X \cdot X^T$, $V(k \times k)$ — матрица правых сингулярных векторов — ортогональная матрица, столбцы которой (признаки) являются единичными собственными векторами для $X^T \cdot X$, $S(n \times k)$ — диагональная матрица с сингулярными числами на главной диагонали $s_{jj} = \sigma_j = \sqrt{\lambda_j}$ (λ_j — ненулевые собственные числа матриц $R = X^T \cdot X$ и $Q = X \cdot X^T$, расположенные по убыванию, остальные элементы главной диагонали равны нулю; вне главной диагонали все элементы равны нулю: при $i \neq j \Rightarrow s_{ij} = 0$). Для ненулевых λ_j и для соответствующих единичных собственных векторов U_j и V_j (столбцов матриц U и V соответственно) справедливы формулы:

$$U_j = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}} X V_j; \quad V_j = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}} X^T U_j.$$

Что касается нулевых собственных чисел*, то соответствующие сингулярные числа тоже равны нулю. При этом можно проверить, опираясь на курс линейной алгебры: если $\lambda_j = 0$ для матрицы R , то столбцы матрицы X линейно зависимы, а если $\lambda_j = 0$ для матрицы Q , то строки матрицы X линейно зависимы. В любом случае количество ненулевых собственных (или сингулярных) чисел совпадает с рангом матрицы X .

PLS-регрессия (сокращение от Partial Least Squares) — это метод частичных наименьших квадратов, современный статистический метод построения линейных регрессионных моделей [12]. Он создан специально для работы в условиях, когда переменных очень много (иногда больше, чем наблюдений), а сами эти переменные сильно связаны между собой (проблема мультиколлинеарности). Причем речь может идти не только об объясняющих, но и об объясняемых переменных в структурных или приведенных системах совместных

* Как известно из линейной алгебры, собственные числа симметричных действительных матриц (какими являются $X \cdot X^T$ и $X^T \cdot X$) всегда действительны и неотрицательны.

эконометрических уравнений. Обычный метод наименьших квадратов, примененный к мультиколлинеарным переменным, может дать модели со смещенными и несостоятельными оценками параметров. Метод главных компонент выполнит задачу выделения ортогональных объясняющих факторов только в подпространстве исходных объясняющих переменных, не учитывая связи с объясняемыми переменными. И, наоборот, метод главных компонент, примененный к объясняемым переменным, не учтет их связи с объясняющими переменными.

PLS-регрессия одновременно сжимает пространство признаков X и максимизирует связь с ответом Y . Из исходных массивов признаков $X(n \times p)$ и зависимых переменных $Y(n \times m)$ с предварительно центрированными и нормированными столбцами, где n — число объектов (наблюдений), p — число признаков (объясняющих переменных), m — число целевых (объясняемых) переменных, выделяются главные компоненты, как показано выше, то есть первые главные компоненты соответствуют наибольшим положительным сингулярным числам. В отличие от обычной множественной линейной регрессии, которая максимизирует объясненную дисперсию ответа Y , PLS-регрессия одновременно сжимает размерность и максимизирует ковариацию между главными компонентами переменных X и Y . Рассмотрим структуру одного из вычислительных алгоритмов SIMPLS [14].

Алгоритм SIMPLS (Straightforward Implementation of Alternating Least Squares) был предложен в 1993 году как более быстрая и математически элегантная альтернатива более ранним методам. SIMPLS работает напрямую с матрицей $A = X^T Y$. Главное математическое преимущество SIMPLS — он вычисляет веса w_k так, что латентные счета t_k гарантированно ортогональны друг другу сразу, без необходимости модификации исходных данных.

Постановка задачи в SIMPLS. Пусть $X(n \times p)$ и $Y(n \times m)$ — центрированные матрицы. Мы ищем ортогональный базис счетов $T = \{t_1, t_2, \dots, t_a\}$, где $t_k = X \cdot w_k^*$. В SIMPLS векторы w_k^* рассчитываются напрямую для связи с исходной матрицей X (то есть $T = X \cdot W^*$), в то время как в более ранних было сложнее.

Пошаговый математический алгоритм SIMPLS. Перед стартом алгоритма вычисляется исходная матрица ковариации (в литературе ее называют кросс-продукт матрицей): $A_1 = X^T Y (p \times m)$. Для каждого шага $k = 1, 2, \dots, a$ (где a — число латентных компонент) выполняются следующие ниже шаги.

Шаг 1. Сингулярное разложение (SVD) матрицы ковариации. Вычисляется SVD текущей матрицы A_k : $A_k = U \Sigma V^T$. В качестве вектора весов w_k берется первый левый сингулярный вектор (первый столбец матрицы U), соответствующий наибольшему сингулярному числу: $w_k = u_1$.

Шаг 2. Вычисление латентного счета t_k . Вектор w_k проецируется на текущую (фактически исходную в рамках шага) структуру X : $t_k = X \cdot w_k$.

Шаг 3. Нормировка счета t_k и масштабирование весов. Чтобы строго соблюдать ортонормированность в пространстве счетов, вектор t_k нормируется. Центрированное значение сохраняется в скаляр $v = \sqrt{t_k^T t_k}$:

$t_k \leftarrow \frac{t_k}{\sqrt{t_k^T t_k}}$. Соответственно корректируется и вектор весов, чтобы равенство $t_k = X \cdot w_k$ выполнялось для нормированного t_k : $w_k \leftarrow \frac{w_k}{v}$.

Шаг 4. Вычисление нагрузок p_k и q_k . Вычисляются векторы нагрузок для пространств X и Y : $p_k = X^T t_k \in \mathbb{R}^p$; $q_k = A_1^T w_k \in \mathbb{R}^m$.

Шаг 5. Ортогонализация (дефляция ковариации). Вместо изменения матриц данных, SIMPLS удаляет объясненную дисперсию из вектора нагрузок p_k относительно предыдущих компонент, формируя пространство проекции V . Создается промежуточный вектор ортогонализации v_k : $v_k = p_k$. Если $k > 1$, то v_k ортогонализируется относительно всех предыдущих векторов $v_1, v_2, \dots, v_{k-1}$, хранящихся в матрице V : $v_k \leftarrow v_k - V(V^T v_k)$. Вектор v_k нормируется: $v_k \leftarrow \frac{v_k}{\sqrt{v_k^T v_k}}$. Новый вектор добавляется в матрицу накопленных ортого-

нальных направлений: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$. Финальный подшаг – очистка матрицы смешанного произведения для следующей итерации: $A_{k+1} = A_k - v_k(v_k^T A_k)$.

Сборка финальных матриц. После завершения цикла по всем a компонентам мы имеем матрицы: $W^* = \{w_1, w_2, \dots, w_a\}$ — матрица весов (уже скорректированная под исходный X); $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_a\}$ — матрица нагрузок Y . Матрица коэффициентов регрессии B вычисляется за один шаг без обращения матриц $B = W^* Q^T$.

4. Применение детерминированного факторного анализа и моделей Дюпона на малых выборках. Когда глубина временного ряда ежегодных числовых показателей составляет всего 5 лет, и этот короткий временной ряд еще и не обладает стационарностью, классический стохастический эконометрический анализ (построение регрессионных уравнений) не позволяет получить статистически значимые оценки параметров. В качестве фундаментального математического базиса для обучения студентов Сыктывкарского лесного института в условиях дефицита данных предлагается использовать методы жестко детерминированного факторного анализа, в частности — модифицированные модели Дюпона.

Главное преимущество детерминированных моделей заключается в том, что связь между результативным показателем и факторами-аргументами носит функциональный (абсолютно точный), а не стохастический характер. Модель базируется на балансовых равенствах и финансовой логике, что снимает ограничения на объем выборки. Другие преимущества состоят в следующем: 1) информационная независимость. Для построения и расчета модели Дюпона достаточно данных всего за два сопоставимых периода (например, показатели 2024 и 2025 годов по ГИР БО), что решает проблему сверхкоротких рядов ЛПК Республики Коми; 2) отсутствие случайной ошибки. В модели отсутствует стохастическая компонента ε , следовательно, отпадает необходимость проверки условий Гаусса-Маркова, тестов на гетероскедастичность и автокорреляцию.

Необходимо отметить, что в работах [9, 10] уже применялись детерминированные модели регрессии, когда в силу незначительного числа наблюдений степени свободы обнулялись, коэффициенты регрессии вычислялись однозначно как единственное решение системы уравнений, а остатки регрессии оказывались нулевыми.

Для анализа эффективности капитала лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий региона (например, ООО «Лузалес» или ООО «СевЛесПил») в учебный процесс внедряется трехфакторная модель рентабельности собственного капитала (ROE), разработанная Ф. Д. Брауном в начале XX века в финансовом отделе химического гиганта DuPont и примененная для спасения от тяжелейшего кризиса в компании General Motors [7]. Исходное уравнение имеет вид:

$$ROE = \frac{NP}{EQ} = \frac{NP}{R} \times \frac{R}{A} \times \frac{A}{EQ} = NPM \times TAT \times LR,$$

где NP — чистая прибыль (стр. 2400 Формы №2 ГИР БО); EQ — собственный капитал (стр. 1300 Формы № 1); R — выручка (стр. 2110 Формы № 2); A — совокупные активы (стр. 1600 Формы № 1). Компоненты модели имеют следующий смысл: $NPM = \frac{NP}{R}$ — чистая рентабельность продаж (отражает операционную эффективность и ценовую политику компании на рынке лесопродукции); $TAT = \frac{R}{A}$ — оборачиваемость активов (характеризует интенсивность использования имущества и скорость трансформации капитала предприятия ЛПК); LR — коэффициент финансового левериджа (отражает структуру капитала и степень финансового риска — плечо финансового рычага).

Для выявления степени влияния каждого из трех факторов на итоговое изменение (ROE) студенты используют метод цепных подстановок или интегральный метод. Последний является более математически строгим, так как позволяет избежать проблемы «неразложимого остатка» при изменении последовательности подстановок. Формула интегрального метода для расчета влияния изменения чистой рентабельности продаж (ΔROE_{NPM}) имеет вид:

$$\Delta ROE_{NPM} = \frac{1}{2} \cdot \Delta NPM \cdot (TAT_0 \cdot LR_1 + TAT_1 \cdot LR_0) + \frac{1}{3} \cdot \Delta NPM \cdot \Delta TAT \cdot \Delta LR.$$

Общий баланс отклонений проверяется жестким равенством: $\Delta ROE_{\text{факт}} = \Delta ROE_{NPM} + \Delta ROE_{TAT} + \Delta ROE_{LR}$. Данный подход позволяет студентам увидеть, за счет каких именно факторов (операционная эффективность, скорость оборота или заемный капитал) локальные предприятия Коми удерживают баланс в кризисные периоды.

5. Методологические ловушки имитационного моделирования в условиях малых выборок и способы их преодоления. Применение методов имитационного моделирования (в частности, метода Монте-Карло) в учебных исследованиях на малых выборках часто приводит к получению ложных результатов. Рассмотрим ключевые «ловушки» данного подхода и способы защиты от них [5]:

Ловушка 1. Безосновательное постулирование закона распределения. Автоматическое использование нормального закона распределения (Гаусса) для малых данных ($n = 5$) некорректно, так как классические критерии (Пирсона, Колмогорова-Смирнова) теряют силу. Использование нормального распределения для ограниченных экономических показателей часто приводит к абсурду, например, модель начинает генерировать отрицательную себестоимость или бесконечные убытки.

Ловушка 2. Игнорирование внутренней ковариации. Если имитировать переменные (например, выручку и себестоимость) независимо друг от друга, независимая генерация разрушает объективные корреляционные связи. На выходе получается искусственная выборка, противоречащая законам экономики.

Ниже предлагаются две математические альтернативы для преодоления ловушек [8].

1. Применение непараметрического бутстрэпа. Вместо генерации чисел по теоретическому закону, бутстрэп осуществляет многократный случайный выбор с возвращением (ресемплинг) из уже имеющихся 5 эмпирических точек, сохраняя реальные границы данных.

Шаг 1. Формирование исходной (эмпирической) выборки. Студент выписывает из ГИР БО целевой показатель эффективности предприятия за доступные n лет. Пусть $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ — исходная выборка (например, чистая рентабельность ООО «СевЛесПил» за 6 лет). По этой выборке рассчитывается оцениваемая статистическая характеристика (например, выборочное среднее $\bar{x}$ или медиана).

Шаг 2. Процедура ресемплинга (генерация бутстрэп-выборок). С помощью датчика случайных чисел организуется многократный случайный выбор элементов из исходного множества X с возвращением. Это значит, что один и тот же год может встретиться в новой выборке несколько раз, а какой-то год не встретится вовсе. Создается первая бутстрэп-выборка $X_1^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*\}$ того же объема n . Процедура повторяется B раз (в учебных целях рекомендуется задавать количество репликаций $B = 1000, \dots, 5000$). На выходе получаем B новых выборок $X_1^*, X_2^*, \dots, X_B^*$.

