

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)

ФЕВРАЛЬСКИЕ ЧТЕНИЯ

Сборник материалов
научно-практической конференции
по итогам научно-исследовательской работы 2020 года
преподавателей Сыктывкарского лесного института

г. Сыктывкар, Сыктывкарский лесной институт,
16—18 февраля 2021 года

Научное электронное издание

Сыктывкар 2021

УДК 001:630
ББК 72
Ф31

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. Хохлова**, начальник отдела обеспечения образовательной, научной и инновационной деятельности, кандидат психологических наук, доцент

Редакционная коллегия:

Ф. Ф. Асадуллин, доктор физико-математических наук, доцент; **В. А. Дёмин**, доктор химических наук, старший научный сотрудник; **И. В. Левина**, кандидат экономических наук, доцент; **Романов Г. Г.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **В. В. Пахучий**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор; **В. Ф. Свойкин**, кандидат технических наук, доцент; **Ю. Я. Чукреев**, доктор технических наук, старший научный сотрудник

«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. Научно-практическая конференция 2021 года была посвящена Году науки и технологий и 100-летию образования Республики Коми.

В данном сборнике представлены результаты научных исследований преподавателей по основным направлениям кафедральной темы НИР.

Сборник материалов научно-практической конференции будет размещен в наукометрической базе РИНЦ. Особый интерес представляет для ученых, преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, а также рассчитан для широкого круга читателей.

Сборник не рецензируемый.

Статьи опубликованы в редакции авторов с незначительными техническими правками.

Темплан 2021/22 учеб. г. Изд. № 27.

В подготовке сборника принимали участие отделы: ООНИИД (начальник *Е. В. Хохлова*), информационного обеспечения (начальник *Н. А. Бушманов*, программист *М. В. Лодыгин*, лаборант *Н. А. Надуткин*), а также библиотека (ведущий редактор *С. В. Сердитова*, главный библиограф *И. А. Штельмах*).

* * *

Научное электронное издание

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 № 25. Тираж 15 экз. Объем 16 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	4
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	6
АННОТАЦИИ	7
СТАТЬИ	11
Бирман А. Р., Свойкин Ф. В., Свойкин В. Ф., Матэр О. М. ДЕРЕВЯННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ТОРЦОВЫХ ШАШЕК	11
Большаков Н. М. ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БУДУЩЕГО (на примере лесного сектора).....	14
Большаков Н. М. РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА РЕСУРСОВ СОВОКУПНОГО КАПИТАЛА РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО СЕКТОРА В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО УСТОЙЧИВОГО ЕГО РАЗВИТИЯ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ РЕНТНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ	17
Готман Н. Э., Шумилова Г. П. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МЕТОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТОПОЛОГИИ СЕТИ В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ	35
Готман Н. Э., Шумилова Г. П. ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.....	42
Жук К. Д., Свойкин Ф. В., Угрюмов С. А., Свойкин В. Ф. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСКРЯЖЕВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ПРИ ЗАГОТОВКЕ МНОГООПЕРАЦИОННЫМИ ЛЕСНЫМИ МАШИНАМИ	49
Кульминский А. Ф., Картошкин К. В., Росторгуев Г. А., Зиятдинов В. Г. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЩЕЙ КОМПОНОВКИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО АВТОМОБИЛЯ	52
Манов А. В. АНАЛИЗ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНАМСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)	57
Пахучий В. В., Пахучая Л. М. ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВОСТОЕВ И ДРЕВЕСНОГО ПОЛОГА СМЕШАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ	62
Полина И. Н., Миронов М. В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВЫРУБКИ ЛЕСОВ	70
Росторгуев Г. А., Кульминский А. Ф. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНОПРИВОДНОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО АВТОМОБИЛЯ	73
Самородницкий А. А., Мальцева С. А. О ПРОВЕРКЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ГИПОТЕЗЫ, СВЯЗАННОЙ С ГРУППИРОВКОЙ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА.....	75
Сундуков Е. Ю., Сундукова В. Е. МАЛОГАБАРИТНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА С ЛЕВИТАЦИЕЙ МОДУЛЕЙ, ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЭСТАКАДЫ АРОЧНОГО ТИПА	81
Чукреев Ю. Я. ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЕЭС РОССИИ.....	85
Шатрыкина Ю. Н. ДИНАМИКА ОБЪЕМОВ И ТЕХНОЛОГИЯ РУБОК УХОДА В МОЛОДНЯКАХ В КОЙГОРОДСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ.....	92
Юркина Е. В., Русяева Д. М. ОХРАНЯЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ МО ГО «СЫКТЫВКАР» И ИХ РОЛЬ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА.....	95

ПРЕДИСЛОВИЕ

Традиционно в феврале Сыктывкарский лесной институт проводит научно-практическую конференцию «Февральские чтения». Для преподавателей института это своего рода подведение итогов НИР, демонстрация своей результативности с перспективой на будущее. Понимая, что сегодня в приоритете национальные проекты, институт ведет работу по созданию новых направлений НИОКР, ориентируясь в первую очередь, на потребности предприятий лесопромышленного комплекса Республики Коми.

Наступивший 2021 год объявлен Годом науки и технологий. Так же это и знаковый год для нашей республики: мы отмечаем ее юбилей — 100-летие со дня образования. Поэтому все научные мероприятия институт посвящает этим важным событиям.

«Республику свою по книгам узнаю» — так называлась тематическая выставка, на которой были представлены исторические материалы об образовании Коми автономии, а также фотографии людей, благодаря деятельности которых республика превратилась в жемчужину Севера России. 100-летию был посвящен и доклад доцента Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина, кандидата исторических наук **Рочевой Ирины Владимировны** «*История образования Коми автономии*», который прозвучал на открытии научной конференции.

Участие преподавателей Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С. М. Кирова — это уже сложившаяся традиция СЛИ. С пленарным докладом на тему «*Материалы и конструкции на основе древесины в инновационных технологиях "зеленого строительства"*» выступил **Костюков Иван Игоревич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство и планировка населенных пунктов» университета. Данное выступление прошло в формате видеоконференцсвязи.

Молодые ученые — это будущее СЛИ. **Микова Елена Юрьевна**, вчерашняя выпускница института, а сегодня уже кандидат технических наук, доцент кафедры «Ландшафтная архитектура, строительство и землеустройство», представила свою научную работу на тему «*Построение наглядных изображений лесовозных автомобильных дорог с помощью информационных технологий (по материалам беспилотных летательных аппаратов)*».

В последнее время в институте сложилась хорошая традиция привлекать к участию на пленарных заседаниях и студентов-дипломников. Выступление перед преподавательской требовательной аудиторией помогает студентам обрести опыт научного доклада и уверенность в себе, что особо важно при подготовке к защите ВКР. С докладом на тему «*Особенности общей компоновки лесотранспортного автомобиля с колесной формулой 8×8*» (научный руководитель — Кульминский Алексей Федорович, к. т. н., доцент) выступил студент 4 курса направления подготовки «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль «Автомобильный сервис») **Картошкин Кирилл Владимирович**.

В период работы конференции состоялись тематические секции и круглые столы, участниками мероприятия стали не только преподаватели и студенты

института, но и специалисты-практики, ученые институтов Коми научного центра Уро РАН.

Научно-практическая конференция — это сложившаяся традиция объединять в научном поиске и студентов, и преподавателей института, всех целеустремленных и замотивированных на достижение; традиция, создающая условия для развития научного знания и дальнейшего сотрудничества.

Оргкомитет конференции.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Бирман А. Р.
Большаков Н. М. (1, 2)
Готман Н. Э. (1, 2)
Жук К. Д.
Зиятдинов В. Г.
Картошкин К. В.
Кульминский А. Ф. (1, 2)
Мальцева С. А.
Манов А. В.
Матэр О. М.
Миронов М. В.
Пахучая Л. М.
Пахучий В. В.
Полина И. Н.
Росторгуев Г. А. (1, 2)
Русяева Д. М.
Самородницкий А. А.
Свойкин В. Ф. (1, 2)
Свойкин Ф. В. (1, 2)
Сундуков Е. Ю.
Сундукова В. Е.
Угрюмов С. А.
Чукреев Ю. Я.
Шатрыкина Ю. Н.
Шумилова Г. П. (1, 2)
Юркина Е. В.

АННОТАЦИИ

Бирман А. Р., Свойкин Ф. В., Свойкин В. Ф., Матэр О. М. ДЕРЕВЯННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ТОРЦОВЫХ ШАШЕК

В статье рассмотрена технология, позволяющая изготавливать высокохудожественные, износостойкие паркетные полы жилых и общественных зданий из ТШ, полученных из отходов лесозаготовительной отрасли, а именно из вершинок деревьев мягколиственных пород с диаметром 7...12 см. Технологии основаны на способе контурного прессования торцованных вершинок, что позволяет как упрочнять исходную древесину, так и формовать торцевые срезы высотой 100...150 мм в правильные призмы с шести- или восьмиугольным основанием.

Большаков Н. М. ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БУДУЩЕГО (на примере лесного сектора)

В статье рассматривается новое эколого-экономическое мышление начала XXI столетия, которое потребовало ориентации на расширение практической сферы за границы традиционной лесной политики и связанной с ней экономики, охватывая неявное знание эколого-экономического потенциала многообразия лесных ресурсов, социальные практики и практики повседневности.

Большаков Н. М. РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА РЕСУРСОВ СОВОКУПНОГО КАПИТАЛА РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО СЕКТОРА В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО УСТОЙЧИВОГО ЕГО РАЗВИТИЯ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ РЕНТНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ

Одной из основополагающих проблем развития лесного сектора России является стабилизация и его переход к устойчивому развитию. При этом внедрение механизмов устойчивого развития возможно на основе формулировки определения термина «устойчивое развитие», предложенной экспертами ВСЕМИРНОГО БАНКА. Она трактует устойчивое развитие как «управление совокупным капиталом общества в интересах сохранения и приумножения человеческих возможностей. Данная концепция включает в себя понятия экономической, экологической и социальной устойчивости, трактуемые как рациональное управление произведенным капиталом, природным капиталом и человеческим капиталом. Рациональность для общества в целом выражается общей выгодой, которую оно может получить. Логично понимать, что в целях рационального управления необходимо капитализировать ресурсы произведенного, природного и человеческого капиталов. При этом переход к устойчивому развитию должен происходить в условиях сохранения и воспроизводства ресурсов совокупного капитала. В наших условиях в качестве действенного механизма стимулирования обновления предлагается система рентных платежей за используемые ресурсы совокупного капитала. Экономический подход к концепции устойчивого развития лесного сектора основан на обеспечении максимализации потока

совокупного внутреннего дохода лесопромышленного предприятия, который может быть произведен при условии воспроизводства совокупного капитала, с помощью которого и получают этот доход.

Готман Н. Э., Шумилова Г. П. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МЕТОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТОПОЛОГИИ СЕТИ В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

В статье рассмотрено решение задачи по идентификации топологии сети в переходном режиме с помощью искусственных нейронных сетей. В качестве входных данных использовались изменения фазы напряжения в узлах расстановки устройств синхронизированных векторных измерений и модули токов в ветвях, инцидентным узлам расстановки. Экспериментальные расчеты проведены на тестовой 14-узловой схеме электрической сети.

Готман Н. Э., Шумилова Г. П. ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В статье рассмотрено применение сверточных нейронных сетей для решения задачи по определению состояния линии электропередач в переходном режиме. Расчеты проведены на тестовой 14-узловой схеме электрической сети с использованием в качестве входных данных изменения фазы напряжения в узлах расстановки устройств синхронизированных векторных измерений и модулей токов в ветвях, инцидентным узлам расстановки.