Шаг 3. Расчет бутстрэп-оценок. Для каждой из B сгенерированных выборок студент рассчитывает тот же целевой показатель. На выходе формируется массив бутстрэп-оценок: $\{\theta_1^*, \theta_2^*, \dots, \theta_B^*\}$. Этот массив представляет собой эмпирическое распределение нашей статистической оценки, полученное без привлечения каких-либо теоретических законов (Гаусса, Стьюдента и т.д.).

Шаг 4. Построение процентильного доверительного интервала. Чтобы определить истинные границы изменения показателя эффективности с заданной надежностью $\gamma = 1 - \alpha$ (например, 95%, где $\alpha = 0,05$). Массив бутстрэп-оценок сортируется по возрастанию (ранжируется): $\{\theta_1^*, \theta_2^*, \dots, \theta_B^*\}$. Нижней границей доверительного интервала является квантиль уровня $\frac{\alpha}{2}$, а верхней — кван-

тить уровня $1 - \frac{\alpha}{2}$. Номера граничных элементов в массиве ранжирования вычисляются по формулам: $L = \text{округление} \left(B \cdot \frac{\alpha}{2} \right)$ и $U = \text{округление} B \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right)$. Итоговый интервал: $(\theta_L^*; \theta_U^*)$.

2. Декомпозиция Холецкого для связанных переменных. Если имитационная модель затрагивает систему совместных уравнений, генерация случайных отклонений должна происходить с учетом эмпирической матрицы ковариации Σ . Находится нижняя треугольная матрица L , такая что $\Sigma = L \cdot L^T$. Тогда вектор взаимосвязанных случайных величин Y генерируется через вектор независимых стандартных нормальных случайных величин Z по формуле: $Y = L \cdot Z$. Это гарантирует сохранение объективных экономических пропорций.

Декомпозиция Андре-Луи Холецкого опубликована после его смерти французским офицером-сослуживцем М. Бенуа в 1924 году. Статья в переводе по-русски называется: «Заметка о методе решения нормальных уравнений, возникающих в результате применения метода наименьших квадратов к системе линейных уравнений... (Метод командира Холецкого)». Смотрите подробности метода в [15].

6. Заключение.

В результате проведенного исследования систематизированы методические подходы по математическому моделированию эффективности предприятий ЛПК Республики Коми в условиях дефицита данных. Обосновано, что на малых выборках (5 лет) использование стандартных асимптотических методов эконометрики приводит к несостоятельным оценкам. Вскрыты риски слепого имитационного моделирования и предложены математически строгие альтернативы: метод главных компонент и его обобщение SVD, современный алгоритм SIMPLS регрессии, переход к непараметрическому бутстрэп-методу, использование декомпозиции Холецкого, интеграция детерминированных методов и моделей Дюпона. Разработанный комплекс решений частично опробован и продолжает внедряться в учебном процессе и НИРС Сыктывкарского лесного института, что существенно повышает практическую ценность студенческих исследований и их адаптивность к реальным запросам региональной экономики.

Библиографический список

1. Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности (ГИР БО) : федеральная государственная информационная система. – Москва : ФНС России. – URL: nalog.ru (дата обращения: 14.06.2026).
2. Краткосрочные экономические показатели Республики Коми. Статистический бюллетень № 01-15-26/10. Январь – апрель 2026. Официальное издание // Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Коми (Комистат). – URL: [11.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Бюллетень%204\(5\).pdf](http://11.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Бюллетень%204(5).pdf) (дата обращения: 21.06.2026).
3. Магнус, Я. Р. Эконометрика. Начальный курс : учебник / Я. Р. Магнус, П. К. Катывшев, А. А. Пересецкий. — Москва : Дело, 2020. — 504 с.

4. Шеремет, А. Д. Комплексный анализ хозяйственной деятельности: учебник для вузов / А. Д. Шеремет. — Москва : ИНФРА-М, 2006. — 415 с.
5. Лукашин, Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов : учебное пособие / Ю. П. Лукашин. — Москва : Финансы и статистика, 2019. — 416 с.
6. Айвазян, С. А. Макроэкономическое моделирование: подходы, проблемы, пример эконометрической модели российской экономики / С. А. Айвазян, Б. Е. Бродский // Прикладная эконометрика. — 2006. — № 2. — С. 85—111.
7. Афанасьева, А. Н. Анализ эффективности использования собственного и заемного капитала. Расширенная модель «Дюпон» / А. Н. Афанасьева // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. — 2012. — № 8 (44). — URL: cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-ispolzovaniya-sobstvennogo-i-zaemnogo-kapitala-rasshirennaya-model-dupon (дата обращения: 16.06.2026).
8. Эфрон, Б. Нетрадиционные методы статистического исследования : Введение в бутстрэп / Б. Эфрон; пер. с англ. Ю. П. Леонова. — Москва : Финансы и статистика, 1988. — 263 с.
9. Самородницкий, А. А. О математических моделях зависимости годовой выручки предприятия от некоторых других экономических показателей / А. А. Самородницкий, Л. В. Сластихина // Февральские чтения : сборник материалов научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской работы 2022 года преподавателей Сыктывкарского лесного института. — Сыктывкар : СЛИ, 2023. — С.172—188.
10. Самородницкий, А. А. К вопросу о математических моделях зависимости годовой выручки предприятия от некоторых других финансовых показателей / А. А. Самородницкий, Л. В. Сластихина // Февральские чтения : сборник материалов научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской работы 2023 года преподавателей Сыктывкарского лесного института. — Сыктывкар : СЛИ, 2024. — С.163—172.
11. Самородницкий, А. А. Дополнение к вопросу о математических моделях зависимости финансовых показателей предприятия / А. А. Самородницкий, Л. В. Сластихина // Февральские чтения : сборник материалов научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской работы 2024 года преподавателей Сыктывкарского лесного института. — Сыктывкар : СЛИ, 2025. — С. 204—216.
12. Wold, S. PLS-regression: a basic tool of chemometrics / S. Wold, M. Sjöström, L. Eriksson // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. — 2001. — Vol. 58, № 2. — P. 109—130. — URL: [dx.doi.org/10.1016/S0169-7439\(01\)00155-1](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1) (дата обращения: 25.06.2026).
13. Stewart, G. W. On the Early History of the Singular Value Decomposition / G. W. Stewart // SIAM Review. — 1993. — Vol. 35, № 4. — P. 551—566. — URL: <https://www.cis.upenn.edu/~cis6100/gws.pdf> (дата обращения: 28.06.2026).
14. De Jong, S. SIMPLS: An alternative approach to partial least squares regression / S. de Jong // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. — 1993. — Vol. 18. — Iss. 3. — P. 251—263. — URL: [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(93\)85002-X](https://doi.org/10.1016/0169-7439(93)85002-X) (дата обращения: 28.06.2026).
15. Фаддеев, Д. К. Вычислительные методы линейной алгебры / Д. К. Фаддеев, В. Н. Фаддеева. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2002. — 733 с.

Проведен анализ таксономической принадлежности интродуцируемых представителей рода *Sorbus* в коллекции живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Определен современный состав данного родового комплекса. Установлено, что некоторые виды были перенесены в другие роды семейства Rosaceae и произошли изменения как на видовом, так и на внутривидовом уровнях.

Ключевые слова: интродукция, виды рода *Sorbus*, семейство Rosaceae, средняя подзона тайги Республики Коми, коллекция живых растений, систематика, Ботанический сад.

О. В. Скροцкая,
кандидат биологических наук
(Институт биологии Коми НЦ УрО РАН)

СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОЛЛЕКЦИИ РОДА *SORBUS* L. В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УРО РАН

Более ста видов рода *Sorbus* L. (семейство Rosaceae Juss.) произрастают в разнообразных почвенно-климатических условиях в умеренном поясе Северного полушария, некоторые встречаются в арктическом поясе и тропиках. В пределах территории бывшего СССР — около 30 видов [1, 3, 5, 7]. Центр наибольшего разнообразия рода находится в Восточной Азии (Центральный и Юго-Западный Китай), что позволяет считать Восточноазиатскую флористическую область центром происхождения и первоначального развития рода [1].

На европейском Северо-Востоке, в частности в природных местообитаниях Республики Коми, встречаются два вида рябины — *S. sibirica* и *S. aucuparia* [6].

В дендрарии Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН этот родовой комплекс формируется с 1946 года. В настоящее время в коллекции сохраняются многолетние образцы *S. sambucifolia*., привлеченные из Хабаровска в 1955 г. и из Владивостока в 1981 г., образец *S. sibirica*, полученный из Барнаула в 1978 г., более 30 лет произрастает образец неизвестного происхождения *S. americana* Marsh.

В коллекции плодово-ягодных культур выращиваются восемь сортов рябины — с 1996 года Ангри, Сорбинка, Вефед, Невежинская, Алая крупная, Бусинка, Титан, с 2014 года — Гранат. Вместе с тем в коллекцию Ботанического сада привлечены межродовой природный гибрид (между рябиной сибирской — *S. sibirica* — и кизильником черноплодным (рыхлоцветковым) — *Cotoneaster laxiflorus*) *Sorbocotoneaster x pozdnjakowii* и форма *Sorbus aucuparia* 'Ulong'.

Целенаправленная интродукция растений рода началась с 2004 года. В настоящее время в Ботаническом саду изучаются и сохраняются более 30 таксонов рябины, в том числе и те, которые ранее входили в родовой комплекс *Sorbus* (таблица). Растения выращены из семян, полученных по делектусам из ботанических учреждений России и зарубежья, а также привлечены саженцами

из плодово-ягодных питомников и природных местообитаний. Изучаемые виды рябины являются представителями европейско-средиземноморской, евро-азиатской и восточноазиатской флор.

Таблица. Коллекция интродуцируемых видов рябины, ее гибридов на нижнем участке Ботанического сада (2025 год)

№	Название таксона (исходное)	Откуда привлечен (происхождение образца)	Название таксона согласно современной номенклатуре — по World Flora Online (WFO)
1	<i>Sorbus austriaca</i> (Beck) Hedl.	Местная репродукция образца из Соликамска, Чехия	<i>Hedlundia austriaca</i> (Beck) Sennikov & Kurtto
2	<i>S. commixta</i> Hedl.	Дрезден, Латвия, Таллинн, Уфа, Сахалин, Япония, Архангельск, Уфа	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.
3	<i>S.pohuashanensis</i> (Hance) Hedl.	Латвия, Таллинн	<i>Sorbus aucuparia</i> subsp. <i>pohuashanensis</i> (Hance) McAll.
4	<i>S.discolor</i> (Maxim.) Maxim	Орава, Петрозаводск, Чехия, Архангельск	<i>Sorbus discolor</i> (Maxim.) Maxim
5	<i>S. koehneana</i> C.K. Schneid.	Таллинн, Дагестан	<i>Sorbus koehneana</i> C.K. Schneid.
6	<i>S. amurensis</i> Koehne	Благовещенск, Таллинн, СПб	<i>Sorbus aucuparia</i> subsp. <i>pohuashanensis</i> (Hance) McAll.
7	<i>S. intermedia</i>	Румыния, Дагестан	<i>Scandosorbus intermedia</i> (Ehrh.) Sennikov
8	<i>S. aria</i> (L.) Crantz	СПб, Франция, МГУ, Волгоградский региональный Бот.сад	<i>Aria edulis</i> (Willd.) M.Roem.
9	<i>S.aucuparia</i> L.	Йошкар-Ола, Тарту, Таллинн, Усть-Куломский р-н (р. Мылва), Румыния, Финляндия, Липецк, СПб, Ухта (р. Аюва), Йошкар-Ола, Беларусь, Челябинск, Казань, Архангельск, Усть-Цильма	<i>Sorbus aucuparia</i> L.
10	<i>S. americana</i> Marshall	Дрезден, Местная репродукция образца неизв. происх. из дендрария сада, Уфа	<i>Sorbus americana</i> Marshall
11	<i>S. alnifolia</i> (Sieb. Et Zucc.) C. Koch	Таллинн	<i>Alniaria alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) Rushforth
12	<i>S. mougeottii</i> Soy.-Willem. et Codr.	Местная репродукция образца неизв. происх. из дендрария сада, Дрезден, Франция, СПб, Таллинн, Москва	<i>Hedlundia mougeotii</i> (Soy.-Will. & Godr.) Sennikov & Kurtto
13	<i>S. armeniaca</i> Hedl.	Уфа	<i>Hedlundia armeniaca</i> (Hedl.) Mezhenksy
14	<i>S. turcica</i> Zinserl.	Дагестан	<i>Aria umbellata</i> (Desf.) Sennikov & Kurtto
15	<i>S. hybrida</i> L.	Уфа	<i>Hedlundia hybrida</i> (L.) Sennikov & Kurtto