Жук К. Д., Свойкин Ф. В., Угрюмов С. А., Свойкин В. Ф. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСКРЯЖЕВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ПРИ ЗАГОТОВКЕ МНОГООПЕРАЦИОННЫМИ ЛЕСНЫМИ МАШИНАМИ

В статье приведен анализ процесса раскряжевки древесного сырья на сортименты с позиции минимизации числа откомлевок при скандинавской сортиментной заготовке круглых лесоматериалов на основе расшифровки массивов данных из stm-файлов многооперационных лесных машин. Приведена дифференциация по породам и процентному содержанию откомлевок по каждой породе. На основании полученных результатов даны рекомендации по повышению эффективности лесозаготовительного процесса и повышения выхода готовой продукции путем повышения общей эффективности процесса раскряжевки круглых лесоматериалов.

Кульминский А. Ф., Картошкин К. В., Росторгуев Г. А., Зиятдинов В. Г. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЩЕЙ КОМПОНОВКИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Приведена информация о применённых в настоящее время вариантов общих компоновок грузовых и лесотранспортных автомобилей. На проектируемом специализированном лесотранспортном автомобиле представлен бескапотный вариант общей компоновки с колёсной формулой 8×8.

Манов А. В. АНАЛИЗ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНАМСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

В работе представлены возможности количественной оценки состояния поврежденных пожарами лесов на основе вегетационных индексов, определяемых по спутниковым измерениям отраженного излучения в видимом диапазоне, а также ближнем и среднем инфракрасных диапазонах длин волн. Используются как одномоментные спутниковые изображения, полученные после пожара, так и разновременные данные, дополнительно отражающие состояния лесов до воздействия огня. Материалы полевых наблюдений о повреждениях лесов были получены из журнала регистрации лесных пожаров в Чернамском лесничестве.

Пахучий В. В., Пахучая Л. М. ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВОСТОЕВ И ДРЕВЕСНОГО ПОЛОГА СМЕШАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ

В статье дана оценка вертикальной и горизонтальной структуры полога смешанных по составу, простых и сложных по форме насаждений черничного типа леса с преобладанием ели, произрастающих в Сыктывкарском лесничестве Республики Коми. Приведены оценки тесноты и направленности связей между таксационными характеристиками древостоев и их дешифровочными показателями.

Полина И. Н., Миронов М. В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВЫРУБКИ ЛЕСОВ

В статье рассмотрены основные аспекты влияния лесозаготовок на экологические характеристики леса. Приведены статистические данные по лесозаготовкам и лесовосстановлению в Республике Коми за период 2009—2019 гг.

Росторгуев Г. А., Кульминский А. Ф. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНОПРИВОДНОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Рулевое управление представляет совокупность агрегатов, которые изменяют движение автомобиля. Основными требованиями маневренности являются лёгкость управления и адекватная кинематика поворота. При проектировании рулевого устройства лесотранспортного автомобиля необходимо учесть, что первые два моста будут одновременно управляемыми и ведущими.

Самородницкий А. А., Мальцева С. А. О ПРОВЕРКЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ГИПОТЕЗЫ, СВЯЗАННОЙ С ГРУППИРОВКОЙ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА

В статье рассматривается выборка Z объема n из генеральной совокупности X . Соответствующее этой выборке статистическое распределение может содержать значительное количество вариантов с малой частотой (иногда называемой «статистической погрешностью»). Приемы группировок вариантов позволяют выбирать количество s и структуру групп при разбиении выборки и

определять «представителя» \hat{x}_i группы с порядковым номером i . При переходе от выборки z_1, z_2, \dots, z_n к модельной выборке $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_s$ теряется часть дисперсии. Необходимо оценить величину этой потери при заданном уровне значимости.

Сундуков Е. Ю., Сундукова В. Е. МАЛОГАБАРИТНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА С ЛЕВИТАЦИЕЙ МОДУЛЕЙ, ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЭСТАКАДЫ АРОЧНОГО ТИПА

В настоящее время большинство реализованных проектов магнитолевитационных систем имеют вагоны в качестве подвижного состава, что подразумевает значительные габариты транспортных средств и элементов путевой инфраструктуры. Предлагается малогабаритная транспортная система с левитацией модулей, перемещаемых относительно эстакады арочного типа. Рассматриваются её преимущества и особенности, ограничивающие применение.

Чукреев Ю. Я. ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЕЭС РОССИИ

В статье рассмотрены вопросы обоснования нормативного резерва мощности территориальных зон ЕЭС России с учетом влияния энергообеспеченности гидроэлектростанций.

Шатрыкина Ю. Н. ДИНАМИКА ОБЪЕМОВ И ТЕХНОЛОГИЯ РУБОК УХОДА В МОЛОДНЯКАХ В КОЙГОРОДСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

В статье выполнен анализ динамики объемов рубок ухода в молодняках в период 2013—2020 гг., выполнено сравнение коридорного и селективного методов рубок ухода. Приведена оценка экономической эффективности рубок ухода в молодняках. Показана невысокая экономическая эффективность этого вида ухода. Со ссылкой на авторитетные источники приведено пояснение о нецелесообразности коррекции объемов осветлений и прочисток по экономическим соображениям.

Юркина Е. В., Русяева Д. М. ОХРАНЯЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ МО ГО «СЫКТЫВКАР» И ИХ РОЛЬ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА

В работе представлен анализ охраняемых территорий МО ГО «Сыктывкар». Показана их высокая значимость при формировании экологического (природного) каркаса городских территорий. Разработаны предложения дальнейшего усиления роли охраняемых территорий в зеленой инфраструктуре. В качестве основных параметров определены ведущие их составляющие.

СТАТЬИ

УДК 674.02

В статье рассмотрена технология, позволяющая изготавливать высокохудожественные, износостойкие паркетные полы жилых и общественных зданий из ТШ, полученных из отходов лесозаготовительной отрасли, а именно из вершинок деревьев мягколиственных пород с диаметром 7...12 см. Технологии основаны на способе контурного прессования торцованных вершинок, что позволяет как упрочнять исходную древесину, так и формовать торцевые срезы высотой 100...150 мм в правильные призмы с шести- или восьмиугольным основанием.

Ключевые слова: древесные отходы, торцовые шашки, деревянные покрытия, торцовка вершинок, прессование, перемещение, сушка

А. Р. Бирман,

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

Ф. В. Свойкин,

кандидат технических наук
(Сыктывкарский лесной институт)

В. Ф. Свойкин,

кандидат технических наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт)

О. М. Матэр,

кандидат технических наук, доцент
(СПбГЛТУ имени С. М. Кирова)

ДЕРЕВЯННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ТОРЦОВЫХ ШАШЕК

Эффективность работы лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий во многом зависит от размерно-качественных характеристик сырья, прежде всего, длины, диаметра, сбежистости круглых лесоматериалов и иных параметров [1]. В условиях динамично изменяющегося спроса на древесину в круглом виде ввиду рыночной экономики эффективность работы предприятий лесопромышленного комплекса во многом определяется соответствием характеристик лесоматериалов техническим возможностям перерабатывающего оборудования и используемых технологий в целом [2], что становится особоактуальным в условиях новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV).

Стоит отметить динамично изменяющийся спрос не только на древесину в круглом виде, но и на сырье для мебельного производства, а также древесностружечных плит (ДСП). Так, по данным Минпромторга, за год (с 2020 по 2021 г.) цена на ДСП выросла на 40 %, а экспорт на 30 %. Это произошло вследствие ограничения торговли, связанных с борьбой с новой коронавирусной инфекцией (2019-nCoV) вследствие закрытия мебельных магазинов и падения спроса. Профильные предприятия по производству мебели в Российской Федерации сократили производство материала, в то время как Европейские за-

воды сократили до минимума либо прекратили выпуск вообще. После возобновления работы розничных сетей вследствие автоматического резкого повышения спроса (вызванное замещением отпуска потребителями из-за закрытия границ проведением ремонта в жилых помещениях и заменой мебели) возник дефицит объемов материала. Это объясняет попадание ДСП наряду с щепой (древесины в виде щепок или стружки хвойных пород) в перечень важных для внутреннего рынка РФ товаров, на которые могут быть установлены временные ограничения или даже запрет экспорта (что не означает введение таких ограничений или запрета, а дает лишь возможность для реагирования в случае возникновения дисбаланса продукции, имеющей высокую значимость для экономики РФ, на рынке).

В СЗФО РФ и в Республике Коми основной тенденцией является производство востребованных материалов и комплектующих для мебельной и строительной отраслей то на базе новых инвестиционных проектов для региональных предприятий. Особое внимание уделяется созданию продукции с высокой добавленной стоимостью, что в свою очередь скажется на научно-техническом развитии в лесопромышленном секторе, особенно в области деревообработки, дизайна и IT.

Применение торцовых шашек (ТШ) из древесины в России в виде напольных покрытий известно с начала XX века. В основном полы из ТШ настилались в производственных и складских помещениях металлургических и автомобилестроительных предприятий, где полы подвергаются воздействию значительных нагрузок. Известно применение ТШ и за рубежом. Так, в Германии в конце XX века площадь таких покрытий составляла более 300 тыс. м² [3].

Стандартные деревянные шашки с влажностью 18 % пропитывались каменноугольным дегтярным маслом способом погружения. При температуре 50 °С расход масла составлял 40 кг на 1 м³ шашек. При их пропитке под давлением хвойная древесина впитывала до 63 кг масла, а древесина дуба — 45 кг на 1 м³ шашек.

Стоимость полов из ТШ, укладываемых торцевой стороной вверх, несколько выше стоимости других видов покрытий для пола, но разница в стоимости окупалась высокой износостойкостью древесины.

Пол из деревянных ТШ имеет малую теплопроводность, что благотворно влияет на здоровье и снижает усталость работающих. Так термическое сопротивление покрытия пола из ТШ при его толщине 60 мм составляет 0,5 м² · ч · °С/ккал, паркета толщиной 22 мм — 0,13 м² · ч · °С/ккал, бетонной плиты толщиной 20 мм — 0,02 м² · ч · °С/ккал [4].

В настоящее время ТШ как напольные покрытия производственных помещений практически не используются. Однако имеются технологии, позволяющие изготавливать высоко художественные, износостойкие паркетные полы жилых и общественных зданий из ТШ, полученных из отходов лесозаготовительной отрасли, а именно из вершинок деревьев мягколиственных пород с диаметром 7...12 см [5].

Технологии основаны на способе контурного прессования торцованных вершинок [6, 7], что позволяет как упрочнять исходную древесину, так и фор-

мовать торцевые срезы высотой 100...150 мм в правильные призмы с шести- или восьмиугольным основанием.

Технологический процесс изготовления отдельных призм состоит из следующих последовательных операций:

- торцовка вершинок деревьев на заготовки высотой 100...150 мм;
- вырубка кольцевым ножом цилиндров диаметром 40...120 мм;
- прессование цилиндрических заготовок путем продавливания через прессформу с формообразующим выходным каналом;
- перемещение сформированных шашек из прессформы в обойму;
- сушка в обойме, сортировка.

Готовые призмы одного типоразмера склеивают по боковым поверхностям в плиту, имеющую сотовую структуру.

Для укладки полов, испытывающих большую нагрузку, формирование покрытия осуществляют цельными плитами необходимой высоты, определяемой эксплуатационными требованиями. Для полов жилых помещений сотовую плиту подвергают распиловке поперек волокон древесины на тонкие плиты толщиной 5...7 мм, которые склеивают с подложкой и настилают на подготовленное основание пола.

Кроме напольных покрытий после поперечной распиловки сотовых плит можно изготовить:

- шпон толщиной 2...7 мм для отделки поверхностей;
- лицевое покрытие паркетных щитов любых типоразмеров;
- стеновые панели, мебельные фасады и столешницы.

Поверхность изделий в конечном потребительском виде шлифуется, покрывается лаком, в результате чего проявляется оригинальная текстура и рисунок в виде деформированных годичных колец поперечного среза древесины. За счет применения различных пород древесины, а также различных размеров заготовок можно создавать практически любые рисунки и тональные сочетания.