№	Название таксона (исходное)	Откуда привлечен (происхождение образца)	Название таксона согласно современной номенклатуре — по World Flora Online (WFO)
16	<i>S. splendida</i> Hedl.	Латвия	<i>Sorbus splendida</i> Hedl.
17	<i>S. sibirica</i> Hedl.	Петрозаводск, Местная ре- продукция образца из Барна- ула, Уфа, Якутск	<i>Sorbus aucuparia</i> subsp. <i>glabrata</i> (Wimm. & Grab.) Hedl.
18	<i>S. sambucifolia</i> (Cham. et Schlecht.) M. Roem.	Местная репродукция об- разца из Владивостока, Бар- наул, Сахалин	<i>Sorbus sambucifolia</i> (Cham. et Schlecht.) M. Roem.
19	<i>S. graeca</i> (Spach) Lodd. ex Schauer	Уфа	<i>Aria graeca</i> (Lodd. ex Spach) M.Roem.
20	<i>S. rufo-ferruginea</i> (Schneid.) Schneid.	Петрозаводск	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.
21	<i>S. decora</i> (Sarg.) Schneid.	Петрозаводск, Москва, Минск	<i>Sorbus decora</i> (Sarg.) C.K.Schneid.
22	<i>S. sargentiana</i> Koechne	Дагестан	<i>S. sargentiana</i> Koechne
23	<i>S. cashmiriana</i> Hedl.	Дагестан	<i>S. cashmiriana</i> Hedl.
24	<i>S. reflexipetala</i> Koechne	Красноярск	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.
25	<i>S. caucasica</i> Zinserl.	Уфа	<i>Hedlundia armeniaca</i> (Hedl.) Mezhenskyj
26	<i>S. tamamshjanae</i> Gabrieljan	Москва	<i>Hedlundia tamamschjanae</i> (Gabrieljan) Mezhenskyj
27	<i>S. chamaemespilus</i> var. <i>sudetica</i> (Tausch) Wenz.	Уфа	<i>Majovskya sudetica</i> (Tausch) Sen- nikov & Kurtto
28	<i>S. sitchensis</i> var. <i>sitchensis</i>	Дрезден	<i>Sorbus sitchensis</i> M.Roem.
29	<i>S. porrigentiformis</i> E.F.Warb.	Саласпилс	<i>Aria porrigentiformis</i> (E.F.Warb.) Sennikov & Kurtto
30	<i>S. javorkae</i> (Soo) Karpati	Саласпилс	<i>Aria danubialis</i> (Jav.) Sennikov & Kurtto
31	<i>S. meinichii</i> (Lindeb. ex Hartm.) Hedl.	Саласпилс	<i>Hedlundia meinichii</i> (Lindeb. ex Hartm.) Sennikov & Kurtto
32	<i>S. leptophylla</i> E.F.Warb.	Саласпилс	<i>Aria leptophylla</i> (E.F.Warb.) Sen- nikov & Kurtto
33	<i>S. gracilis</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch	Саласпилс	<i>Sorbus gracilis</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch
34	<i>S. bristoliensis</i> Wilmott	Саласпилс	<i>Karpatiosorbus bristoliensis</i> (Wil- mott) Sennikov & Kurtto
35	<i>Sorbocotoneaster</i> x <i>pozdnjakowii</i> Pojark.	Якутск, Архангельск	<i>Sorbocotoneaster</i> × <i>pozdnjakovii</i> Pojark.
36	<i>Sorbus aucuparia</i> 'Ulong' / 'Ulung'	Таллинн	-

№	Название таксона (исходное)	Откуда привлечен (происхождение образца)	Название таксона согласно современной номенклатуре — по World Flora Online (WFO)
37	Гранат	Саратов	-
38	Невежинская	Саратов, Киров	-
39	Ангри	Мичуринск	-
40	Сорбинка	Киров, Мичуринск	-
41	Алая крупная	Мичуринск	-
42	Бусинка	Киров	-
43	Титан	Мичуринск	-
44	Вефед	Мичуринск	-

Несомненно, рябины — ценные плодовые, лекарственные и перспективные декоративные древесные растения. Разные виды рябины (их отборные образцы и формы) могут выступать донорами таких признаков как низкорослость, отсутствие горечи плодов и их крупноплодность, а также обладают достаточной зимостойкостью, что немаловажно для культивирования их в условиях Севера.

Изменчивость и адаптационные механизмы растений, позволяющие популяции приспосабливаться к условиям внешней среды, определяются их генетической организацией. Состав генов, частота их встречаемости — эволюционно сложившаяся структура, создававшаяся для видов растений тысячелетиями [2].

Следует отметить, что таксономический ранг разных видов рябины в последние годы пересматривается. В связи с этим представляется актуальным проведение инвентаризации коллекции интродуцентов рода *Sorbus* Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН для установления и представления состава коллекции в соответствии с современным статусом таксонов.

Руководствуясь информацией в динамической таксономической базе данных World Flora Online (WFO) [8], был проведен систематический анализ родового комплекса *Sorbus*. Так, согласно WFO данный род включает 111 принятых на текущий момент видов. Виды, ранее входившие в род *Sorbus* в последней классификации отнесены к родам семейства Rosaceae — *Hedlundia*, *Scandosorbus*, *Aria*, *Alniaria*, *Majovskya*, *Karpatiosorbus*. Так, например, *Sorbus austriaca* по современной номенклатуре соответствует *Hedlundia austriaca*, *S. intermedia* — *Scandosorbus intermedia*, *S. aria* — *Aria edulis*, *S. alnifolia* — *Alniaria alnifolia*, *S. chamaemespilus* var. *sudetica* — *Majovskya sudetica*, *S. bristoliensis* — *Karpatiosorbus bristoliensis* и т.д. (таблица). В связи данными изменениями число интродуцируемых видов рода *Sorbus* в коллекции Ботанического сада снизилось в два раза — до 17 видов. Некоторые таксоны (*S. rohuashanensis*, *S. amurensis*, *S. sibirica*, *S. rufo-ferruginea*), оставшиеся в данном роде, перешли в ранг подвидов или отнесены к другим видам рода.

Большее число видов коллекции адаптированы к условиям произрастания в среднетаежной подзоне Республики Коми, растения, вступившие в генеративный период развития, плодоносят (ряд видов регулярно формируют плоды) и

образуют жизнеспособные семена, что говорит о благоприятных эколого-биологических условиях для опыления и оплодотворения.

Также следует отметить целесообразность будущих исследований генетического разнообразия образцов в коллекции Ботанического сада, в частности родовых комплексов *Sorbus*, *Hedlundia*, *Scandosorbus*, *Aria*, *Alniaria*, *Majovskya*, *Karpatiosorbus*, с помощью молекулярно-генетических методов, что может способствовать выделению маркеров, уникальных для изучаемых образцов видов рябины и дать оценку внутривидовому полиморфизму, что необходимо для сохранения биоразнообразия данных таксонов, использования их в селекции и применения полученных данных для филогенетических исследований.

Таким образом, в результате проведенного анализа систематической принадлежности видов коллекции рода *Sorbus* установлен ее современный таксономический состав. Показано, что часть видов отнесены к другим родам семейства *Rosaceae*, а также отмечены изменения, которые произошли как на видовом, так и на внутривидовом уровне.

Библиографический список

1. Габриэлян, Э. Ц. Рябины (*Sorbus* L.) Западной Азии и Гималаев / Э. Ц. Габриэлян ; отв. ред. И. И. Тумаджанов. — Ереван, 1978. — 264 с.
2. Гут, Р. Т. Характерные особенности выделения суммарной ДНК из листьев и почек древесных растений при изучении генетического полиморфизма / Р. Т. Гут, М. В. Радченко, Г. Т. Криницкий // Лесной журнал. — 2005. — № 5. — С. 26—31.
3. Заиконникова, Т. И. Род *Sorbus*. Арктическая флора СССР / Т. И. Заиконникова. — Ленинград : Наука, 1984. — Вып. 9, ч. 1. — С. 118—121.
4. Кольцова, М. А. Интродукция рябин (*Sorbus* L.) на Ставрополье / М. А. Кольцова, В. И. Кожевников, А. Ф. Кольцов. — Ставрополь : АГРУС Ставропольского государственного Аграрного университета, 2014. — 300 с.
5. Петров, Е. М. Рябина / Е. М. Петров ; отв. ред. В. И. Сергеев. — Москва : Сельхозгиз, 1957. — 257 с.
6. Флора Северо-Востока европейской части СССР. — Ленинград : Наука, 1976. — Т. 3. — С. 107—108.
7. Флора СССР / отв. ред. В. Л. Комаров : в 30 т. — Москва : Издательство АН СССР, 1939. — Т. 8. — С. 235.
8. The World Flora Online [Internet]. — URL: <http://www.worldfloraonline.org>. (дата обращения: 11.02.2026).

Исследования выполнены на базе УНУ «Научная коллекция живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН», регистрационный номер 507428 и в рамках государственного задания по теме «Оценка влияния климатических условий Севера на процессы репродукции ресурсных растений», номер гос. регистрации 125021302139-3.

Представлена сравнительная характеристика урожайности листьев *Vaccinium vitis-idaea* референсных ценопопуляций брусники в сосняках зеленомошных в Республике Коми и Республике Беларусь. Урожайность листьев *V. vitis-idaea* в Гродненской пуще (Беларусь) составила $8,96 \pm 0,30$ г/м², в Коми $-43,98 \pm 5,75$ г/м². Для обеих ценопопуляций отмечена высокая изменчивость урожайности (244 и 78 %) и обилия (148 и 46 % соответственно). Установлены достоверные различия между урожайностью листьев и проективным покрытием сравниваемых ценопопуляций. Показано, что в среднетаежной зоне Республики Коми плотность запаса листьев и обилие брусники достоверно выше, чем в зоне смешанных лесов Беларуси, при более высокой степени изменчивости ресурсно-ценотических параметров в условиях Беларуси.

Ключевые слова: *Vaccinium vitis-idaea*, брусника, сосняк зеленомошный, *Pinetum pleuroziosum*, запас лекарственного сырья, урожайность сырья, лист брусники.

О. В. Созинов

(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы);

Е. И. Паршина

(Сыктывкарский лесной институт);

А. И. Садковская

(Белорусский государственный университет)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТНОСТИ ЗАПАСА СЫРЬЯ И ОБИЛИЯ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* В СОСНЯКАХ ЗЕЛЕНОМОШНЫХ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ И СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ

Одним из важнейших фармакопейных видов на территории Республики Беларусь и Республики Коми является *Vaccinium vitis-idaea* L. (брусника) [1, 2]. *V. vitis-idaea* характеризуется широкой экологической амплитудой и представляет собой важный ценотический и ресурсный компонент [3] в лесах Беларуси и России.

Ресурсные характеристики хозяйственно-полезных видов зависимы от климатических условий произрастания. Поэтому актуальны исследования, показывающие изменчивость эколого-ценотических и ресурсных параметров лекарственных растений на географическом градиенте.

В данной работе представлены материалы по сравнительной характеристике референсных ресурсно-значимых ценопопуляций брусники и их местобитаний в Республике Коми и Республике Беларусь.

В Беларуси изучение ценопопуляций *V. vitis-idaea* сосняков мшистых (*Pinetum pleuroziosum*) проводили в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов Неманского-Предполесского округа, Неманского района (смешанные леса) на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Гродненская пуща» в августе 2022 года (UTM: 34UFE₃). Ресурсоведческие изыскания проводили методом проективного покрытия [4, 5]. Сбор лекарственного сырья *Corni Vitis idaeae* (облиственные побеги *V. vitis-idaea*) осуществляли во второй

половине августа с 20 учётных площадок ($S = 1 \text{ м}^2$) на двух пробных площадях (400 м^2) с возрастом древостоя 82 и 88 лет. Урожайность (плотность запаса сырья) листьев *V. vitis-idaea* рассчитывали как произведение проективного покрытия *V. vitis-idaea* с учетной площадки на массу листьев *V. vitis-idaea* (возд.-сух.). Для получения массы листьев *V. vitis-idaea* (возд.-сух.) из массы побегов для пересчета использовали коэффициент 0,69 [7].

В Коми изученные фитоценозы и ценопопуляции брусники находились в Двинско-Вычегодский таёжном районе таёжной лесорастительной зоны (средняя тайга). Для определения ресурсных характеристик *V. vitis-idaea* методом проективного покрытия [8] в пределах пробной площади размером 400 м^2 в сосняке бруснично-зеленомошном (*Pinetum vaccinoso-hylocomiosum*; разновозрастный древостой при среднем возрасте 83 года) закладывали 25 учетных площадок (1 м^2). Отбор образцов проводили в сентябре 2024 года. Для определения цены 1 % проективного покрытия на каждой учетной площадке срезали побеги с 1 дм^2 . Сырьевую фитомассу *Folia Vitis idaeae* (листья, возд.-сух.) получали путем отделения листьев от побегов с последующим взвешиванием. Урожайность (плотность запаса сырья, возд.-сух.) рассчитывали как произведение средних значений проективного покрытия и «цены» 1 % проективного покрытия [6, 8].