Библиографический список

1. Бобкова, К. С. Древесные ресурсы / К. С., Бобкова, П. А. Перчаткин, В. Ф. Свойкин. // Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми. — Москва, 2000. — С. 331—369.
2. Большаков, Н. М. Инновационные основы системного развития регионального лесного сектора экономики: методология, технология, механизмы : монография / Н. М. Большаков [и др.]. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. — 312 с.
3. Реферативная информация // ЦИНИС. — 1975. — Сер. IV, вып. 12.
4. Holzpflasterböden im Industriebau // Zentralblatt für Industriebau. — 1975. — № 3. — S. 110—112.
5. Сугаипов, У. У. Обоснование способа сплошной пропитки и уплотнения при производстве торцевой шашки из низкосортной древесины : автореф. на соиск. уч. ст. канд. тех. наук / Сугаипов У. У. — Санкт-Петербург : ЛТА, 2000. — С. 20.
6. Хухрянский, П. Н. Контурное прессование древесины методом удара. Мебель и деревообработка : реф. информ. / П. Н. Хухрянский. — Москва : ВНИПИЭлеспром, 1965. — Вып. 25. — С. 37.
7. Бирман, А. Р. Технология поточного производства облицовочных покрытий из древесины : автореф. на соиск. уч. ст. д-ра тех. наук / А. Р. Бирман. — Архангельск : АГТУ, 2003. — С. 38.

В статье рассматривается новое эколого-экономическое мышление начала XXI столетия, которое потребовало ориентации на расширение практической сферы за границы традиционной лесной политики и связанной с ней экономики, охватывая неявное знание эколого-экономического потенциала многообразия лесных ресурсов, социальные практики и практики повседневности.

Ключевые слова: трансверсальный подход, эколого-экономическое мышление, лесные ресурсы

Н. М. Большаков,
доктор экономических наук, профессор
(Сыктывкарский лесной институт)

ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БУДУЩЕГО (на примере лесного сектора)

Современная теория природного капитала леса бесконечно многообразна, поэтому для включения в экономический оборот его следует локализовать во времени и пространстве: нет единого подхода к решению сохранения окружающей среды, скорее, существует бесчисленное их множество. Построить единую систему знаний природного капитала леса сейчас невозможно из-за ее сложности, но определить основные его виды, тенденции нетривиально понимаемой практической постметафизической традиции Запада — фундаментальная задача [1]. Речь идет, прежде всего, о формировании системы эколого-экономической интеграции на основе трансверсального подхода (лат. *transverses* – поперечный, действие «супротив») [2] как нового института развития, способного порождать эколого-экономический капитал в форме эколого-экономической интегральной ренты, подкрепленный эмерджентным ресурсом и социальной синергией. Этот дополнительный новый возобновляемый ресурс, полученный в результате трансверсальной интеграции сил разной природы, в самом общем смысле является инвестицией в имущество владельца лесов (государства). Новый ресурс в качестве основы передового типа экономического роста определит конкурентоспособность экономики в будущем.

Трансверсальный подход к эколого-экономическим ценностям позволит исследовать новую динамику их разнообразия через лучшее понимание формирования и роли интеграционных представлений в противостоянии природы и экономики. Трансверсальные стратегии развития лесного сектора должны эффективно противодействовать ошибочной теории столкновения экологии и экономики.

Необходимо отметить, что трансверсальность, несмотря на свое «западное происхождение», имеет глубокие связи с российской интеллектуальной традицией в сферах отношений духовного и материального, природы и общества, экологии и экономики, рынка и плана, глобализма и национализма и др. На вопрос, насколько эти связи являются причинно-следственными, ответить чрез-

вычайно сложно, и мы не ставим здесь эту задачу. Теория «интегрализма» как противоречивого высшего конкретного единства ценностей разной природы и парадигма «междисциплинарности» Питирима Сорокина [3] положили начало *конвергенции* разнородных дисциплин, где осуществляется поиск возможности взаимодействия между традиционно разнесенными исследовательскими направлениями и точек резонанса между ними. Именно они обеспечили переход к трансмодернизму.

В России во второй половине XIX века возникло своеобразное умонастроение – русский космизм, согласно которому природа и человек суть взаимовлияющие части некоего единого целого – космоса. Появление философии всеединства Вл. Соловьева также генетически связано со школой русского космизма [4, 5]. Владимир Соловьев в своей магистерской диссертации (ноябрь, 1874) впервые сформулировал идею всеединства, синтеза западной и восточной культур [6]. Идея объединения действия логического совершенства западной мысли с полнотой содержания духовных созерцаний Востока в наши дни известна как трансверсальная философия — мейнстрим XXI века.

Не потеряла своей актуальности и связь учения В. Вернадского о ноосфере с концепцией устойчивого развития и проблемой выбора человечеством своего пути развития [7].

Исследования крупнейшего ученого В. Н. Сукачева по изучению условий и закономерностей, создающих равновесное состояние при переводе живых организмов в более продуктивное состояние, позволят нашей стране в будущем выдержать конкуренцию [8].

Теория отношений природы и экономики (эколого-экономических отношений) не только представляет экономический интерес, но имеет непосредственное отношение к выбору стратегии и ценностей устойчивого развития и прежде всего меняет приоритеты. Новое мышление начала XXI столетия, как отражение усложняющейся жизни, потребовало ориентации на практику и инициировало отход от трансметафизического ¹ мышления [9], считающего неизменными, раз навсегда данными и недоступными опыту начала мира и рассматривающего явления вне их взаимных связей, вне движения и развития.

Библиографический список

1. Большаков, Н. М. Эколого-экономическая интеграция: трансверсальный подход к проблемам современного экономического роста / Н. М. Большаков // Экономика и эффективность организации производства : сб. науч. тр. Вып. 30. — Брянск : ФГБОУ Брянск. гос. инженер.-технол. ун-т. — С. 16—23.
2. Попков, Ю. В. М. В. Ломоносов и метафизика Севера: трансверсальное измерение / Ю. В. Попков, Е. А. Тюгашев // Диалог культур и трансверсальная философия : материалы межвуз. конф. — Санкт-Петербург, 2010. — С. 32—39.
3. Сорокин, П. А. Человек. Цивилизация. Общество : пер. с англ. / П. А. Сорокин; общ. ред., сост. и предисл. А. Ю. Согомонов. — Москва : Политиздат, 1992. — 543 с.
4. Соловьев, В. С. Вопросы философии и психологии / В. С. Соловьев. — Кн. 1. — Москва, 1889. — С. 1—50.

¹ Трансметафизика – переступление через границы метафизики.

5. Соловьев, В. С. Собрание сочинений Владимира Сергеевича Соловьева. В 9 т. / В. С. Соловьев. — Т. VII (1894—1897). — Санкт-Петербург : Тип. тов-ва «Общественная польза», 1901. — 677 с.
6. Соловьев, В. С. Кризис западной философии (против позитивистов) / В. С. Соловьев. — Москва : Игломосс Эдишинз, 2012. — 384 с.
7. Вернадский, В. И. Философские мысли натуралиста / В. И. Вернадский. — Москва, 1988. — 520 с.
8. Сукачев, В. Н. Биогеноценоз как выражение взаимодействия живой и неживой природы на поверхности Земли: соотношение понятий «биогеноценоз», «экосистема», «географический ландшафт» и «фация» / В. Н. Сукачев // Основы лесной биогеноценологии / под ред. В. Н. Сукачева, Н. В. Дылиса. — Москва : Наука, 1964. — С. 5—49.
9. Eine Art Schadensabwicklung : kleine politische Schriften VI / Jürgen Habermas. — Frankfurt am Main : Suhrkamp, 1987.

Одной из основополагающих проблем развития лесного сектора России является стабилизация и его переход к устойчивому развитию. При этом внедрение механизмов устойчивого развития возможно на основе формулировки определения термина «устойчивое развитие», предложенной экспертами ВСЕМИРНОГО БАНКА². Она трактует устойчивое развитие как «управление совокупным капиталом общества в интересах сохранения и приумножения человеческих возможностей. Данная концепция включает в себя понятия экономической, экологической и социальной устойчивости, трактуемые как рациональное управление произведенным капиталом, природным капиталом и человеческим капиталом. Рациональность для общества в целом выражается общей выгодой, которую оно может получить. Логично понимать, что в целях рационального управления необходимо капитализировать ресурсы произведенного, природного и человеческого капиталов. При этом переход к устойчивому развитию должен происходить в условиях сохранения и воспроизводства ресурсов совокупного капитала. В наших условиях в качестве действенного механизма стимулирования обновления предлагается система рентных платежей за используемые ресурсы совокупного капитала. Экономический подход к концепции устойчивого развития лесного сектора основан на обеспечении максимализации потока совокупного внутреннего дохода лесопромышленного предприятия, который может быть произведен при условии воспроизводства совокупного капитала, с помощью которого и получают этот доход.

Ключевые слова: устойчивое развитие, совокупный капитал, рентные платежи, лесной сектор, трансверсально-интегральное воспроизводство

Н. М. Большаков,
доктор экономических наук, профессор
(Сыктывкарский лесной институт)

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ
РЕКОМЕНДАЦИЙ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНОГО
ВОСПРОИЗВОДСТВА РЕСУРСОВ СОВОКУПНОГО КАПИТАЛА
РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО СЕКТОРА В УСЛОВИЯХ
ИННОВАЦИОННОГО УСТОЙЧИВОГО ЕГО РАЗВИТИЯ
НА БАЗЕ СИСТЕМЫ РЕНТНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ**

Для преодоления кризисных явлений в лесном секторе экономики важное значение имеет эффективное воспроизводство (обновление) совокупного капитала. Это возможно на базе изучения природы совокупного капитала, установления внутреннего содержания воспроизводственных процессов в условиях устойчивого развития, закономерностей возникновения, становления и развития антиномий (противоречий), а также исследования доминирующих тенденций в формировании рентных платежей за используемые ресурсы, в том числе и трудовые как действенного механизма для технического и технологического обновления.

Возникновение и становление тенденций интеграции сил различной природы и противоречий между ними, как правило, скрыто от непосредственного наблюдателя. Вместе с этим в процессе своего дальнейшего развития противо-

² Экономический глоссарий Всемирного банка (www.worldbank.org).

речия как сущность действительности проявляют себя на поверхности как *явления* действительности. В категории *сущности* представлена внутренняя, глубинная сторона действительности, а в *явлении* — внешняя, поверхностная сторона. Сущность более постоянна, явление подвижно, изменчиво. Сущность обнаруживается через явление, тогда как явление выступает прямо и непосредственно (рис. 1). Отсюда познание внутренних связей и отношений трансверсального движения процесса воспроизводства совокупного капитала может идти от явления к сущности, от наблюдаемого к не наблюдаемому. Трансверсально-интегральное движение путем применения опосредствующих звеньев дает возможность связать глубинные категории системы совокупного капитала как товара, стоимости, прибавочной стоимости к категориям явления, лежащим на поверхности действительности — прибыли, системы ресурсной ренты, проценту на вложенный капитал, заработной плате. Противоречие между сущностью и явлением, таким образом, разрешается путем трансверсально-интегрального движения от явления к сущности, от воспроизводства к устойчивому развитию лесного сектора.



Рис. 1. Схема познания внутренних связей и отношений трансверсального движения процесса воспроизводства совокупного капитала в единстве категорий «сущность» и «явления»

В процессе познания сущность и явление выступают как ступени постижения объекта. Сущность как основа, исходная связь явлений, представляет собой корень всех связей элементов производственного процесса. В своих конкретных проявлениях сущность объясняет важнейшие стороны производственных процессов: действие как проявление силы обнаруживает причину, а результат действия силы как сущности — следствие.

В трансверсально-интегральном единстве категорий «сущность» и «явление» выражен переход от многообразия форм предмета к его внутреннему содержанию и единому понятию. Сущность трансверсально-интегрального воспроизводственного процесса совокупного капитала — это внутреннее содержание рассматриваемого объекта, выражающееся в конкретном единстве всех многообразных и противоречивых форм (сил различной природы) его проявления. Содержание рассматриваемого объекта (устойчивость развития) раскрывается при максимизации потока совокупного дохода как основы формирования совокупной ресурсной ренты, который может быть произведен при воспроизводстве совокупного капитала, с помощью которого и получают этот доход.