Климат Гродненского района — умеренно-континентальный, наиболее мягкий и теплый в Беларуси благодаря влиянию атлантических воздушных масс. Характеризуется короткой мягкой малоснежной зимой (средняя температура января -3°C) и продолжительным теплым летом (июль $+19^\circ\text{C}$). Среднегодовое количество осадков составляет 560—650 мм (таблица 1).

Для Сыктывкара характерен умеренно-континентальный климат с коротким и умеренно-прохладным летом (средняя месячная температура июля $+16,7^\circ\text{C}$), продолжительной и умеренно-холодной многоснежной зимой (средняя месячная температура января $-15,6^\circ\text{C}$). Формирование климата происходит под воздействием северных морей и интенсивного западного переноса воздушных масс в условиях малого количества солнечной радиации зимой. Среднегодовое количество осадков составляет 560—612 мм (таблица 1).

Таблица 1. Метеорологические условия модельных территорий на время сбора сырья

Температура за сутки, $^\circ\text{C}$												
Месяц	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гродно	-2	-0,5	2	2	6	11	17,5	18,5	20,5	11,5	11,5	3
Сыктыв-кар	-11,1	-14,3	-12,4	-5,3	1,8	8,8	14,6	17,5	13,9	8,1	1,3	-6,3
Суммарное количество садков, мм												
Гродно	52	53	46	2	49	72	83	117	16	38	25	19
Сыктыв-кар	45	40	32	31	34	48	69	70	72	59	60	52

Статистическую обработку данных (проверка выборок на нормальность (тест Шапиро-Уилка), среднее значение и ошибка, коэффициент вариабельности

(C_V), тест Манна-Уитни, корреляционный анализ Спирмена, регрессионный анализ) проводили в Statistica 10. Данные в обеих выборках (по урожайности и проективному покрытию *V. vitis-idaea*) относятся к ненормальному распределению ($p < 0,05$).

В результате сравнения урожайности листьев *V. vitis-idaea* нами установлены достоверные различия между белорусскими и коми популяциями ($p < 0,05$): урожайность листьев *V. vitis-idaea* в Гродненской пуще составляет $8,96 \pm 0,30$ г/м², в Коми — $43,98 \pm 5,75$ г/м² (рисунок 1А) при высоких значениях коэффициента вариабельности 244 и 78 %, соответственно.

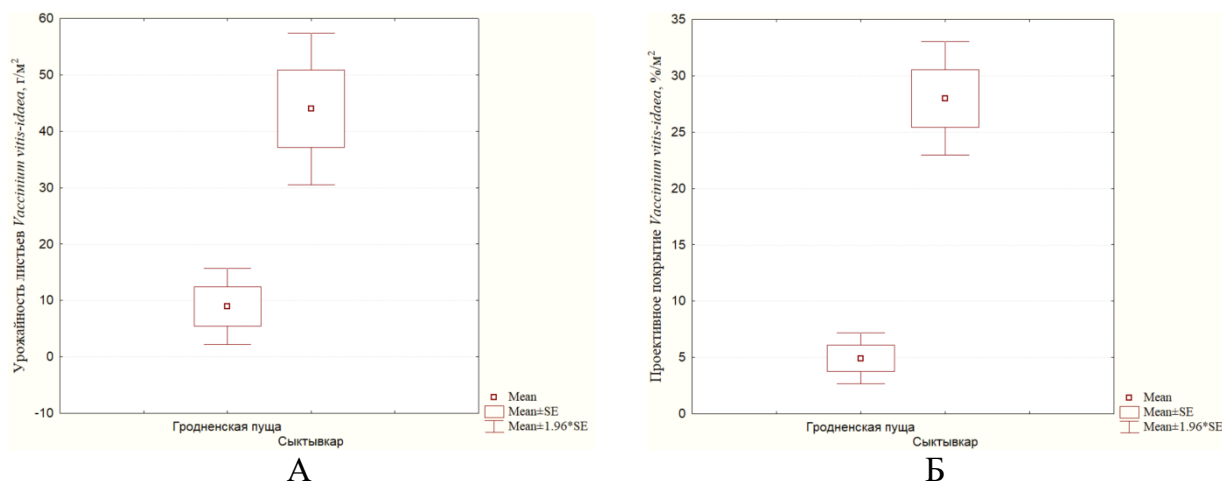


Рис. 1. Урожайность (А) и проективное покрытие (Б) *Vaccinium vitis-idaea* в Беларуси (Гродненская Пуща) и Коми (Сыктывкар)

При сравнении проективного покрытия *V. vitis-idaea* нами выявлены достоверные различия между ценопопуляциями Гродненской пущи ($4,93 \pm 1,15$ %/м²; рисунок 1Б) и Коми ($28,00 \pm 2,57$ %/м²; $p < 0,05$). Для обеих ценопопуляций отмечена высокая изменчивость обилия: Гродненская пуща — 148 %/м², Коми — 46 %/м².

Положительная достоверная связь между урожайностью и проективного покрытия *V. vitis-idaea* отмечена и для Гродненской Пущи ($r_s = 0,82$, $p < 0,05$) и для Коми ($r_s = 0,91$, $p < 0,05$). Данная корреляционная связь подтверждается многими исследователями [7, 9, 10].

Регрессионные уравнения показали устойчивые линейные связи ($p < 0,05$) между урожайностью и проективным покрытием *V. vitis-idaea* в Гродненской пуще (рисунок 2А) — урожайность листьев *V. vitis-idaea*, г/м² = $2,0168 + 0,3247 \cdot$ проективное покрытие, % ($r^2 = 0,95$; $r = 0,97$, $p < 0,05$) и Коми (рисунок 2Б): урожайность листьев *V. vitis-idaea*, г/м² = $12,9521 + 0,3422 \cdot$ проективное покрытие, %, ($r^2 = 0,84$; $r = 0,91$, $p < 0,05$).

Таким образом, географический фактор, включая климатические параметры, оказывает существенное влияние на ресурсно-ценотические характеристики *Vaccinium vitis-idaea*. В средней тайге (Республика Коми) урожайность листьев и обилие *Vaccinium vitis-idaea* достоверно выше, чем в зоне смешанных и широколиственных лесов Беларуси, при более высокой степени изменчивости ресурсно-ценотических параметров модельного вида в условиях Беларуси.

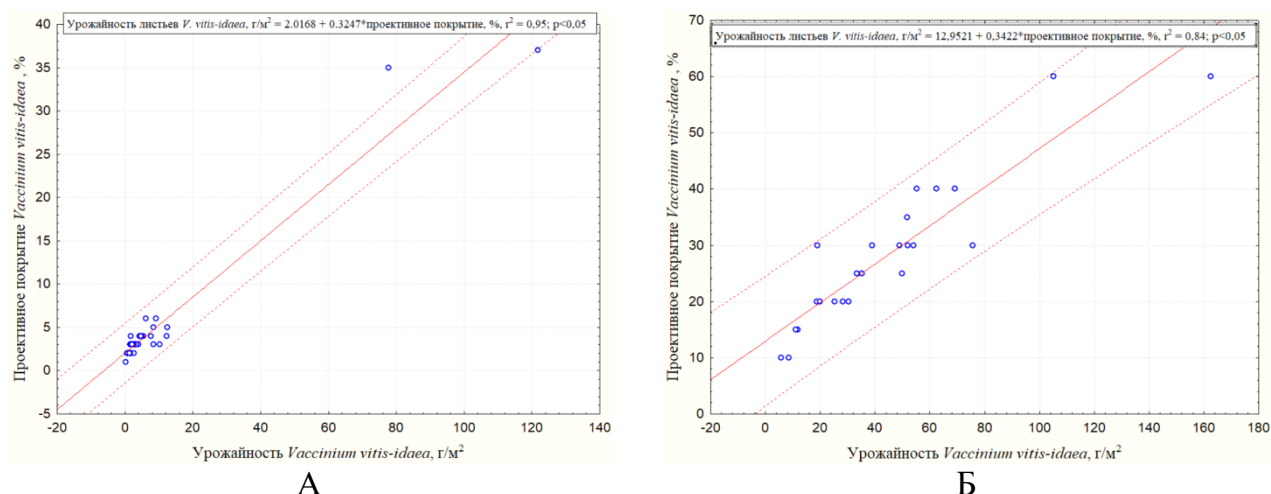


Рис. 2. Согласованная изменчивость урожайности и проективного покрытия *Vaccinium vitis-idaea* в Гродненской пуще (А) и Коми (Б)

Библиографический список

1. Государственная фармакопея Республики Беларусь // Общие и частные фармакопейные статьи. — Минск, 2007. — Т. II. — 471 с.
2. Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIV издание, том IV. — Москва, 2018. — URL: <https://minzdrav.gov.ru/> (дата обращения: 19.02.2026).
3. Морозов, О. В. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сосновых лесов Беларуси / О. В. Морозов, под ред. Ж. А. Рупасовой. — Минск : Право и экономика, 2006. — 114 с.
4. Буданцев, А. Л. Ресурсоведение лекарственных растений. Методическое пособие к производственной практике для студентов фармацевтического факультета / А. Л. Буданцев, Н. П. Харитонова. — Санкт-Петербург : СПХФА, 1999. — 87 с.
5. Егоров, А. А. Ботаническое ресурсоведение : методические указания для студентов направления подготовки 35.03.01 «Лесное дело» / А. А. Егоров. — Санкт-Петербург : 2015. — 36 с.
6. Егоров, А. А. Ботаническое ресурсоведение : классификация и оценка запасов полезных растений : учеб.-метод. пособие / А. А. Егоров, О. В. Созинов, Г. Н. Бузук, Д. Г. Груммо; под общ. ред. А.Л. Буданцева. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2023. — 100 с.
7. Сысой, И. П. Оценка массы сырья дикорастущих лекарственных растений по некоторым биометрическим и продукционным показателям / И. П. Сысой // Ботаника (исследования) : сборник научных трудов. Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. — 2016. — Вып. 45. — С. 145—159.
8. Методика определения запасов лекарственных растений / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, М-во мед. и микробиол. пром-сти; [Разраб. А. И. Шретер и др.]. — Москва : ЦБНТИ-лесхоза, 1986.
9. Пааль, Т. В. Структура ценопопуляций брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. / Т. В. Пааль, Я. Л. Пааль. — Таллин : Валгус, 1989. — 212 с.
10. Кузьмичева, Н.А. Линейные и нелинейные связи урожайности и проективного покрытия лекарственных растений / Н. А. Кузьмичева, Г. Н. Бузук, Е. В. Ломако // Вестник фармации. — 2015. — 1(67). — С. 24—28.

В статье рассмотрены способы предпосевной обработки семян овощных культур. Разработаны основные узлы экспериментального устройства для прайминга семян: камера замачивания, источник тепла, ультрафиолетовый излучатель, компрессор, обеспечивающий подачу воздуха в жидкость через распылитель (барботирование). Предложена компоновка устройства и представлена его принципиальная схема.

Ключевые слова: семена, овощные культуры, прайминг, гидротермическая обработка, барботирование, устройство.

А. Г. Тулинов,
кандидат сельскохозяйственных наук
(Сыктывкарский лесной институт,
Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРАЙМИНГА СЕМЯН

В сельском хозяйстве существуют три основные задачи предпосевной обработки семян различных культур — защита от патогенной микрофлоры, обитающей на семенах, повышение скорости и энергии прорастания семян [1].

Овощеводы разделяют предпосевную подготовку семян на два основных вида: прайминг и закалка. Первый отвечает за стимулирование пробуждения семян, повышение их всхожести и энергии прорастания, второй — за общее сопротивление абиотическим факторам среды [2].

Наибольший эффект от прайминга семян достигается при комплексном применении различных приемов обработки. Так, отсортированные и откалиброванные семена вначале обеззараживают, а после подвергают гидротермической обработке и барботированию.

Гидротермическая обработка — прием повышения всхожести и сокращения периода прорастания семян на основе двух параллельно протекающих процессов: замачивание в жидкости (в том числе и растворах различных стимуляторов роста) и прогревание. Это обеспечивает насыщение сухих семян растений водой, что пробуждает клетки и активизирует процессы внутри семян.

Для увеличения действия гидротермической обработки дополнительно применяется такой метод как барботирование. Семена не только впитывают воду, но и активно потребляют растворенный в ней кислород. Через три-четыре часа после замачивания, его практически не остается, и семена начинают задыхаться. Для предотвращения этого необходимо дополнительно насыщать воду кислородом, что не безопасно, либо атмосферным воздухом методом аэрирования жидкости через распылитель. Основной эффект от барботирования — повышение полевой всхожести и урожайности на 6—12% [2].

Операции по гидротермической обработке и барботированию можно объединить и совместное применение этих приемов должно приводить к синергетическому эффекту [3]. Для реализации данной идеи предлагается разработка экспериментального устройства для прайминга семян.

Для обеспечения прайминга семян с использованием таких приемов, как обеззараживание, гидротермическая обработка и барботирование, необходимо обеспечить устройство следующими узлами:

- камера замачивания;
- источник тепла;
- ультрафиолетовый излучатель;
- компрессор, обеспечивающий подачу воздуха в жидкость через распылитель (барботирование).

Камера замачивания должна обладать следующими характеристиками:

- хорошая теплопроводность внутрь и низкая наружу;
- герметичность;
- устойчивость к коррозии.

Таковыми параметрами обладают нержавеющая сталь и пластик. Камера замачивания из нержавеющей стали, выполненная в виде термоса, представляет собой две емкости, вставленные одна в другую с небольшим зазором, который обеспечивает воздушную подушку, снижающую потери тепла. Закрывается данная камера пластиковой крышкой.

В качестве источника тепла применяется нагревательная пластина (рисунок 1) со следующими параметрами:

- напряжение 220 В;
- мощность 80 Вт;
- размер 80x18 мм.

Для своевременного отключения источника тепла во избежание перегрева семян нагревательная пластина подключается через нормально замкнутый датчик температуры.



Рис. 1. Нагревательная пластина

В качестве ультрафиолетового излучателя выступает светодиодный светильник UVC Lumiwell (рисунок 2) со следующими характеристиками:

- напряжение 12 В;
- мощность 2 кВт;
- срок службы 10000 ч;
- длина волны 270 нм.

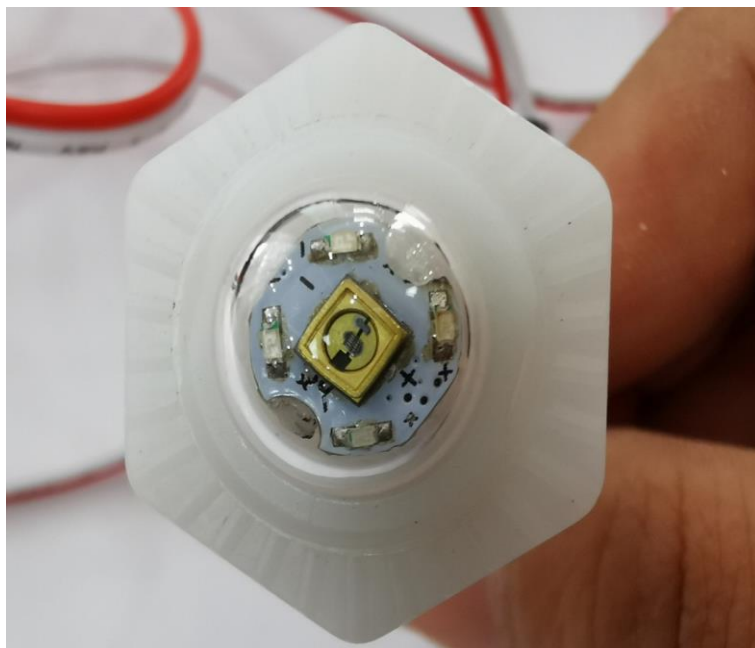


Рис. 2. Ультрафиолетовый светодиод

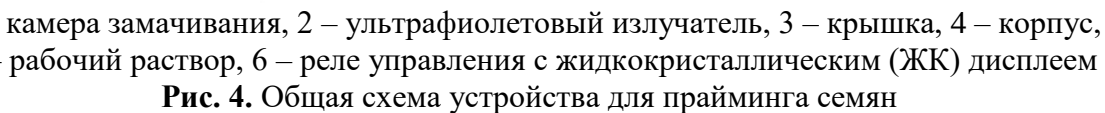
Диодный светильник, подключенный через светодиодный драйвер, обеспечивает работу ультрафиолетового излучателя от сети 220 В со следующими характеристиками:

- вход 85–265 В;
- частота 50/60 Гц;
- мощность 3 Вт;
- выходной ток 280 мА $\pm$ 5%;
- выходной интерфейс обычная проводка под клеммами;
- эффективность (КПД) 85%;
- паразитная емкость > 0,65 пФ;
- выходное напряжение 7—12 В постоянного тока.

Для барботирования использовали компрессор aPUMP «Махі» (рисунок 3) со следующими характеристиками:

- напряжение 220 В;
- мощность 3 Вт;
- размеры 12,0x11,0x8,5 мм;
- шумность не более 40 дБ.

ЛИ СКОМПОНОВАНЫ



Корпус устройства 4 выполнен из нержавеющей стали и представляет собой два сосуда, один из которых меньшего объема и помещен в первый. Благодаря этому между стенками сосудов образуется воздушная полость, которая снижает теплопотери из камеры замачивания 1. Между дном первого и второго сосудов располагается нагревательный элемент, отображенный на разрезе А. Данный элемент непосредственно нагревает рабочий раствор 5 в камере замачивания. На дно камеры замачивания выведен патрубок с распылителем, подключенный к компрессору, отображенному на разрезе Б-Б, обеспечивающий барботирование семян. Камера замачивания закрывается пластиковой крышкой 3, в которой установлен ультрафиолетовый излучатель 2.

Все электрические приборы подключены посредством проводов к блоку питания (БП) и управляются с помощью реле 6, обладающим жидкокристаллическим (ЖК) дисплеем и позволяющим выбирать параметры прайминга семян.

Таким образом, были разработаны основные узлы экспериментального устройства для прайминга семян: камера замачивания, источник тепла, ультрафиолетовый излучатель, компрессор, обеспечивающий подачу воздуха в жидкость через распылитель (барботирование). Предложена компоновка устройства и представлена его принципиальная схема.

Библиографический список

1. Лудилов, В. А. Семеноводство овощных и бахчевых культур / В. А. Лудилов. — Москва : Глобус, 2000. — 247 с.
2. Тараканов, Г. И. Овощеводство : учебник для вузов / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин, К. А. Шуин. — Москва : КолосС, 2003. — 472 с.
3. Тулинов, А. Г. Применение различных приемов обработки семян на урожайность овощных культур / А. Г. Тулинов // Февральские чтения : сборник материалов научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской работы 2024 года преподавателей Сыктывкарского лесного института. — Сыктывкар : СЛИ, 2025. — С. 240—242.

Рассмотрены вопросы влияния исходной информации на получаемые показатели балансовой надежности. Приводятся анализ разработанных и утвержденных Минэнерго РФ новых методических указаний с позиции возможностей информационного наполнения задачи оценки показателей балансовой надежности.

Ключевые слова: информационное наполнение, прогнозирование развития энергосистем, балансовая надежность, методические указания, резерв мощности.

М. Ю. Чукреев,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
лаборатории энергетических систем
(ИСЭ и ЭПС Коми НЦ УрО РАН)

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ЗАДАЧУ БАЛАНСОВОЙ НАДЕЖНОСТИ

Введение. Исторически, развитие цивилизации напрямую зависит от способности сельскохозяйственного общества к постоянному наличию избытка пищи, благодаря которому некоторые люди могли осваивать виды деятельности, не связанные с сельским хозяйством, что, в свою очередь, привело к росту производства, торговли, населения, социальной устойчивости. Способность населения обеспечивать себя необходимой продукцией осуществлялась за счет постоянного технического прогресса. Прогресс возможен при наличии нескольких составляющих:

- информации, промежуточных целей, расположенных на каком-то временном отрезке, и мотивации;
- дорожной карты.

Информация постоянно меняется, ее надо уметь интерпретировать и находить нужное, но без нее невозможно вообще какое-либо развитие. Нельзя сделать что-то без опыта, а опыт — тоже информация. Поэтому наличие информации — это важнейший ресурс, определяющий возможность прогресса, а ее правильное восприятие влияет на эффективность развития. Дорожная карта — это понимание того, как пользоваться временем. Наличие обеих составляющих дает способность двигаться контролируемо. Любое контролируемое действие — это власть над ним, следовательно, появляется возможность устанавливать свои правила.

Последние десятилетия наиболее значимым катализатором прогресса можно считать электроэнергетику. Ее развитие непосредственно влияет на все остальные сферы нашей жизни. В абсолютном большинстве производств значимый вес в себестоимости продукта имеет электроэнергия. В быту и социальной жизни мы также не представляем себя без этого ресурса.

Для обеспечения всех областей нашей жизни необходимо строгое планирование развития электроэнергетики. В этом направлении работает множество

организаций, формирующих планируемый уровень нагрузки, генерации по зонам надежности, пропускную способность связей между ними и т.п. Все это согласуется с выбранными критериями надежности. Это в целом отражает суть задачи балансовой надежности (свойство объекта удовлетворять требования потребителей в пределах заданных значений и ограничений на поставки энергоресурса с учетом запланированных и незапланированных перерывов в работе его элементов и эксплуатационных ограничений). И именно ее решение определяет способность и скорость прогресса. Получается, работа по оценке балансовой надежности — краеугольный камень в развитии государства, общества. Следовательно, организации, занимающиеся этими вопросами, отвечают за потенциал этого развития. Они обладают всеми составляющими для получения власти, а ее, в свою очередь, можно использовать по-разному.

Развитие электроэнергетики идет по пути создания единых энергетических систем (далее — ЕЭС). Примером могут служить Единая энергетическая система России, объединения энергосистем Европейского Союза, Северной Америки. Надежность баланса мощности таких систем всегда анализируется. В нашей стране в рамках ЕЭС России выделяются зоны в виде объединенных энергетических систем (далее — ОЭС) с дроблением их на отдельные территории. Надежность баланса мощности обеспечивается как собственными источниками, так и генерацией смежных зон без каких-либо ограничений на поставки мощности из них.

На основе этого формируются достаточно строгие иерархические системы, в рамках которых разработаны эффективные методы, реализованные в программных продуктах, позволяющие решать весь комплекс задач, связанных с управлением развитием энергосистем ЕЭС страны на перспективу от 5 до 20 лет, в том числе задачу обеспечения балансовой надежности.

На современном этапе наиболее приемлемыми показателями балансовой надежности (ПБН) с позиций обоснования средств обеспечения надежности считаются [1,2,3]:

- в отечественной практике вероятности бездефицитной работы территориальных зон $\rho = 1 - J_d$ (J_d — интегральная вероятность появления дефицита мощности);

- в зарубежной — средние вероятностные значения дней дефицита мощности (*Loss of Load Expectation, LOLE*) в сутках/год и часов дефицита мощности в год (*Loss of Load Hours, LOLH*).

Цель при решении задачи балансовой надежности состоит в получении данных по средствам ее обеспечения. Основным можно считать оперативный резерв (на его величину также влияют работа «агрегатора» и наличие локальных энергосистем). Получившаяся величина оперативного резерва мощности волнует как потребителей, так и поставщиков. Если перевести вышенаписанное в один вопрос, его можно сформулировать так: зачем считать резервы и кому это надо? Попробуем на него ответить исходя из истории последних нескольких десятков лет.

Бывший СССР. В период с 1972 по 1991 г. была разработана сначала схема формирования ЕЭС СССР и всех ОЭС до 1990 г., а после — научно-техническая программа «Единая электроэнергетическая система (ЕЭЭС) СССР». В связи с прекращением существования СССР программа в полной мере не была реализована, но она послужила основой программы «Развитие ЕЭС России». Ведущей организацией в этом вопросе был основанный в 1962 году Всесоюзный государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт энергетических систем и электрических сетей «Энергосетьпроект». Институт стал головным по Целевой комплексной научно-технической программе «Дальнейшее развитие ЕЭС СССР с целью повышения ее эффективности, надежности работы и снижения потерь электроэнергии в электрических сетях».

В этот период вся информация собиралась в стенах организации «Энергосетьпроект», которая имела научно-исследовательский статус, НИИПТ и ОР-ГРЭС. Это давало возможность получать информацию и дорожную карту независимым исследователям, научным и научно-образовательным организациям для проведения работ по оценке ПБН.

В электроэнергетической отрасли существовала монопольная структура управления. Государство диктовало правила игры, но при этом поддерживало сторонние исследования в области балансовой надежности. В этот период ответ на поставленный вопрос можно сформулировать как: кому — потребителям, по большей части в лице государства, зачем — для контроля за динамикой развития государства.

Реформа электроэнергетики. Подобная структура сохранялась до формирования отрасли начатом в 2003 году. В феврале 2003 года Государственная Дума РФ приняла закон «Об электроэнергетике» [4]. Из данного закона видно, что ни одна из поставленных в нем целей не направлена на снижение цен на электроэнергию, обеспечение энергетической безопасности, устойчивого функционирования, привлечение инвестиций. В результате реформы электроэнергетической отрасли появились рыночные отношения. Для функционирования такой системы в июне 2002 года была создана инфраструктурная организация ОАО «Системный оператор – Центральное диспетчерское управление Единой энергетической системы», которое было выделено из ОАО «РАО «ЕЭС России» как самостоятельное предприятие. В последующем название было изменено на Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС»). В рамках реорганизации отрасли на системного оператора (далее — СО) были возложены функции разработки программных документов в сфере перспективного развития отрасли: генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики на долгосрочную перспективу, а также схемы и программы развития электроэнергетических систем России. Т.е. системный оператор стал отвечать за перспективное развитие ЕЭС России. Тут надо заметить, что выбор модели реформы, предложенной Анатолием Борисовичем Чубайсом, в первую очередь был обоснован именно упором в ней на перспективное развитие ЕЭС России.