Трансверсально-интегральное движение совокупного капитала от явления к сущности как саморазвитие воспроизводственной системы предстает как процесс, в котором обнаруживаются и формируются закономерности, т.е. соотношения различных по природе изучаемых частей (капиталов). Трансверсальность, вводимая в научный оборот, позволяет увидеть другими глазами многие глубинные процессы отношений сущности воспроизводства совокупного капитала и явления его устойчивого развития. Это новое представление отношений воспроизводственно-устойчивого развития. Взаимная дополнительность (complementary) произведенного, природного и человеческого капиталов в процессе трансверсально-интегрального воспроизводственно-устойчивого развития, создающая эмерджентно-синергетический эффект самоорганизации и совокупную ресурсную ренту как новый возобновляемый ресурс, является доминирующим фактором современного экономического роста. И передовая экономическая теория, и здравый смысл подсказывают, что доминирующий новый инновационный рентный ресурс надо использовать. Трансверсально-интегральное движение сил различной природы, его переливы и переходы является источником стирания бинаризма (двойственности) внешнего и внутреннего проявления сущности процесса воспроизводства совокупного капитала. В нашем случае это позволяет решить фундаментальную проблему синергизма воспроизводства совокупного капитала и устойчивого развития лесного сектора.

Критерии саморазвития трансверсально-интегральных воспроизводственных систем: прирост совокупного капитала и продукта, сбалансированность финансового и товарного потоков, конкурентоспособность лесного сектора экономики.

Рынки сбыта готовой продукции постоянно расширяются, но их все время кто-то завоевывает. Если мы упустим свои позиции на мировом рынке лесных товаров, они будут немедленно заняты другими. Управлять надо не целями, а средствами их достижения, определяемыми нашими ценностями. Только быстрорастущий лес, с высокой продуктивностью способен выдержать конкуренцию в будущем. В России накоплен уже достаточный потенциал навыков и знаний, чтобы выращивать древостой за определенное время с нужными количественными и качественными параметрами. Вплоть до ширины годичного кольца, определенной клеточной мембраной. Создавая лесные культуры, хорошо обрабатывая почву, используя селекционный улучшенный материал, проводя подкормку и другие специальные мероприятия, можно вырастить необходимый продукт в несколько раз быстрее, чем это происходит в неуправляемых условиях.

Постижение сущности процесса воспроизводства совокупного капитала возможно на базе формирования системы нормативов реинвестиций совокупного дохода в совокупный капитал лесопромышленных предприятий, необходимый для обеспечения его самовоспроизводства.

Нормативный подход к воспроизводству совокупного капитала реализует функции планомерности при инвестиционном программировании. Нормативный механизм стимулирования обновления есть специфический способ реализации цели лесного сектора экономики, определяемой потребностями общества и вместе с тем способ эффективной реализации собственности на совокупный капитал. Норматив предприятия представляет собой элементарную форму планомерности как специфического отношения регулирования организации воспроизводственных процессов на предприятии.

Трансверсально-интегральный подход к воспроизводству совокупного капитала и связанная с ним экономическая синергетика предполагают переход от количественной парадигмы к качественной, к новому типу мышления и качеству управления, что позволяет эффективно управлять сложным процессом возобновления совокупного капитала как системы. Поэтому качественная парадигма, идущая на смену количественной в лесном секторе экономики, требует глубокого теоретического осмысления.

Определение норматива реинвестиций в систему воспроизводства совокупного капитала предприятия в условиях устойчивого развития. В основе методики определения норматива эффективности использования совокупного капитала предприятия лежит положение, что проекты по воспроизводству системы совокупного капитала в условиях устойчивого развития по своему характеру являются долгосрочными инвестиционными проектами.

Для определения норматива эффективности использования совокупного капитала могут быть использованы общие принципы оценки инвестиционной привлекательности (эффективности) проекта.

Наиболее распространенным в применении является метод определения чистой приведенной стоимости в нашем случае совокупного капитала:

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+K)^1} + \frac{CF_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{CF_i}{(1+K)^t} - J_0 = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{CF_i}{(1+K)^t} - J_0,$$

где NPV — чистая приведенная (современная) стоимость совокупного капитала; J_0 — первоначальное вложение средств; CF_i — поступление денежных средств в $1 \dots t$ -й год реализации проекта; K — нормативный коэффициент прибыли (норма) прибыли (рентабельность).

При рассмотрении целесообразности проекта воспроизводства совокупного капитала как инвестиционного проекта одним из принципиальных вопросов является определение минимальной нормы эффективного использования совокупного капитала для инвестора. Для решения этой задачи необходимо учитывать, что основным условием реализации инвестиционного проекта является неотрицательное значение NPV в границах установленного инвестором срока действия проекта. С учетом указанного условия, исходной моделью определе-

ния минимальной нормы эффективного использования совокупного капитала являются следующие равенства:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{CF_t}{(1+K)^t} - J_0 = 0$$

или

$$\sum_{t=1}^{T_0} \frac{CF_t}{(1+K)^t} = J_0$$

Максимальная воспроизводственная рентабельность совокупного капитала должна обеспечить такой уровень доходности инвестиционного проекта, по которому будущая стоимость денежного потока от капитальных вложений будет равна настоящей стоимости авансируемых средств. Иначе говоря, NPV инвестиционного проекта по воспроизводству совокупного капитала приравнивается к нулю. Тогда условие простого воспроизводства любой составляющей совокупного капитала можно выразить как:

$$NPV_0 = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{CF_t}{(1+K)^t}$$

Собственные ежегодные денежные потоки предприятия, обеспечивающие текущее возмещение первоначальных инвестиций в совокупный капитал, складываются преимущественно из амортизационных отчислений и той части прибыли, которая направляется на обновление и воспроизводство основного капитала, т. е.:

$$CF_t = A_t + \Pi_t^k$$

где A_t — амортизационные отчисления на t -м году эксплуатации произведенного капитала; Π_t^k — часть прибыли, направляемая на воспроизводство совокупного капитала и распределенная на его составляющие.

При линейном методе начисления амортизации ее ежегодная сумма составит:

$$A_t = \Phi_{at} \cdot NPV_{0t}$$

Прибыль для воспроизводства совокупного капитала, распределенную на его составляющие определяется как:

$$\Pi_t^k = n_t \cdot NPV_{0t}$$

где n_t — воспроизводственная рентабельность совокупного капитала в t -м году $\left[n_t = \frac{\Pi_t^k}{NPV_0} \right]$.

Тогда при равномерном финансировании воспроизводства совокупного капитала из прибыли ($n_t = n = \text{const}$) ежегодное поступление денежных средств в счет возмещения первоначальных инвестиций в совокупный капитал рассчитывается как:

$$CF_t = \Phi_{at} \cdot NPV_{ot} + n_t \cdot NPV_{ot} = (\Phi_{at} + n_t)NPV_{ot}$$

а условие самовоспроизводства совокупного капитала будет выглядеть следующим образом:

$$NPV_o = \sum_{t=1}^{T_o} \frac{(\Phi_a + n) \cdot NPV_o}{(1 + K)^t} \quad (1)$$

При рассмотрении эффективности инвестиционного проекта воспроизводства совокупного капитала все параметры уравнения (1) будут планироваться и являться предметом договора между предприятием-арендатором участка лесного фонда и лесовладельцем. Неизвестной будет только норма воспроизводственной рентабельности совокупного капитала. Следовательно, ее определение является задачей минимальной сложности.

Дисконтируя ряд равновеликих и равномерных в течение всего срока расчета платежей и их разовой ценности в начальном периоде, получим следующие равенства:

$$NPV_o = (\Phi_a + n)NPV_o \left[\frac{(1 + K)^{T_H - 1}}{K(1 + K)^{T_H}} \right] = 1$$

или

$$(\Phi_a + n) \cdot \left[\frac{(1 + K)^{T_H - 1}}{K(1 + K)^{T_H}} \right] = 1 \quad (2)$$

Вполне очевидно, что при отсутствии реинвестиций в совокупный капитал из прибыли ($n = 0$) самовоспроизводство совокупного капитала только за счет целевого использования амортизационных отчислений не достигается. Поэтому, решая уравнение (2) относительно показателя воспроизводственной рентабельности совокупного капитала n , определим его минимально необходимое значение n_{\min} :

$$n_{\min} = \frac{K}{1 - \frac{1}{(1 + K)^{T_H}}} - \Phi_a$$

Минимальная воспроизводственная рентабельность совокупного капитала определяет норматив реинвестиций прибыли в совокупный капитал предприятий, необходимый для обеспечения его самовоспроизводства (возврата с учетом фактора времени) в условиях устойчивого развития.

Методологические подходы к формированию системы показателей нормативной воспроизводственной доходности произведенного капитала. Для устойчивого развития предприятия-арендатора лесного фонда действенным механизмом стимулирования обновления является система рентных платежей за используемые ресурсы произведенного капитала, природного капитала и человеческого капитала. Представляется, что, используя подобный метод, предприятия откажутся от затратных производственных схем и начнут внедрять технологии, позволяющие экономить ресурсы, более эффективно использовать фонды. Для перехода к такому методу предусматривается создание системы

показателей нормативной воспроизводственной доходности, включающей общий показатель нормативной воспроизводственной доходности совокупного капитала и частные показатели: нормативной воспроизводственной доходности произведенного капитала, нормативной воспроизводственной доходности природного капитала и нормативной воспроизводственной доходности человеческого капитала, построение механизма функционирования и оценки эффективности использования совокупного капитала с учетом фактора времени.

Рентная стоимость капитала равна результату сравнения дохода от его использования и нормативной доходности. Методика рентного анализа, таким образом, сводится к двум задачам: определение дохода от использования рассматриваемого ресурса и норматива доходности.

Рассмотрим процесс формирования норматива реинвестирования дохода в произведенный капитал предприятия-арендатора, необходимый для обеспечения его самовоспроизводства.

Принимая, что к окончанию срока полезного использования объекта произведенного капитала его остаточная стоимость будет иметь нулевое значение, условие простого воспроизводства любого инвентарного номера произведенного капитала можно представить как:

$$NW_0 = \sum_{t=1}^{T_0} PD_t (1+r)^{-t}$$

где NW_0 — первоначальная стоимость (инвестиции) произведенного капитала в приобретение машин, оборудования и т. д. для производства товаров и услуг; PD_t — часть предпринимательского дохода предприятия, реинвестируемая в воспроизводство произведенного капитала на t -м году его использования; r — коэффициент эффективности использования произведенного капитала предприятия.

Методика определения норматива реинвестиций в природный капитал леса в условиях устойчивого развития. В основу методики определения норматива реинвестиций в природный капитал леса принято положение, что проекты лесовосстановления по своему характеру являются долгосрочными инвестиционными проектами. Они устанавливают конечным результатом лесовосстановления продукцию в виде прокрытой лесом площади под молодняками в возрасте смыкания крон, созданными хозяйственно ценными породами при естественном, искусственном и комбинированном лесовосстановлении.

Источником лесовосстановления служит природная рента как часть добавленной стоимости, направляемая на воспроизводство природного капитала леса.

Управление финансовыми потоками природной ренты в сфере лесовосстановления передается региональным фондам воспроизводства лесов.

Капитализация лесных ресурсов представляет собой процесс их вовлечения в общественное производство с целью превращения в капитал как наиболее высокую форму реализации денег и увеличения добавленной стоимости, производимой на их основе. Ставка капитализации (r), используемая при оценке стоимости ресурсов (арендованного лесного участка), включает в себя прибыль на вложенный капитал и определяется из выражения:

$$r = \frac{100\%}{T_n} = \frac{1}{T_n}$$

Период истощения (потребления) лесных ресурсов (T_n) исчисляется исходя из объемов истощения каждого года и определяется по формуле:

$$T_n = \frac{V_{t+1}}{P}$$

где P — средняя величина истощения лесных ресурсов, м³/год; V_{t+1} — запас лесных ресурсов на арендованном лесном участке в определенный период времени ($t + 1$), м³:

$$V_{t+1} = V_t(1 + g) - Q - D$$

где V_t — физическая величина запасов лесных ресурсов в определенный период времени t , м³; g — коэффициент естественного прироста лесных ресурсов, м³/год; Q — количество заготавливаемого леса в этот период t , м³; D — урон от пожаров и насекомых, ветровала, причиненный лесам в период t , м³.