В это время, несмотря на заявленную конкуренцию в отрасли, СО начинает последовательное движение по сбору и хранению информации у себя. Все работы, связанные с задачами определения резервов и соответственно оценки ПБН, проводились СО или делегировались в качестве договорных работ профильным организациям. Информация, предоставленная для выполнения этих работ, являлась интеллектуальной собственностью СО и не могла быть обнародована. Но работы проводились, частично с целью накопления определенных компетенций внутри СО, частично для решения задач в интересах СО.

Исходя из изложенного попробуем ответить на выше озвученный вопрос. Зачем считать резервы, чтобы СО как субъект, отвечающий за перспективное развитие ЕЭС России, мог стабильно обеспечивать должный уровень надежности. Кому это надо — потребителям, которые в условиях конкуренции как внутри страны, так и за ее пределами должны иметь максимально низкую величину тарифа. Получается потребителям выгодны низкие цены, а это низкий уровень резерва, что плохо для СО, т.к. сложнее контролировать должный уровень надежности. От тарифа зависят доходы компаний, способность их проводить инвестиционную деятельность, сам СО живет на тарифе.

Настоящее время. В декабре 2022 года при непосредственном участии СО приняты новые методические указания (далее — МУ) [5]. Новые МУ предполагают проработку двух документов: Генеральная схема (ГС) размещения объектов электроэнергетики и Схема и программа развития (СиПР) электроэнергетической системы России. Обоснованию решений по обеспечению БН посвящены две главы (V и VI).

В новых МУ вводится глава «Обеспечение балансовой надежности». Ранее БН обеспечивалась выполнением требований к величинам НРМ территориальных зон ЕЭС [6] (процентом от максимальной нагрузки, 17 % для Европейской части и 12 % для сибирской). Введение данной главы позволяет выработать управленческие решения для каждой территориальной зоны ЕЭС. При этом важно отметить, что необходимость увеличения резервов мощности в территориальных зонах и пропускных способностей связей, соединяющих их, требуется при разработке обоих программных документов (п. 115).

В новых МУ претерпела изменения методика решения задачи оценки показателей БН в связи с повышением информационной обеспеченности.

Введение отдельного раздела по обеспечению балансовой надежности приведет к снижению исследований в области БН. Причина состоит в сосредоточении и инструментария и информационной составляющей в одной структуре — СО ЕЭС. Помимо этого, следует отметить, что почти вся вероятностно определенная информация, используемая для оценки показателей БН, формируется и используется только специалистами СО и не доступна для научного сообщества. В связи с этим новые МУ предполагают решение задачи оценки БН только в рамках СО. Возможные публичные обсуждения принятых управленческих решений, на наш взгляд, малоэффективны по причине отсутствия всего спектра исходной информации у заинтересованных сторон.

Попробуем задать еще раз вопрос: зачем считать резервы и кому это надо? И ответ не изменится по сравнению с предыдущим, но теперь СО сам определяет какой уровень резерва ему необходим. А это противоречит самой идее конкуренции, потребители потеряли всякую власть над происходящим, их просто ставят перед фактом.

Выводы. Интеллектуализация ЕЭС России позволяет использовать в задачах оценки показателей БН весь спектр необходимой информации, что снижает необходимость прибегать к допущениям. Анализ имеющейся ретроспективной информации позволяет выявить зависимость случайных отклонений нагрузки между отдельными ОЭС, входящими в ЕЭС России, и сформировать новые показатели норм на внеплановые и плановые ремонты генерирующего оборудования. Внедрить использование этих данных не представляет серьезных проблем. Но принятие новых МУ приводит к невозможности воплотить это в жизнь. По этому документу СО не обязан предоставлять информацию, требующуюся для проведения расчетов по получению ПБН. Это способствует дальнейшему отдалению научного сообщества от участия в решении задач балансовой надежности. Резюмируя вышесказанное, можно обозначить несколько вопросов:

- Есть ли конкуренция? Если вся информация и дорожная карта у одного игрока на рынке.
- Какой будет мотивация этого игрока и как контролировать, чьи интересы он представляет?
- Как проверить и оценить принимаемые решения?

Библиографический список

1. Чукреев, Ю. Я. Модели оценки показателей балансовой надежности при управлении развитием электроэнергетических систем / Ю. Я. Чукреев, М. Ю. Чукреев. — Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2014. — 207 с.
2. Billinton, R. Reliability Evaluation of Power Systems. Second Edition / R. Billinton, R. N. Allan. — New York and London, Plenum Press, 1996. — 509 p.
3. Чукреев, Ю. Я. Модели обеспечения надежности электроэнергетических систем / Ю. Я. Чукреев. — Сыктывкар : Коми науч. центр УрО РАН, 1995. — 176 с.
4. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-03 // СПС «КонсультантПлюс».
5. Чукреев, Ю. Я. Обеспечение балансовой надежности при управлении развитием электроэнергетических систем: состояние, проблемы, информационное наполнение / Ю. Я. Чукреев, М. Ю. Чукреев // текущий сборник.
6. Методические рекомендации по проектированию энергосистем. Утверждены приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 281. — Москва : Минэнерго России, 2003.

Рассмотрены вопросы обоснования балансовой надежности при управлении развитием электроэнергетических систем. Приведены основные проблемы принятия решений применительно к современному состоянию электроэнергетической отрасли страны. Выявлена опосредованная взаимосвязь показателей балансовой надежности в виде вероятности бездефицитной работы с функцией минимума приведенных дисконтируемых затрат.

Ключевые слова: балансовая надежность, нормативный показатель, баланс мощности, компенсационные затраты, генерирующая мощность.

Ю. Я. Чукреев,
доктор технических наук, старший научный сотрудник
(Сыктывкарский лесной институт,
ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

ВЗАИМОСВЯЗЬ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БАЛАНСОВОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Электроэнергетическая отрасль характеризуется рядом специфических особенностей. К основным из них можно отнести непрерывность и одновременность процесса производства и потребления электроэнергии и опережающее развитие объектов электроэнергетики по отношению к другим отраслям экономики. Непрерывность процесса производства и потребления электроэнергии без наличия сегодня дорогостоящих аккумулирующих установок приводит к необходимости резервирования систем электроснабжения по мощности (электростанции) и систем передачи электроэнергии на расстояние. Объединение электростанций системообразующими связями образует электроэнергетические объединения. В нашей стране существует Единая электроэнергетическая система (ЕЭС) России. Функционируя как единый технологический комплекс, она должна обеспечивать надежность и безопасность как на уровне отдельных объектов и подсистем, так и на уровне всей энергосистемы в целом. В соответствии с законом «Об электроэнергетике» всю полноту ответственности за это несет АО «СО ЕЭС».

Начиная с 2010 г. АО «СО ЕЭС» инициированы работы по разработке технологических правил работы электроэнергетических систем (ЭЭС), различного рода нормативных документов, в которых вопросам балансовой надежности уделялось достаточное внимание [1]. Под балансовой надежностью ЭЭС в дальнейшем будет пониматься способность ЭЭС обеспечивать совокупный спрос на электрическую энергию и мощность потребителей в любое время, принимая во внимание запланированные и внеплановые простои элементов системы [2, 3]. Это требует создания достаточных резервов мощности для компенсации внезапных выводов в ремонт генерирующей мощности. Венцом работы по обеспечению нормативных документов по обеспечению балансовой

надежности стало утверждение в конце 2022 г. новых методических указаний по проектированию развития энергосистем [4].

Произошедшие в 90-е годы прошлого столетия изменения, безусловно, отразились на условиях взаимоотношений субъектов электроэнергетической отрасли. Реформирование электроэнергетики в этот период привело к трансформации управления единым технологическим процессом. Были созданы отдельные звенья в лице генерирующих и энергосбытовых компаний, передающих сетевых и распределительных объединений. Какие же проблемы с позиции обеспечения балансовой надежности встали перед отраслью в результате произошедших в период перестройки трансформаций в электроэнергетике нашей страны?

На наш взгляд, существуют две крупные проблемы. Первая — это наличие, в отличие от постсоветского периода, больших избытков генерирующей мощности. Они были вызваны спадом промышленного потребления в условиях перестройки. Это привело к практическому прекращению исследований в области балансовой надежности. Все это повлекло за собой возникновение проблем старения оборудования, отставания в научно-техническом прогрессе и многих других. Последствиями этого явилось увеличение тарифов на электроэнергию, перекрестное субсидирование для уменьшения социальных последствий и т.п.

Вторая проблема являлась следствием первой и состояла в отсутствии методических наработок в нормативно-технической области обоснования критериев принятия решений по наращиванию генерирующей мощности и ее демонтиража с позиции экономической эффективности по обеспечению требований к балансовой надежности. Эта проблема достаточно остро стоит и сегодня, хотя определенные методические наработки имеются. Здесь переплетаются проблемы технико-экономического обоснования ввода новых генерирующих мощностей с социальными вопросами демонтажа старого генерирующего оборудования. В современных условиях последнее решается только на уровне формирования Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики [1], что, наверно, правильно, так как многие электростанции, подпадающие под реконструкцию и демонтаж, являются в территориальном разрезе градообразующими.

В современных условиях оценка показателей балансовой надежности и их обеспечение проводится на модели расчетной схемы ЕЭС России, включающей в себя множество территориальных зон, связанных между собой системообразующими связями с ограниченными пропускными способностями. Под территориальными зонами понимаются зоны надежности, включающие в себя множество нагрузочных и генерирующих узлов, связанных линиями электропередачи, пропускная способность которых в любых электрических режимах не ограничивает перераспределение мощности внутри них [1]. Такая зона надежности называлась ранее концентрированной. При такой трактовке каждая территориальная зона модели расчетной схемы ЕЭС России характеризуется только генерирующей мощностью покрытия потребления и собственно потреблением мощности. Следует особо подчеркнуть, что при таком представлении

модели расчетной схемы ЕЭС России принципиально не могут быть рассмотрены ограничения потребителей, вызванные массовым отключением линий электропередачи, как правило, низких классов напряжений, погашением подстанции из-за отказа трансформаторов, входящих в выделенную территориальную зону, и т.п.

Показатели балансовой надежности должны иметь простой физический смысл и быть достаточно чувствительными к возмущениям, приводящим к снижению или увеличению надежности системы. В отечественной практике [2, 3 и др.] этому наиболее полно отвечают:

- математическое ожидание недоотпуска электрической энергии из-за аварийных длительных ремонтов оборудования для отдельных j -х территориальных зон $M[\Delta W]_j$, $j = 1, 2, \dots, n$;

- математическое ожидание компенсационных затрат от ненадежности электроснабжения потребителей (для j -х территориальных зон $M[U]_j$;

- интегральные вероятности появления дефицита мощности территориальных зон (J_d) ЭЭС.

Исследования балансовой надежности ЭЭС получили широкое развитие, как в нашей стране, так и за рубежом с середины 60-х годов прошлого столетия. Связано это было с необходимостью технико-экономического обоснования величины оперативного резерва или в современной трактовке требуемой генерирующей мощности при планировании энергосистем. В то время, как и сегодня, принятие решений по развитию генерирующих мощностей электростанций и системообразующих связей ЭЭС выполнялось с минимизацией приведенных затрат, в том числе, и дисконтируемых $Z_\Sigma(\Pi)$:

$$Z_\Sigma(\Pi) = Z_G(\Pi) + Z_L(\Pi) + M[U](\Pi) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Π — показатели, характеризующие средства обеспечения надежности ЭЭС — генерирующие мощности электростанций и пропускные способности связей;

$Z_G(\Pi) = \sum_{j=1}^n z_{Gj}^{уд} G_j$ — затраты в развитие генерирующих мощностей всех j -х

территориальных зон ЭЭС; $Z_L(\Pi) = \sum_{l=1}^m z_{Ll}^{уд} P_l^L$ — затраты в запасы пропускной способности (P_l^L) l -х связей (для концентрированной ЭЭС равны нулю);

$z_{Gj}^{уд}, z_{Ll}^{уд}$ — удельные замыкающие затраты (руб./кВт) соответственно на развитие генерирующей мощности в j -й территориальной зоне ЭЭС и в усиление запаса пропускной способности P_l^L l -х связей.