Средняя величина истощения лесных ресурсов (P) вычисляется как разность между уменьшением объема лесных ресурсов и прироста по формуле:

$$P = Q + D - V_t \cdot g$$

Ежегодные денежные потоки арендного предприятия, обеспечивающие текущее восстановление первоначальной рыночной стоимости природного капитала (PD_t), складывается из той части предпринимательского дохода (добавленной стоимости), которая направляется на модернизацию, реконструкцию, восстановление и обновление произведенного капитала, так как в настоящее время, к сожалению, начисление амортизации природного капитала леса не производится:

$$PD_t = \Pi_t^k$$

где Π_t^k — часть предпринимательского дохода арендатора, направляемая на воспроизводство природного капитала леса на t -м году аренды лесного участка. Эту часть предпринимательского дохода можно выразить как отдачу от рыночной стоимости арендованного лесного участка на t -м году пользования (NW_t):

$$\Pi_t^k = R_t \cdot NW_t$$

где R_t — воспроизводственная эффективность природного капитала леса (рыночной стоимости арендованного лесного участка) в t -м году. В этом случае ежегодные текущие поступления из предпринимательского дохода арендатора (PD_t) на восстановление первоначальной рыночной стоимости лесного участка будут равны:

$$PD_t = R_t \cdot NW_t$$

Тогда условие воспроизводства первоначальной рыночной стоимости арендованного лесного участка будет иметь вид:

$$NW_0 = \sum_{t=1}^{T_n} R_t \cdot NW_t (1+r)^{-1}$$

Дисконтируя ряд равновеликих и равномерных текущих платежей в течение всего периода истощения природного капитала леса (T_n) к его стоимости в начальном периоде, получим

$$NW_0 = R_t \cdot NW_t \left[\frac{(1+r)^{T_n} - 1}{r} (1+r)^{-T_n} \right]$$

или

$$R_t \left[\frac{(1+r)^{T_n-1}}{r} \cdot (1+r)^{-T_n} \right] = 1 \quad (3)$$

Решая уравнение (3) относительно неизвестного показателя воспроизводственной эффективности природного капитала леса (лесного участка) (R_t) определим его нормативное (минимально необходимое) значение (R_n):

$$R_n = \frac{r}{1 - (1+r)^{-T_n}}$$

или при $r = \frac{1}{T_n}$:

$$R_n = \frac{T_n^{-1}}{1 - (1 + T_n^{-1}) - T_n}$$

Нормативный коэффициент (R_n) воспроизводственной эффективности рыночной стоимости природного капитала леса (лесного участка) с учетом срока его истощения — это норма производственного накопления как доля предпринимательского дохода (добавленной стоимости), идущая на поддержание рыночной стоимости природного капитала леса, необходимая для обеспечения самовоспроизводства (возврата с учетом периода истощения). Новый экономический показатель — *нормативный коэффициент эффективности воспроизводственного процесса* — связан с решением проблемы учета действия фактора времени в экономических расчетах. Он характеризует связь между показателями: запасом лесных ресурсов (V_{t+1}) естественным приростом (g), годовым истощением лесов (P), сроком аренды (T_n). Из определения следует, что нормативный коэффициент эффективности воспроизводства является функцией четырех переменных:

$$R_n = f(V_{t+1}, g, P, T_n)$$

Нормативный коэффициент эффективности воспроизводственного процесса показывает долю предпринимательского дохода (добавленной стоимости), идущую на создание новой стоимости лесного участка. Если текущие издержки лесохозяйственного производства на единицу древостоя, связанные с поддержанием лесных ресурсов в неистощительном состоянии увеличиваются по мере удлинения срока их аренды, то отчисления на лесовосстановление (S_B) изменяются в обратной пропорции, а их абсолютная величина составит:

$$S_B = NW_0 / P T_n$$

где NW_0 — начальная рыночная стоимость участка лесного фонда; P — среднегодовой объем истощения лесных ресурсов; T_n — срок (период) аренды

Зависимость нормативного коэффициента воспроизводственной эффективности рыночной стоимости лесного участка от периода истощения (срока аренды) приведена на рис. 2.

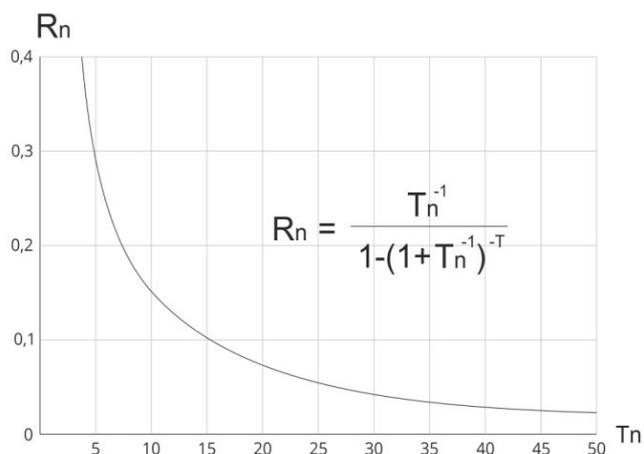


Рис. 2. Зависимость показателя нормативной воспроизводственной эффективности стоимости природного капитала от периода истощения

Благодаря четырем параметрам, характеризующим условия воспроизводства, и широкому диапазону их значений график позволяет найти наиболее рациональный конкретный коэффициент воспроизводственной эффективности для любого сочетания переменных, исходя из условий инвестиционного проекта лесовосстановления. Норму производственного накопления для воспроизводства участка леса можно брать на уровне процента прибыли, остающейся на предприятии после расчетов с государством, с учетом различных выплат производственного накопления (социальных и др.) Рациональным пределом нормы производственного накопления можно считать величину 10—15 %, отражающую норматив отчислений прибыли в фонды развития производства, существовавшие на предприятии при плановой экономике. Такая норма будет соответствовать сроку аренды десять лет. При рыночных отношениях в современных условиях верхним пределом можно назвать величину 30—40 %, показывающую долю национального дохода, идущего на накопления. Из рисунка следует, что нормативная эффективность воспроизводственных инвестиций на арендованном лесном участке с длительным сроком аренды имеет минимальное значение. Отмеченное свидетельствует о повышении эффективности реинвестиций прибыли на воспроизводство лесных ресурсов. Такой подход направлен на стимулирование арендаторов к ведению хозяйства (лесопользования) на принципах непрерывности и неистощительности.

Методика определения норматива реинвестиций в человеческий капитал в условиях устойчивого развития. Рассмотрим процесс формирования норматива реинвестиций прибыли (дохода) в человеческий капитал предприятия, необходимый для его самовоспроизводства.

Принимая, что чистая приведенная стоимость инвестиционного проекта к окончанию срока его полезного использования будет иметь нулевое значение, условие простого воспроизводства человеческого капитала можно выразить как:

$$\Phi_0 = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{\text{ЧД}_t}{(1+E)^t}$$

где ЧД — часть чистого дохода предприятия, реинвестируемая в воспроизводство человеческого капитала на t -м году реализации проекта; Φ_0 — первоначальные инвестиции в человеческий капитал; E — коэффициент эффективности использования человеческого капитала.

Собственные ежегодные денежные потоки предприятия, обеспечивающие текущее возмещение первоначальных инвестиций в человеческий капитал, складываются из той части прибыли, которая направляется на модернизацию, реконструкцию, восстановление и обновление совокупного капитала, т. е.

$$\text{ЧД}_t = \Pi_t^{ck}$$

где Π_t^{ck} — часть прибыли, направляемая на воспроизводство совокупного капитала и распределенная на человеческий капитал.

Прибыль для воспроизводства совокупного капитала, распределенную на человеческий капитал, можно выразить как

$$\Pi_t^{ck} = \text{Ч}_t \cdot \Phi_{0t}$$

где Ч_t — производственная рентабельность человеческого капитала в t -ом году

$$\left[\text{Ч}_t = \frac{\Pi_t^{ck}}{\Phi_0} \right].$$

Тогда при равномерном финансировании воспроизводства человеческого капитала из прибыли ($\text{Ч}_t = \text{Ч} = \text{const}$) ежегодный денежный поток в счет возмещения первоначальных инвестиций в человеческий капитал определится как:

$$\text{ЧД}_t = \text{ч}_t \cdot \Phi_{0t}$$

а условие самовоспроизводства человеческого капитала запишется в виде:

$$\Phi_0 = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{\text{ч}_t \cdot \Phi_0}{(1+E)^t}$$

Дисконтируя ряд равновеликих и равномерных в течение всего срока расчета платежей и их разовой ценности в начальном периоде, получим:

$$\Phi_0 = \text{ч} \cdot \Phi_0 \left[\frac{(1+E)^{T_H} - 1}{E(1+E)^{T_H}} \right],$$

или

$$\text{ч} \left[\frac{(1+E)^{T_H} - 1}{E(1+E)^{T_H}} \right] = 1 \quad (4)$$

Решая уравнение (4), где неизвестным параметром будет только производственная норма эффективности человеческого капитала Ч , определим ее минимально необходимое значение Ч_{\min} :

$$C_{min} = \frac{E}{1 - \frac{1}{(1+E)^{T_n}}}$$

Минимальная воспроизводственная эффективность человеческого капитала предприятий определяет норматив реинвестиции прибыли в человеческий капитал, необходимый для обеспечения его самовоспроизводства (возврата с учетом фактора времени).

При постижении сущности процесса воспроизводства совокупного капитала применяли следующие основные принципы рационального управления:

- принцип стимулирования инвестиций в инновационное обновление произведенных ресурсов, природных ресурсов, человеческих ресурсов. Он предполагает введение трансверсально-интегральной системы рентных платежей за используемые ресурсы, в том числе трудовые. Для стратегического развития предприятия предусматривается создание системы нормативов процесса воспроизводства совокупного капитала (произведенного, природного и человеческого);

- принцип нормирования эффективности системы воспроизводственных рентных инвестиций на предприятиях предусматривает обеспечение эффективности капиталовложений в обновление совокупных ресурсов на уровне нормативов внутренней доходности рентных инвестиций, устанавливаемых предприятиями индивидуально с учетом производственной структуры совокупного капитала и экономических показателей его использования. Кроме обновления совокупного капитала, эффективное его использование характеризуется получением прибыли на инвестиции. Эта требуемая норма прибыли определяется нормативной величиной коэффициента эффективности E_n .

Отсюда эффективное использование ресурсов совокупного капитала предприятия при его фактической доходности D_ϕ связано с выполнением соотношений: $D_\phi = D_{min}$ (определяет необходимую и обязательную часть совокупного дохода, которая должна быть инвестирована в совокупный капитал); $D_\phi \geq D_{min} + E_n$ (определяет требуемый совокупный чистый доход для обеспечения воспроизводства и эффективного использования совокупного капитала);

- принцип рациональных пропорций (соотношений) между произведенным капиталом, природным капиталом и человеческим капиталом при планировании и организации воспроизводственных процессов, позволяющий с максимальной эффективностью экономить природные ресурсы в интересах устойчивого развития. Эти пропорции могут обеспечить эффективность амортизационной, лесовосстановительной, трудовой, ценовой, инвестиционной, инновационной и финансовой политики предприятия при решении его стратегических задач устойчивого развития (темпоральное управление);

- принцип обеспечения конкурентоспособности воспроизводства ресурсов совокупного капитала. Воспроизводство совокупного капитала на базе приведенных принципов дает возможность направления ресурсов для формирования процессов нормативного рентного воспроизводства наиболее значимых инвестиций и обеспечения прорыва в части их конкурентоспособности по основным аспектам устойчивого развития (экономическом, экологическом и социальном).