При увеличении генерирующей мощности затраты на строительство электростанций возрастали, а компенсационные затраты от ненадежности, наоборот, уменьшались. В теории компромисс достигался за счет равенства по величине разнонаправленных производных функций этих составляющих затрат. Проблемными моментами применения такого подхода были и остаются

сегодня вопросы определения одной из составляющих функционала (1) — компенсационных затрат, вызванных ненадежностью электроснабжения. За более чем 60-летний период исследований в данной области, безусловно, многое сделано, особенно в вопросах информационного наполнения и методического обеспечения задачи определения показателей балансовой надежности. Учет компенсационных затрат для обоснования требуемой генерирующей мощности электростанций в настоящее время решается опосредованно путем введения нормативных значений к показателям балансовой надежности. Наиболее приемлемыми для нормирования с позиций принятия управленческих решений [2] из множества показателей балансовой надежности являются так называемые интегральные вероятности отсутствия (ρ), или появления $J_{\text{д}} = 1 - \rho$ дефицита мощности.

В работе [5] для концентрированной и в работе [3] для многозонной ЭЭС строгими математическими методами показано, что производная от функции математического ожидания недоотпуска электроэнергии по генерирующей мощности определяется выражением $dM[\Delta W](\Pi)/dg = -T_p J_{\text{д}j}$ (T_p — расчетный период времени, обычно год). Тогда при принятии гипотезы о линейности удельного ущерба y_0 от глубины дефицита мощности получим, что $dM[Y](\Pi)/dg = -y_0 T_p J_{\text{д}}$. Приравнивая эту производную удельным замыкающим затратам на развитие генерирующей мощности, получим, что условию минимума функционала (1) соответствует известное выражение:

$$J_{\text{д}}^{\text{норм.}} = z_G^{\text{уд.}} / (y_0 T_p). \quad (2)$$

Для многозонной ЭЭС условием оптимальности генерирующей мощности отдельных территориальных зон и запасов пропускной способности связей между ними также является минимум функционала приведенных затрат (1). Условием оптимальности, как и в концентрированной энергосистеме, будет равенство нулю частных производных от функционала приведенных затрат по генерирующей мощности территориальных зон и запасам пропускной способности связей. В работе [3] показано, что интегральные вероятности дефицита мощности j -х территориальных зон ($J_{\text{д}j}$) и перегрузки пропускной способности l -х связей ($J_{\text{пл}}$) тождественны производным от функции математического ожидания недоотпуска электроэнергии по этим параметрам. Это говорит о том, что в оптимальном варианте для каждой территориальной зоны должны выполняться условия (2).

Получается, что знание отношения $z_G^{\text{уд.}} / y_0$ позволяет опосредованно учесть критерий минимума приведенных затрат с включением в него компенсационных затрат от ненадежности (1). Численное значение этого отношения позволяет легко определить нормативные показатели балансовой надежности. Если значения удельных замыкающих затрат в развитие генерирующих мощ-

ностей в j -х территориальных зонах ЭЭС можно как-то определить, то с величинами удельного ущерба y_{0j} даже при принятии его линейности от глубины дефицита мощности всегда были проблемы [6]. В постсоветском периоде его значение определялось отношением валового внутреннего продукта (ВВП) страны к объему потребленной электроэнергии за год. Потребление электроэнергии в то время было полностью заточено на промышленность (более 70 %). Учитывая, что ущербы от нарушений электроснабжения возникали именно в сфере материального производства, было построено вышеуказанное отношение для определения удельного ущерба от ненадежности электроснабжения. В настоящее время в условиях рыночной экономики структура формирования ВВП существенно изменилась, поэтому представленное отношение не работает. Нормативные показатели балансовой надежности в виде ρ в настоящее время при его использовании упали бы с 0,996 до 0,985 и ниже.

Следует отметить, что нормативные значения к показателям балансовой надежности, в описанной выше парадигме их формирования, должны соблюдаться для всех территориальных зон модели расчетной схемы ЕЭС России. В последнее десятилетие наблюдается тенденция увеличения размерности этой модели с 6—10 в 80-е годы прошлого столетия до 100 и более. Отношение валового регионального продукта (ВРП) к объему электропотребления в территориальных зонах (регионах нашей страны) резко отличается. Например, для 2015 и 2018 годов это отношение в руб./кВт·ч для Москвы равнялось соответственно 248,2 и 304,6, а Иркутской области — только 19,0 и 25,0. При таких отношениях нормативные значения показателей балансовой надежности для этих регионов колеблются от 0,994 до 0,898. Это, как и вышесказанное об изменении электропотребления в отраслях экономики страны, безусловно, говорит о необходимости формирования нормативных показателей балансовой надежности, исходя не из отношения ВВП или ВРП к объему электропотребления, а из оценок специалистов в этой области с позиций интересов производителя и потребителя.

Утвержденный Приказом Министерства энергетики РФ от 30.04.2021 № 321 нормативный показатель балансовой надежности $\rho_n = 0,996$ носит сегодня чисто декларативный характер и не имеет четкого обоснования. Это наглядно прослеживается при выполнении работ по разработке схем и программ развития отрасли, ежегодно выполняемых СО ЕЭС, в которых он используется только для выявления проблемных территориальных зон модели расчетной схемы ЕЭС России. Эти зоны и без того достаточно легко выявляются на основе анализа балансов мощности и электроэнергии. Значение утвержденного нормативного показателя балансовой надежности говорит о том, что в оптимальном варианте развития ЭЭС отношение величин z_G^{yd} / y_0 , входящих в выражение (2), должно быть равно 35 ч. Именно при этом соотношении будет наблюдаться минимум функционала приведенных затрат (1). В условиях, когда оба этих удельных показателя достаточно сложно определить, это очень важное

закключение. Ответить на вопрос: 35 ч — это много или мало, можно только соответствующими исследованиями. В зарубежной практике это отношение изменяется в пределах от 3 до 8 ч.

Библиографический список

1. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2042 г. Обосновывающие материалы. — 2024. — 253 с.
2. Руденко, Ю. Н. Надежность систем энергетики / Ю. Н. Руденко, И. А. Ушаков. — Москва : Наука, 1986. — 252 с.
3. Чукреев, Ю. Я. Модели оценки показателей балансовой надежности при управлении развитием электроэнергетических систем / Ю. Я. Чукреев, М. Ю. Чукреев. — Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2014. — 207 с.
4. Методические указания по проектированию развития энергосистем: приказ Минэнерго России от 06.12.2022 № 1286 // СПС «КонсультантПлюс».
5. Маркович, И. М. Режимы энергетических систем / И. М. Маркович. — Москва : Энергия, 1969. — 351 с.
6. Непомнящий, В. А. Ущерб от нарушения электроснабжения / В. А. Непомнящий. — Сосновый Бор, Ленинградская обл., 2014. — 28 с.

В статье рассматривается понятие «конверсия» как один из наиболее активных способов словообразования в современном английском языке. Благодаря этому способу словообразования язык обретает морфологическую свободу, так как одно и то же слово может употребляться в качестве разных частей речи, а значит, и выступать в различной синтаксической функции (т.е. быть различными членами предложения).

Ключевые слова: конверсия, английский язык, словопроизводство.

С. И. Шарапова,
кандидат педагогических наук
(Сыктывкарский лесной институт)

КОНВЕРСИЯ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ОБОГАЩЕНИЯ СЛОВАРНОГО СОСТАВА ЯЗЫКА

Накопление словарного запаса, необходимого для понимания и перевода иностранной литературы, является одним из наиболее трудных видов работы при изучении иностранного языка.

В современную эпоху обогащение словарного состава языка приобретает особое значение. Его развитию способствуют такие внутренние источники как *изменение семантики слов и образование новых лексических единиц*, так и внешние как *заимствование лексических единиц из других языков*. Таким образом, новые единицы возникают обычно на основе однокорневых лексем с изменением плана выражения последних путём присоединения к ним аффиксов или без них.

В настоящее время в английском языке наиболее продуктивными признаны 6 способов словообразования:

1. Аффиксация — модель «основа + аффикс», например, *friend* (друг) — *friendly* (дружелюбный(-но)).

2. Словосложение — модель «основа + основа», например, *sun* + *rise* = *sunrise* (восход, заря).

3. Конверсия — модель $V \rightarrow N$ или $N \rightarrow V$, например, *hand* → *to hand* (передавать; касаться).

4. Реверсия — модель «основа – квази-аффикс», например, *to compute* (вычислять) от *computer*.

5. Словослияние — здесь о модели можно говорить только условно, как о соединении фрагментов основ, например, *slang* + *linguist* → *slanguist*.

6. Сокращение — например, *influenza* → *flu* (грипп) [1].

Среди способов словопроизводства следует выделить конверсию. Она отличается от других способов тем, что посредством её создаётся новая производная лексема с полным сохранением формы производящей. При этом отсутствие каких-либо словообразовательных элементов обуславливает простоту, экономичность и, следовательно, продуктивность данного способа словообразования. Это чрезвычайно продуктивное средство пополнения лексического состава

новыми словами. Согласно Т. И. Арбековой, конверсия — это безаффиксальный способ словообразования, в результате действия которого образуется категориально отличное слово, совпадающее в некоторых формах с исходным словом [1]. Например, *house* — *дом*, *to house* — *вмещать*.

Её универсальный характер, а также названные выше особенности объясняют интерес лингвистов к изучению конверсии в разных языках мира.

Словарный состав современного английского языка сложился в разные исторические эпохи с помощью различных словообразовательных средств. Поэтому при рассмотрении вопроса его словообразования нельзя пренебрегать историческими фактами. Ведущим процессом в развитии словарного состава английского языка на всех его этапах было словопроизводство, то есть образование новых слов из имеющегося материала с помощью тех словообразовательных средств, которые сложились в языке [2].

Конверсия как способ словообразования глаголов и существительных стала одной из характерных черт английского языка, начиная с 13 века. Она возникла в результате распада флективной системы в начале среднеанглийского периода. Такое морфологическое тождество исходных форм существительного и глагола стало возможным только с того времени, когда инфинитив утратил своё суффиксальное оформление. Именно фонетическое совпадение целого ряда существительных и глаголов одного и того же корня, совершившееся в результате утраты инфинитивного суффикса, и послужило в качестве словообразовательной модели для развития конверсии. В результате совпадения по форме разных слов появилась возможность производить новые слова по аналогии. Аналогия была характерной чертой новоанглийского словообразования.

В 20 веке конверсия стала рассматриваться учеными как разновидность функциональной транспозиции, как процесс перемещения слова в другой класс слов без добавления аффикса. Исследователи до сих пор не пришли к какому-либо единому выводу по этому вопросу. Однако они выделяют две основные группы слов, образованных по конверсии. Первую группу составляют глаголы, образованные от существительных. Вторую большую группу конверсионных образований составляют существительные, образованные от глаголов [2].

По мнению Г.Б. Антрушиной, конверсию можно рассматривать как морфолого-синтаксический способ словообразования [3]. В этом случае новое производное слово заимствует семантику производящей основы, прибавляя к ней свою. Здесь происходит не только грамматическая, но и семантическая перестройка. Показателями того, к какой части речи относится данное слово, являются служебные слова (артикли и частицы) и порядок слов. Причем понять значение новообразования можно, опираясь на значение исходного слова. Например:

The bright **light** came in through the window. — Яркий **свет** проникал через окно.

He stopped **to light** a cigarette. — Он остановился, чтобы **зажечь** сигарету.

В литературе по лингвистике процесс перехода слова из одной части речи в другие может называться транспозицией, конверсией или деривацией.

В языке существует теория, называемая теорией перехода. Она определяет состояние, развитие и типы перехода. Эта теория не только изучает динамику перехода к речи, но и исследует соответствие динамических и статических переходов. Понятие перехода связано с такими состояниями языка, как транспозиция и трансформация, и его развитием.

Трансформация означает изменение формы, вхождение в другое состояние. Например, **bank (n)** — банк; **to bank (v)** — класть деньги в банк

Транспозиция означает перемена места, перенос. Например, the economy system **cracked** — экономическая система *треснула*; **a crack** of economy system — появилась *трещина* в экономической системе

Одной из самых серьёзных проблем общего языковедения является переходный процесс от одной части речи к другой. Это понятие обозначает появление конверсии как языкового явления. Именно это языковое явление отражает динамизм развития и диалектику языка, его внутренний порядок, лексический механизм, морфологическую и синтаксическую системы.

А.А. Шахматов объяснил процесс перехода одной части речи в другую такими специальными терминами, как *субстантивация* (образование имен существительных), *адвербализация* (образование наречий), *вербализация* (образование глаголов), *прономинализация* (образование местоимений) [4].

При возникновении конверсии слово попадает в новую синтаксическую среду, выступает с позиции новой синтаксической функции, приобретает новое значение в результате морфологических изменений.

Основными разновидностями конверсии являются *вербализация* (образование глаголов), *субстантивация* (образование имен существительных), *адъективизация* (образование имен прилагательных), *адвербализация* (образование наречий). Конверсия протекает различно в зависимости от морфологической характеристики исходного и производного слова.

Английский — аналитический язык: грамматические отношения между словами передаются не с помощью аффиксов, а с помощью фиксированного порядка слов, служебных слов, интонации и контекста, что делает конверсию элементарной и интуитивно понятной.