Внешнее проявление сущности, которое отражает качественные и количественные изменения в инновационном обновлении совокупного капитала можно раскрыть при изучении явления, которое выражается через амортизацию, внутренний совокупный доход и его капитализацию, систему ресурсной ренты, эффективность инвестиций в совокупный капитал.

Амортизация трактуется как постепенное списание стоимости активов в следствие их изнашивания в процессе производственного использования. Совокупная прибыль и реинвестиции из прибыли связаны с рентабельностью совокупного капитала, а также долей чистой прибыли, направляемой на воспроизводство совокупного капитала.

Оценка и стоимостное структурирование совокупного капитала в процессе модернизации производственных схем предприятия создают условия для ее формирования через систему нормативов эффективных воспроизводственных пропорций между рентными источниками инвестиций.

Чистый доход предприятия остается в его распоряжении. Он может быть максимизирован исходя из сумм амортизации (n_a) и чистой прибыли (P_{\min}) на основе нормативов для воспроизводства совокупного капитала.

Капитализация (capitalization) дохода и совокупных ресурсов — это оценка их стоимости как активов посредством расчета приведенной суммы ожидаемых доходов, взятой за весь период их предполагаемого использования.

Инвестиции в совокупный капитал представляют собой использование финансовых (рентных) ресурсов в форме долгосрочных вложений капитала для увеличения активов предприятия и получения добавленной стоимости.

Эффективность совокупного капитала характеризует соотношение показателей результат (эффекта) и затрат (или суммы стоимости совокупных ресурсов) используемых для его достижения.

Ценообразование с учетом инвестиционной составляющей может дать возможность предприятию в процессе установления цены учесть не только традиционную ее зависимость от себестоимости продукции, но и обеспечить последующее развитие совокупного капитала на базе эффективного обновления.

Рассмотренные экономические понятия, являясь элементами обновления совокупного капитала, могут быть взаимосвязаны в единую систему их использования на основе экономической категории «рентное воспроизводство совокупного капитала».

Отметим, что воспроизводство совокупного капитала целесообразно рассматривать как трансверсально-интегральную самоорганизующуюся систему. Для теоретического познания сущности можно выявить основные тенденции развития процесса возобновления совокупного капитала.

Развитие является высшим типом движения и изменения в природе и обществе; оно связано с переходом от одного состояния к другому, от старого к новому.

Принцип развития экономических явлений, систем заключается в том, что все они находятся в постоянном движении и развитии, при этом развитие происходит как во времени, так и в пространстве или генетически (в развитии от зарождения к становлению и отмиранию). Отсюда следует, что и отдельные экономические явления, и экономические системы в целом всегда надо рас-

сма­тривать исторически, поэ­тому принцип разви­тия может быть назван *принципом историзма*.

Важное значение имеет вывод о роли зачатков нового. Поэ­тому при исследовании экономических явлений нужно ориентироваться на новое, передовое, если даже это новое в данный момент не играет определяющей роли. В связи с этим весьма существенное значение имеет выявление зачатков нового в процессе перерастания экономики метафизической в экономику трансверсально-интегральных систем. Понятие «историческое» с точки зрения онтологии может быть интерпретировано как материальный мир, т. е. объективная диалектика.

Развитие является высшим типом движения и изменения в природе и обществе, оно связано с переходом от одного качества, состояния к другому, от старого к новому. Развитие характеризуется структурой (механизмом), источником, формами, направленностью и отражает изменение объекта, которое связано с преобразованием во внутреннем его строении, структуре.

Развитие является продуктом противоположностей (сил различной природы), борьбы новых и старых сил, составляющих объект и являет собой процесс преодоления, снятия одних противоречий и их замещения иными, новыми. Принцип историзма находит свое отражение в диалектической связи законов диалектики — единства и борьбы противоположностей, отрицания отрицания, перехода количественных изменений в качественные и обратно.

Для упрощения анализа воспроизводственного процесса целесообразно осуществить редукцию указанных законов диалектики в трансверсально-интегральную систему воспроизводства совокупного капитала как сил различной природы.

В законе единства и борьбы противоположностей проявляется сущность источника развития, трансверсально-интегрального самодвижения явления воспроизводства совокупного капитала. Этому явлению присущи внутренне противоречивые, различные по природе силы произведенного, природного и человеческого капиталов. Между этими силами (действиями) единого целого — совокупного капитала, находящимися в противоречии друг с другом, постоянно происходит внутренняя борьба, выступающая источником развития, самодвижения явления воспроизводства совокупного капитала.

Особенность разрешения противоречий процесса воспроизводства совокупного капитала заключается в том, что он осуществляется преимущественно как диалектическая трансверсальная интеграция, как сочетание, слияние, соединение противоположностей (произведенного, природного и человеческого капиталов). Главным в разрешении противоречий явления воспроизводства совокупного капитала служит создание действенного механизма стимулирования инвестиций в инновационное техническое и технологическое обновление совокупного капитала. Через создание системы рентных платежей за используемые ресурсы, в том числе и трудовые принципы воспроизводства совокупного капитала, являясь условием эффективного возобновления совокупного капитала, отражают содержание рассматриваемого явления.

Форму перспективного и прогрессивно направленного развития явления воспроизводства ресурсов совокупного капитала раскрывает закон отрицания отрицания. Переход к новому качеству трансверсально-интегрального процесса

воспроизводства совокупного капитала — это и есть отрицание старого качества или первоначального состояния явления воспроизводства совокупного капитала. Развитие воспроизводственной политики предприятия включает в себя моменты разрушения устаревших представлений о возобновлении совокупного капитала, обогащая структуру процесса новыми трансверсально-интегральными элементами, зависимостями и связями. Это развитие возможно на базе механизма эффективного воспроизводства совокупного капитала, в основу которого может быть положен предложенный выше рентный многокурсовый подход к созданию системы стимулов для инновационного технологического обновления. В связи с этим закон отрицания отрицания рассматривается как синтез в результате которого достигается новое качественное содержание явления путем интеграции его противоречивых экономических элементов: нормы инвестиционной составляющей совокупного рентного дохода.

Механизм возникновения новых качеств явления характеризует закон перехода количественных изменений в качественные и обратно. Согласно указанному закону развития экономических явлений, систем происходит путем постепенного накопления количества и скачкообразного или постепенного перехода его в новое качество, а новое качество расширяет возможности количественного роста.

Так как познание качества предшествует познанию количественных отношений, т. е. познание движется от качественных оценок и описаний процесса и явлений к установлению количественных закономерностей, то можно предположить, что уровень эффективного (нормативного) обновления совокупного капитала определяет количественное соотношение составляющих элементов процесса. Так, увеличение инвестиций в обновление произведенного и человеческого капиталов приводит к снижению потребления природного капитала.

Трансверсально-интегральное единство качественных и количественных характеристик явления, их тесная взаимосвязь составляют меру явления. Исходя из анализа меры и нормативного подхода, можно отличить, что они тесно связаны с понятиями рациональности, пропорции, гармонии, соразмерности, масштабности, порядка, умеренности, баланса, симметрии, ритма и др. Проявление меры в экономических отношениях рассматриваемого явления реализуется через количественные и качественные пропорции простого и расширенного воспроизводства совокупного капитала. Мера является необходимым и достаточным условием эффективного трансверсально-интегрального взаимодействия между внутренним и внешним проявлением сущности процесса возобновления. Она оказывается интервалом и границей, в которых система воспроизводства совокупного капитала остается в конкретном единстве своего качества и количества, т. е. мера решает вопрос эффективного трансверсально-интегрального обновления совокупного капитала.

Таким образом, поиск меры сводится к выявлению необходимых соотношений экономических составляющих эффективного воспроизводства, к определению ее нормативной базы, в состав которой входят нормативы амортизации (n_a) для формирования инвестиционного фонда произведенного капитала; минимально необходимой воспроизводственной доходности совокупного, произведенного, природного и человеческого капиталов (P_{\min}), обеспеченной необ-

ходимым уровнем вложений рентного дохода в их обновление; коэффициентов экономической эффективности использования совокупного капитала (E), инвестиционной составляющей в цене продукции предприятия; ставки капитализации произведенных, природных и человеческих ресурсов. На основе этих нормативов могут эффективно решаться задачи модернизации предприятий, реструктуризации стоимости совокупного капитала, оценки стоимости предприятий и бизнеса, оценки инвестиционной стоимости совокупного капитала, ценообразования продукции, диагностики состояния воспроизводственного процесса совокупного капитала и формирования рациональных инвестиционных программ его обновления, бюджетирование инвестиционных ресурсов, создания внебюджетных целевых фондов воспроизводства, страхования объектов воспроизводства совокупного капитала и др.

Поиск меры при формировании нормативного рентного подхода может быть решен за счет установления эффективных формулированных соотношений (законов) изучаемых основных ресурсных параметров воспроизводственного процесса: амортизацией (A) и рентным доходом (D^{Φ}), направляемых на обновление совокупного капитала. Эти пропорции могут обеспечить эффективность инвестиционной, инновационной и финансовой политики предприятия при решении его стратегических задач устойчивого развития.

На рис. 3 показан механизм распределения собственных средств предприятия на базе принципов эффективного воспроизводства совокупного капитала и определенные на их основе нормативы ежегодных возвратных средств, необходимых для обеспечения возврата инвестиций в совокупный капитал ($g_a + D_{\min}$), произведенный капитал ($g_a + P_{\min}$), природный капитал ($R_{H\min}$), человеческий капитал (r_{\min}), а также коэффициент эффективности использования инвестиций (E).



Рис. 3. Схема формирования трансверсально-интегральных нормативов самовоспроизводства (возврата) капиталовложений исходя из эффективного воспроизводства и использования ресурсов совокупного капитала

Системное использование соотношений базовых трансверсально-интегральных нормативов позволяет выйти на следующий уровень воспроизводственной нормативной базы предприятий, необходимый для реализации остальных принципов нормативного воспроизводства их совокупного капитала: принципа стимулирования инвестиций в его инновационное обновление, принципа нормирования эффективности системы воспроизводственных рентных инвестиций, принципа рациональных пропорций между частями совокупного капитала при планировании и организации воспроизводственных процессов, а также принципа обеспечения конкурентоспособности основного капитала.

Современные системы нормирования издержек трансверсально-интегрального воспроизводства совокупного капитала должны быть гибкими, способными быстро реагировать на любые производственно-технологические инновации, обеспечивать разработку норм дифференцированно в зависимости от требуемой точности для различных видов производства.

Построение системы нормативов на основе рассмотренных подходов, отражающей проявление сущности исследуемого явления с учетом принципов эффективного возобновления совокупного капитала на базе рентно-нормативного подхода приведет к достижению необходимой конкурентоспособности производства совокупного капитала и преодоления кризисных явлений в лесном секторе экономики.

Таким образом, изучение сущности трансверсально-интегрального процесса воспроизводства совокупного капитала позволяет раскрыть взаимосвязь внутренних (принципы рационального (темпорального) управления производством совокупного капитала) проявлений процесса самовоспроизводства. Целостное, трансверсально-интегральное изменяющееся структурное проявление сущности воспроизводства совокупного капитала определяет ее объективную диалектическую природу, опирающуюся на законы диалектики. Трансверсально-интегральный подход позволяет определить источники возникновения и механизм формирования новых качеств рассматриваемого явления, установить взаимосвязь категорий меры и нормативно-рентного подхода. Переход от количественной парадигмы экстенсивного воспроизводства ресурсов совокупного капитала к качественной, интенсивной, к новому трансверсально-интегральному типу мышления позволяет рационально управлять сложным процессом системы воспроизводства ресурсов совокупного капитала, экономить прежде всего ресурсы природного капитала леса.

Организация нового вида экономической деятельности, связанного с воспроизводством ресурсов совокупного капитала на базе формирования системы рентных платежей за используемые ресурсы позволит создать новые рабочие места, привлечь инвестиции для модернизации деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности с высокой добавленной стоимостью в целях сохранения российских лесов и их влияние на глобальный бюджет основных парниковых газов, а также в целях предотвращения быстрого ухудшения климата на территории нашей страны.