В языке существует два вида перехода: промежуточный и синкретический. Они проявляются в различных типах и формах, а также с позицией языковых единиц и категорий, материала языка и идеальной площади.

Синкретизм (греч. συνκρητισμός) — постоянное объединение в одной форме нескольких значений или компонентов значения, разделённых между разными формами в случаях, соотносимых с данным, или на более ранних этапах истории языка [5]. **Синкретический переход** — это лингвистическое явление, при котором в одной языковой единице совмещаются признаки разных грамматических категорий или происходит объединение функционально различных грамматических форм и категорий в одной форме. Это может быть связано с переходом слов из одной части речи в другую или с другими процессами трансформации языковых единиц.

В. И. Кодухов пишет, что синкретический тип перехода состоит из того, что материальное и формальное единство единиц обладают одной или более функциями. Пример синкретизма в языковой системе — это омонимия (слова, одинаковые по звучанию, имеют разное значение). Например: **agent** — *посредник, доверенное лицо* — *фактор, средство*; **interest** — *процент кредитования* — *интерес*; **demand** — *спрос* — *настойчивая просьба, требование*.

Два основных вида перехода и синкретизм отличаются друг от друга тем, что при синкретизме наблюдают соответствие языковой единицы, ее формы и значения, или же различных категорий формы и значения [6].

Исследование различных примеров конверсии позволяет сделать вывод о возрастающей тенденции к увеличению объема слов, созданных на основе конверсионных моделей. Явление конверсии требует пристального наблюдения и фиксирования особенностей своего функционирования, так как этот процесс является одним из наиболее продуктивных способов словообразования на сегодняшний день в английском языке.

В соответствии с этим, слово, подвергшееся конверсии, сохраняет свою первоначальную форму. Слово приобретает признаки другой грамматической категории и определяет признак в контексте (принадлежность, материальность, наличие признаков). Во время конверсии уточняются этапы процесса перехода слова из одной части речи в другую. Эти этапы сопровождаются расширением смысловой парадигмы слова.

Таким образом, становится ясно, что конверсия является исторической категорией внутреннего развития языка, и определение языкового содержания имеет сильную зависимость от семантических оттенков данного процесса. Этот процесс выступает в качестве результата долговременного семантического развития языка.

Следовательно, без специальной языковой и переводческой подготовки невозможно добиться адекватной передачи информации с одного языка на другой. Рассмотренные основные лексико-грамматические проблемы перевода помогают полно и точно понять и передать содержание текста:

- знание порядка слов в английском языке помогает правильно определить части речи и сделать точный перевод;

- знание лексики, грамматических языковых явлений, систематическая работа с научными или профессиональными текстами развивает навыки переводоведения. Чем больше слов мы знаем, тем богаче наш словарный запас и, как следствие, тем интереснее и разнообразнее наше общение;

- умение пользоваться словарем приводит к точности передачи мысли.

Для успешной работы переводчик должен постоянно совершенствовать навыки и умения чтения и перевода профессионально ориентированных текстов.

Библиографический список

1. Арбекова, Т. И. Лексикология английского языка / Т. И. Арбекова. — Москва : Высшая школа, 1977. — 240 с.

2. Ginzburg, R. S. A Course in Modern English Lexicology : учебник / R. S. Ginzburg, S. S. Khidekel, G. Y. Knyazeva, A. A. Sankin. — Москва : Высшая школа, 1979. — 269 с.
3. Антрушина, Г. Б. Лексикология английского языка / Г. Б. Антрушина, О. В. Афанасьева, Н. Н. Морозова. — Москва : Дрофа, 2001. — 288 с.
4. Шахматов, А. А. Синтаксис русского языка : учебник / А. А. Шахматов. — Москва : Эдиториал УРСС, 2001. — 624 с.
5. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
6. Кодухов, В. И. Общее языкознание : учебник / В. И. Кодухов. — Москва : Высшая школа, 1974. — 303 с.

В статье выстраивается многофакторная модель конкурентоспособности персонала. Определены факторы, которые необходимо учитывать в отраслевой модели конкурентоспособности.

Ключевые слова: конкурентоспособность, персонал, конкурентные преимущества, модель.

О. О. Шерemet,
магистрант специальности «Экономика»;
научный руководитель — **Е. А. Алексеева,**
кандидат экономических наук, доцент
(Витебский государственный технологический университет)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПЕРСОНАЛА НА ОТРАСЛЕВОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)

В современных условиях динамично развивающейся цифровой экономики ключевым фактором успеха и развития организаций становится конкурентоспособность персонала. Понятие характеризует совокупность психофизиологических, профессионально-квалификационных, ценностно-мотивационных и стоимостных характеристик трудовых ресурсов, определяющих их успех на конкурентном рынке, а также способность работника отвечать современным требованиям работодателей в конкретной сфере деятельности, позволяя достигать лучших по сравнению с аналогичными работниками показателей эффективности и результативности труда. Долгое время (в подходах ранее середины XX в.) оценке уровня конкурентоспособности работников соответствовал расчет производительности рабочей силы. По мере того как развивалось общество, а с ним и экономика, произошел переход от рассмотрения персонала как объекта, обладающего набором физических характеристик, к пониманию его как субъекта, способного к саморазвитию, адаптации к рынку и формированию своих уникальных «конкурентных преимуществ». Ряд требований к параметрам, обеспечивающим способность персонала конкурировать на рынке труда, расширился, однако «производительность труда» остается одним из главных количественных индикаторов конкурентоспособного труда, широко применяющихся в моделировании.

Факторы, от которых зависит конкурентоспособность персонала, традиционно разделяются на внутренние и внешние по отношению к работникам. Внутренними считаются личные конкурентные преимущества работников — психофизиологические, профессиональные, мотивационные и т.д., а внешними, соответственно, все факторы внешней среды — экономические, социальные, правовые, конъюнктурные и др. Часто в отдельную категорию определяют факторы внутренней среды, такие как морально-психологический климат в организации, заработная плата, организация труда и материально-техническая база, карьерная перспектива. Справедливая оплата труда здесь, оказывая влияние на

уровень жизни и мотивацию персонала, выступает одним из важнейших социокультурных факторов. Еще в 1950-х годах теорией Акерлофа подтверждено, что производительность труда рабочего повышается вместе с ростом выплачиваемой ему заработной платы. Наряду с этим, характерные для современности цифровизация и автоматизация обуславливают необходимость инвестиций в технологии, ведь работник не может быть конкурентоспособным на устаревшем оборудовании. Так фондовооруженность становится важным экономическим индикатором, обеспечивающим персоналу конкурентные преимущества на рынке труда.

Выдвигается гипотеза о том, что конкурентоспособность персонала, выраженная через его способность генерировать добавленную стоимость, напрямую зависит от цены труда, так как чем выше зарплата, тем выше отдача, и технической вооруженности.

Системные тренды и закономерности в основных факторах, оказывающих влияние на конкурентоспособность персонала, на микроуровне слишком индивидуальны и персонализированы, а на макроуровне носят чрезмерно обобщенный характер, нивелируя специфику конкретных рынков труда. В связи с этим, оптимальным масштабом в исследовании принят мезоуровень в разрезе отраслей деятельности (по ОКЭД РФ).

При разработке отраслевой модели в первую очередь необходимо учитывать вес данного ВЭД в создании добавленной стоимости. Значительная доля отрасли в структуре ВВП является индикатором вклада человеческого капитала, генерирующего значительный объем добавленной стоимости с помощью своих профессиональных навыков. Однако для обеспечения высокой конкурентоспособности данный показатель требует учета доли занятого персонала, для обозначения того, каким количеством человеческого ресурса достигается тот вклад в ВВП. В связи с этим, необходимыми факторами, помимо вышеперечисленных, в отраслевой модели конкурентоспособности являются вклад отрасли в валовой продукт страны в сочетании с весомостью задействованного в отрасли персонала.

Таким образом, для построения многофакторной модели конкурентоспособности персонала автором определены следующие переменные.

Зависимая переменная Y , выступающая показателем конкурентоспособности работников, представляет собой валовую добавленную стоимость на 1 занятого, руб. как измеритель производительности труда и вклада каждого работника в создание экономической ценности организации или региона.

Аргументы — основные факторы конкурентоспособности персонала на отраслевом уровне:

X_1 — Доля производства отрасли во всем ВВП — как показатель весомости отрасли;

X_2 — Затраты на 1 занятого в отрасли (ФЗП), руб. — как социокультурный индикатор конкурентоспособной рабочей силы;

X_3 — Доля численности занятых в отрасли в общей численности занятых — как критерий, отражающий трудовой потенциал отрасли и воздействующий

через структуру занятости на качество и конкурентоспособность кадров в данной отрасли;

X4 — Инвестиции в основной капитал в расчете на 1 занятого в отрасли, руб. — как экономический критерий, отражающий технический потенциал отрасли, ее фондоворуженность.

В соответствии с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» (ОКЭД), статистическая совокупность данных для построения модели строилась по следующим видам экономической деятельности:

1. Сельское, лесное и рыбное хозяйство.
2. Промышленность.
3. Строительство.
4. Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов.
5. Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность.
6. Услуги по временному проживанию и питанию.
7. Информация и связь.
8. Финансовая и страховая деятельность.
9. Операции с недвижимым имуществом.
10. Профессиональная, научная и техническая деятельность.
11. Деятельность в сфере административных и вспомогательных услуг.
12. Образование.
13. Здравоохранение и социальные услуги.
14. Творчество, спорт, развлечения и отдых.
15. Предоставление прочих видов услуг.

При подготовке публикации использованы данные на основе [1—4] в разрезе перечисленных видов деятельности за период 2020—2024 гг. Математическая модель строилась с помощью метода наименьших квадратов (VYR) — математического подхода для нахождения оптимальных параметров функции, максимально точно описывающей наблюдаемые данные. С помощью МНК решается проблема поиска такой математической модели, которая наилучшим образом объясняет связь между переменными. В таблице приведены данные о значимости выбранных факторов на результирующую переменную Y , коэффициенты регрессии, свободный коэффициент ($const$) и уровни значимости выбранных факторов.

Так, полученное уравнение выглядит следующим образом:

$$Y = 9059,65 + 254001x_1 + 1,88956x_2 - 287235x_3 + 0,115209x_4 \quad (1)$$

Полученные коэффициенты регрессии, соответствующие каждому фактору, показывают, как изменение соответствующей независимой переменной влияет на зависимую переменную Y при прочих равных условиях.

Так, фактору X_1 , выраженному в долях, соответствует коэффициент, равный 254001. Это говорит о том, что изменение доли производства в отрасли во

всем ВВП на 1% (на 0,01) приводит к приросту результирующего показателя — валовой добавленной стоимости на 1 занятого — на 2540,01 руб. Зависимость переменной Y от данного фактора прямая и сильная, о чем говорят, соответственно, положительный знак коэффициента и уровень значимости (p -value) $0,0057 < 0,01$ характеризующее сильное влияние на зависимый показатель.

Таблица 1. Результаты оценки многофакторной модели методом наименьших квадратов

Переменная	Показатель	Коэффициент регрессии	t-ratio	p-value
const	Свободный член	9059,65	1,781	0,0792
X1	Доля производства отрасли в ВВП	254001	2,854	0,0057
X2	Затраты на 1 занятого в отрасли (ФЗП), руб.	1,88956	8,994	2,71e-013
X3	Доля численности занятых в отрасли в общей численности занятых	-287235	-3,138	0,0025
X4	Инвестиции в основной капитал в расчете на 1 занятого в отрасли, руб.	0,115209	14,45	1,08e-022

Источник: составлено автором на основе собственных расчетов.

Коэффициент регрессии 1,88956 при коэффициенте X2, выраженном в рублях, означает, что увеличение ФЗП на 1 занятого в отрасли на 1 руб. приведет к росту валовой добавленной стоимости на 1 занятого на 1,9 руб. Аналогично предыдущему случаю зависимость прямая и сильная.

Фактору X3, также выраженному в долях, соответствует отрицательный коэффициент -287235. Это говорит об обратной зависимости ВДС в расчете на 1 занятого от доли численности занятых в отрасли в общей численности занятых. Другими словами, увеличение доли численности занятых в отрасли по отношению к общей численности занятых на 1% приведет к сокращению ВДС в расчете на 1 занятого на 2872,35 руб. за счет перераспределения доходов среди работников и изменения структуры произведенной добавленной стоимости.

Коэффициент регрессии 0,115209 при факторе X4 говорит о приросте ВДС в расчете на 1 занятого на 0,2 руб. при увеличении инвестиций в основной капитал в расчете на 1 занятого в отрасли на 1 руб.

Библиографический список

1. Беларусь в цифрах. Статистический справочник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2025.
2. Инвестиции и строительство в Республике Беларусь. Статистический буклет / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2025.
3. Национальные счета Республики Беларусь. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2025.
4. Статистический ежегодник 2025 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2025.