Библиографический список

1. Суслов, И. П. Методология экономического исследования / И. П. Суслов. — Москва : Экономика, 1983. — 216 с.
2. Большаков, Н. М. Методологические подходы к воспроизводству лесных ресурсов в условиях их аренды / Н. М. Большаков, В. В. Жиделева, А. М. Попова // Экономика региона. — 2010. — № 2. — С. 118—129.
3. Большаков, Н. М. Стоимостная концепция воспроизводства лесных ресурсов в условиях арендных отношений / Н. М. Большаков, И. И. Иваницкая // Аудит и финансовый анализ. — 2011. — № 1. — С. 1—6.
4. Большаков, Н. М. Экономические основы системы рентных отношений: теоретические аспекты / Н. М. Большаков // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. — 2008. — № 2. — С. 35—44.
5. Большаков, Н. М. Теоретико-методологическая систематика экономики лесных ресурсов / Н. М. Большаков, В. В. Жиделева. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ им. С. М. Кирова, 2011. — 384 с.
6. Шматков, Н. М. Предложения в раздел «Воспроизводство лесов» новой редакции Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года / Н. М. Шматков // Устойчивое лесопользование. — 2020. — № 3 (62). — С. 7—9.
7. Петров, А. П. Индустриализации лесовосстановления нужна новая правовая и экономическая организация / А. П. Петров // Устойчивое лесопользование. — 2020. — № 3 (62). — С. 5—6.
8. Большаков Н. М. Экономика трансверсально-интегральных систем как институт развития нового типа: в единстве теории, методологии исследования, практики (на примере лесного сектора) / Н. М. Большаков. — Сыктывкар : СЛИ, 2021. — 430 с.

В статье рассмотрено решение задачи по идентификации топологии сети в переходном режиме с помощью искусственных нейронных сетей. В качестве входных данных использовались изменения фазы напряжения в узлах расстановки устройств синхронизированных векторных измерений и модули токов в ветвях, инцидентным узлам расстановки. Экспериментальные расчеты проведены на тестовой 14-узловой схеме электрической сети.

Ключевые слова: электрическая сеть, идентификация топологии, искусственные нейронные сети, многослойный перцептрон, переходной режим, синхронизированные векторные измерения, автоматическое повторное включение

Н. Э. Готман,
старший преподаватель;

Г. П. Шумилова,
кандидат технических наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт, ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МЕТОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТОПОЛОГИИ СЕТИ В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Определение схемы соединений электрической сети в реальном времени важно для обеспечения бесперебойной работы энергосистемы. Изменения топологии, например, в результате повреждения линии, могут привести к перегрузке отдельных линий и дестабилизировать сеть. Быстрое выявление таких изменений позволит предпринять необходимые действия и для уменьшения риска крупномасштабных отключений.

В последние годы широкое внедрение получили устройства синхронизированных векторных измерений (УСВИ) [1]. Их применение позволяет обеспечить высокую достоверность параметров режима энергосистемы в переходном режиме. УСВИ, в отличие от традиционной системы SCADA (Supervisory Control и Data Acquisition), обеспечивают синхронизированными от GPS/ГЛОНАСС измерениями векторов тока и напряжения с высокой частотой дискретизации в различных географически удаленных точках линий электропередачи.

Для идентификации топологии электрической сети предложено множество методов с использованием УСВИ [2—6]. Отправной точкой в этих методах является то, что отключение линии вызывает изменение вектора напряжения во всех узлах электрической сети, и эти изменения больше, чем во время нормальной работы энергосистемы.

В данной работе предлагается идентифицировать топологию сети при отключении одной линии на основе искусственной нейронной сети (ИНС). Под ИНС понимается набор элементарных нейроподобных преобразователей информации — нейронов, соединенных друг с другом каналами обмена информации для их совместной работы. ИНС обладает свойствами, напоминающими работу мозга. Это способность к обобщению воспринимаемой информации, к извлечению существенных свойств из зашумленных данных, к обучению и са-

мообучению на основе собственного опыта функционирования и т.п. Существуют различные типы ИНС, обладающие различными свойствами и принципами функционирования.

В данной работе для идентификации топологии электрической сети во время переходного режима применялась сеть прямого распространения — трехслойный персептрон (рис. 1). В качестве входных данных использовались синхронизированные векторные измерения напряжения и тока от УСВИ. Предлагаемый авторами метод является развитием нейросетевого подхода, представленного в публикациях [7—9].

Экспериментальные исследования проводились на 14-узловой тестовой схеме. На рис. 2 показано размещение УСВИ в узлах 2, 4, 5, 6, 9, 11 и 13, полученное как результат оптимальной расстановки по критерию минимума количества устройств [10], обеспечивающих топологическую наблюдаемость ЭЭС. Наблюдаемость узла 8 обеспечивается за счет нулевой инъеции транзитного узла 7.

Для расчетов использовалась следующая структура ИНС. Количество нейронов во входном слое персептрона $NI = 27$ (или 54, в зависимости от варианта расчетов), количество нейронов в выходном слое $NK = 15$, что соответствует рассматриваемому количеству отключаемых линий в тестовой схеме. Количество нейронов в скрытом слое определялось для каждого теста по минимальной погрешности идентификации. Входными данными были фазы напряжения в узлах расстановки УСВИ и модули токов в ветвях, инцидентных узлам расстановки УСВИ. Расчеты проводились по программе, разработанной в среде Embacadero C++ Builder.

Для получения базы данных расчеты проводились с использованием программно-вычислительного комплекса (ПВК) «RastrWin 3"» (v 1.80.0.1485), в состав которого входит программный модуль «RUSTab», предназначенный для расчета электромеханических переходных процессов. В ПВК «RastrWin 3"» была воспроизведена 14-узловая схема электрической сети «IEEE 14 Bus Test Case» на основе данных о параметрах сети и генераторов из ПВК «DigSILENT PowerFactory» (см. рис. 2).

Были рассчитаны 500 режимов путем изменения нагрузки во всех нагрузочных узлах в диапазоне от 70 до 150 % от базового уровня и добавления к полученным значениям случайной величины, составляющей от 0 до 20 % базовой нагрузки в узле. Для каждого режима проведены расчеты переходных процес-

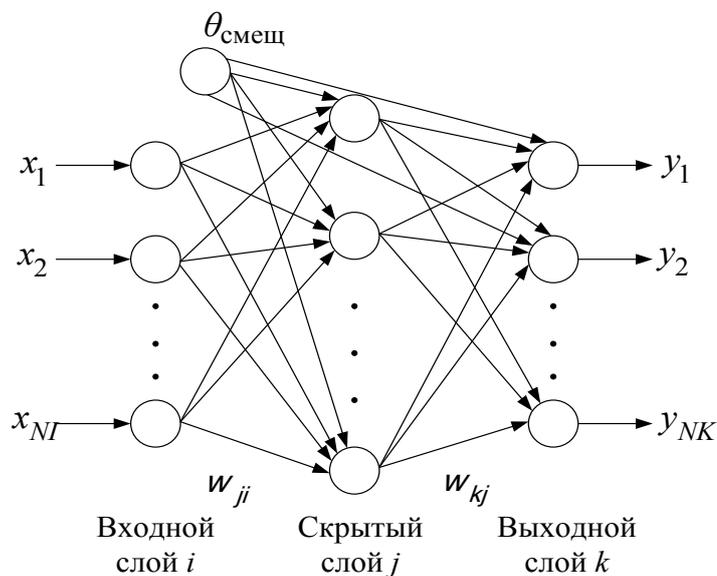


Рис. 1. Трехслойный персептрон, используемый для идентификации топологии электрической сети

сов, связанных с отключением одной из линий и включением ее через три секунды устройством АПВ. С учетом того, что отключения трансформаторов не рассматривались, для каждого из 500 режимов были рассчитаны 15 аварийных ситуаций (с учетом трансформаторов всего 20 связей).

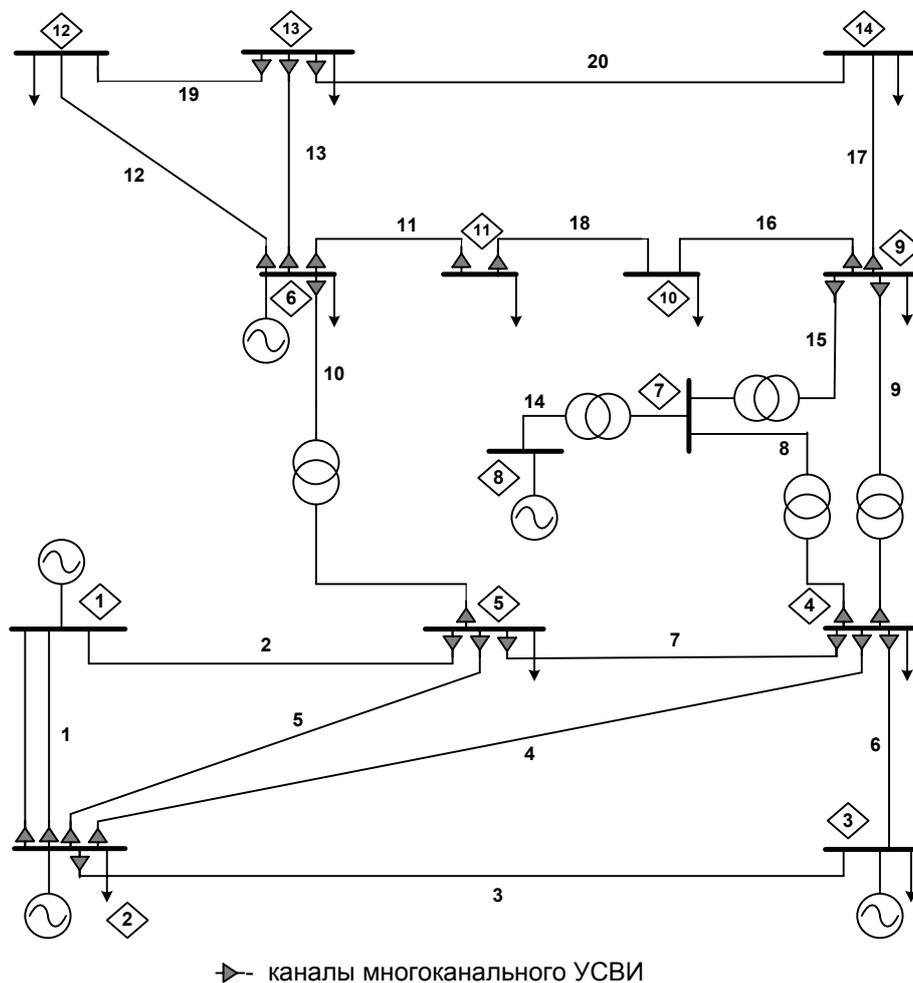


Рис. 2. 14-узловая тестовая схема «IEEE 14 Bus Test Case»

УСВИ имеют относительную погрешность измерения напряжения и тока не более $\pm 0,2\%$. В расчетах значения измерений использовались с добавлением случайным образом шума (изменение фазы напряжения на $\pm 0,5^\circ$ и модуля тока на $\pm 0,5\%$), так как векторные измерения напряжения и тока содержат в себе не только погрешность УСВИ, но и погрешность измерительных трансформаторов напряжения и тока.

На рис. 3 представлены графики фаз напряжения в узлах 2, 4 и 5 при отключении и включении с АПВ линии № 2. Это ближайшие узлы с УСВИ к месту аварийной ситуации.

Для решения поставленной задачи проведены расчеты с двумя наборами данных. В первом из них использовались измерения только одного временного среза с количеством входных параметров ИНС, равным 27. Во втором — измерения двух последовательных временных срезов с количеством входных параметров, равным 54.

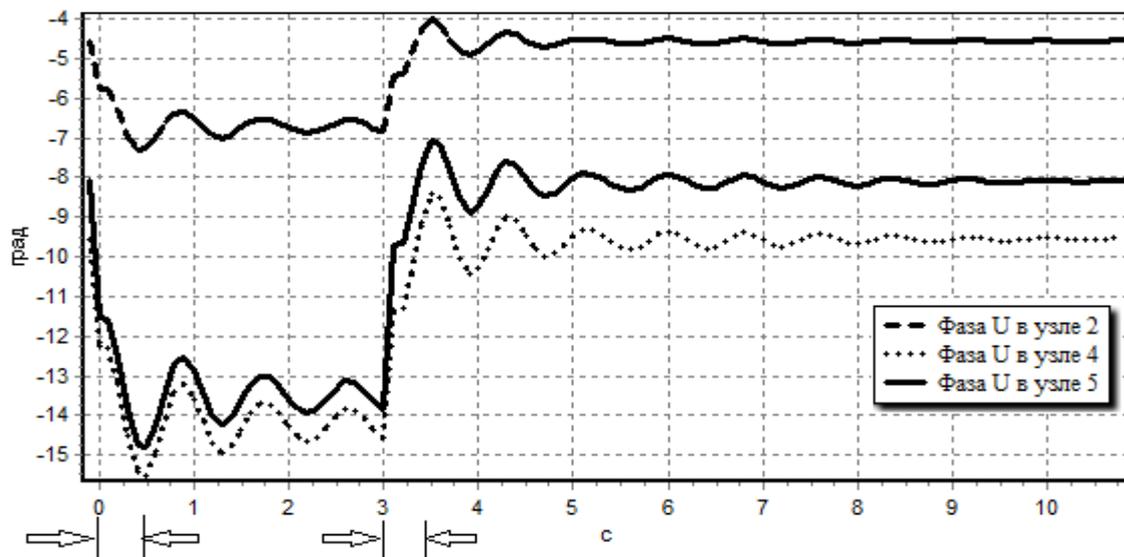


Рис. 3. Графики фаз напряжения в узлах 2, 4, 5 при аварийных ситуациях на линии 2

Количество образцов для обучения и тестирования ИНС варьировалось в зависимости от варианта расчетов и от количества временных срезов. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение результатов определения топологии для двух вариантов расчетов

Варианты	Данные (количество временных срезов при отключении линии и при срабатывании АПВ)	Количество образцов		Количество неверно классифицированных образцов при тестировании	Относительная погрешность (%)
		для обучения	для тестирования		
Первый вариант	1	6000	9000	0	0
	2	12000	18000	432	2,4
	3	18000	27000	1078	3,99
	4	24000	36000	5616	15,6
Второй вариант	по 2 из 2	6000	9000	0	0
	по 2 из 3	12000	18000	358	1,99
	по 2 из 4	18000	27000	1185	4,39
	по 2 из 5	24000	36000	5914	16,43

Для моментов времени, соответствующих отключению линии или ее включению после АПВ, обе ИНС безошибочно определяют топологию сети. Результаты для обоих вариантов достаточно близки, но если учитывать, что приемлемая относительная погрешность в 4,39 % у второго варианта соответствует четвертому временному срезу, а для первого варианта ему соответствует погрешность в 15,6 %, то можно отдать предпочтение именно второму варианту, при котором используются значения изменения фаз напряжения и модулей токов двух последовательных временных срезов.

В табл. 2 представлено распределение общего количества неверно классифицированных образцов для каждой линии. В столбцах таблицы приведены значения количества ошибок и через знак «/» значения погрешностей относительно количества тестируемых образцов для одной линии, которое дано в последней строке таблицы.

Таблица 2. Распределение количества неверно классифицированных образцов при разных аварийных ситуациях для двух вариантов расчетов

Линия	Первый вариант расчета			Второй вариант расчета		
	Количество ошибок / относительная погрешность (%) при использовании данных:					
	2-х временных срезов	3-х временных срезов	4-х временных срезов	3-х временных срезов по 2	4-х временных срезов по 2	5-и временных срезов по 2
1	0 / 0	5 / 0,28	6 / 0,25	0 / 0	3 / 0,17	601 / 25,04
2	1 / 0,08	0 / 0	13 / 0,05	1 / 0,08	0 / 0	1 / 0,04
3	0 / 0	0 / 0	95 / 3,96	0 / 0	0 / 0	0 / 0
4	3 / 0,25	2 / 0,11	57 / 2,38	0 / 0	0 / 0	3 / 0,125
5	3 / 0,25	2 / 0,11	353 / 14,71	0 / 0	1 / 0,06	601 / 25,04
6	2 / 0,17	4 / 0,22	303 / 12,63	0 / 0	0 / 0	302 / 12,58
7	3 / 0,25	1 / 0,06	300 / 12,50	0 / 0	7 / 0,39	3 / 0,125
11	52 / 4,33	161 / 8,94	453 / 18,88	32 / 2,67	71 / 3,94	945 / 39,37
12	87 / 7,25	251 / 13,94	905 / 37,71	69 / 5,75	199 / 11,06	508 / 21,17
13	4 / 0,33	16 / 0,89	343 / 14,29	10 / 0,83	12 / 0,67	630 / 26,25
16	24 / 2,00	33 / 1,83	655 / 27,29	5 / 0,42	21 / 1,17	82 / 3,42
17	16 / 1,33	43 / 2,39	138 / 5,75	11 / 0,92	321 / 17,83	362 / 15,08
18	49 / 4,08	67 / 3,72	675 / 28,13	93 / 8	159 / 8,83	373 / 15,54
19	182 / 15,17	480 / 26,67	952 / 39,67	130 / 10,83	375 / 20,83	867 / 36,12
20	6 / 0,50	13 / 0,72	368 / 15,33	4 / 0,33	16 / 0,89	636 / 26,5
Количество тестируемых образцов для одной линии						
	1200	1800	2400	1200	1800	2400

Если сравнивать соответствующие показатели между двумя вариантами расчетов, то опять можно отдать предпочтение второму, особенно, для линий № 1—7 в случаях использования данных трех и четырех временных срезов. Следует заметить, что большая часть ошибок приходится на линии № 11, 12 и 19. Это можно объяснить минимальным изменением фазы напряжения в узлах расстановки УСВИ по концам этих линий.

Средние по всем режимам значения изменений фаз напряжения для 4-го временного среза представлены в табл. 3. При отключении и включении устройством АПВ линий № 11—20 изменения фазы напряжения в узлах схемы существенно меньше, чем при аварийных ситуациях на линиях № 1—7. Наименьшие значения изменения фаз напряжения соответствуют аварийным ситуациям на линиях № 12 и 19, что соответствует максимальным погрешностям.

Таблица 3. Средние значения изменения фаз напряжения в узлах расстановки УСВИ при отключении линии и включении после срабатывания АПВ для 4-го временного среза с момента отключения и включения линии

Линия отключения/включения	Среднее значение изменения фазы напряжения в узлах						
	2	4	5	6	9	11	13
1	0,357	0,18	0,164	0,15	0,149	0,149	0,15
2	0,084	0,194	0,179	0,399	0,438	0,416	0,402
3	0,16	0,284	0,226	0,309	0,33	0,321	0,317
4	0,096	0,098	0,086	0,137	0,173	0,149	0,145
5	0,074	0,058	0,048	0,085	0,095	0,084	0,084

Линия отключения/включения	Среднее значение изменения фазы напряжения в узлах						
	2	4	5	6	9	11	13
6	0,035	0,077	0,057	0,084	0,095	0,09	0,088
7	0,042	0,07	0,058	0,173	0,12	0,144	0,164
11	0,009	0,028	0,022	0,055	0,045	0,047	0,057
12	0,007	0,026	0,021	0,041	0,042	0,043	0,044
13	0,008	0,027	0,023	0,055	0,044	0,05	0,057
16	0,008	0,026	0,023	0,046	0,042	0,048	0,47
17	0,008	0,027	0,024	0,06	0,045	0,052	0,061
18	0,008	0,028	0,021	0,043	0,044	0,048	0,045
19	0,008	0,026	0,021	0,041	0,042	0,041	0,043
20	0,008	0,026	0,022	0,051	0,044	0,045	0,05

Выводы. Рассмотрен метод идентификации топологии электрической сети на основе нейронной сети прямого распространения с использованием синхронизированных векторных измерений, работающий в переходном режиме. Он позволяет на основе изменений векторных измерений определять топологию в начале аварийной ситуации, связанной как с отключением линии, так и ее включением устройством АПВ. При этом может быть использована одна и та же ИНС, реагирующая на изменения фаз напряжения и модулей тока, полученных от УСВИ.

Область будущих исследований по этой теме будет заключаться в рассмотрении других методов решения задачи идентификации топологии в переходном режиме, а также во включении более широкого спектра возможных аварийных ситуаций, таких как отключение двух и более линий.

Библиографический список

1. Мокеев, А. В. Особенности разработки, испытаний и внедрения устройств синхронизированных векторных измерений / А. В. Мокеев // Современные подходы к обеспечению надежности электроэнергетических систем. — Сыктывкар, 2014. — С. 56—62.
2. Tate, J. E. Line outage detection using phasor angle measurements / J. E. Tate, T. J. Overbye // IEEE Trans. Power Syst.. — 2008. — vol. 23, no. 4, — P. 1644—1652.
3. Kim, T. PMU Placement for Line Outage Identification via Multiclass Logistic Regression / T. Kim, S. J. Wright // arXiv:1409.3832v1 [math.OC] 12 Sep. — 2014. — P. 1—8.
4. Cavarro, G. Power Distribution Network Topology Detection with Time-Series Signature Verification Method / G. Cavarro, R. Arghandeh // IEEE Trans. on PS. — 2018. — Vol. 33, no 4. — P. 3500—3509.
5. Ponce, C. FLIER: Practical Topology Update Detection Using Sparse PMUs / C. Ponce, D. S. Bindel // IEEE Trans. Power Syst. — 2017. — vol. 32, no. — P. 4222—232.
6. Srikumar, M. S. Line Outage Detection Using Phasor Measurement Units / M. S. Srikumar, Dr. T. Ananthapadmanbha, F. Z. Khan, V. Girish // Procedia Technology 21 (2015), SMART GRID Technologies. — 2015, August 6—8. — P. 88—95.
7. Готман, Н. Э. Идентификация топологии электрической сети на основе искусственных нейронных сетей с использованием векторных измерений / Н. Э. Готман, Г. П. Шумилова, Т. Б. Старцева // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. — Вып. 66 // Актуальные проблемы надежности систем энергетики / Отв. ред. Н. И. Воропай, М. А. Короткевич, А. А. Михалевич. — Минск : БНТУ, 2015. — С. 251—257.
8. Шумилова, Г. П. Определение топологии электрической сети при делении ее на участки с привязкой к устройствам PMU / Г. П. Шумилова, Н. Э. Готман, Т. Б. Старцева // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 67.

Проблемы надежности систем энергетики / отв. ред. Н. И. Воропай, Ю. Я. Чукреев. — Сыктывкар : Коми респ. тип., 2016. — С. 250—255.

9. Готман, Н. Э. Определение топологии электрической сети с использованием синхронизированных векторных измерений / Н. Э. Готман, Г. П. Шумилов, Т. Б. Старцева // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера — 2016 : материалы Пятого Всероссийского научного семинара (21—23 сентября 2016 г., Сыктывкар): в 2 ч. — Сыктывкар : Коми респ. тип., 2016. — Ч. II. — С. 115—123.

10. Хохлов, М. В. Унифицированный подход к оптимизации размещения РМУ в сети для обеспечения надежности наблюдаемости ЭЭС / М. В. Хохлов, И. И. Голуб // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 65. Надежность либерализованных систем энергетики / отв. ред. Н. И. Воропай, А. Н. Назарычев. — Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2015. — С. 591—601.

В статье рассмотрено применение сверточных нейронных сетей для решения задачи по определению состояния линии электропередач в переходном режиме. Расчеты проведены на тестовой 14-узловой схеме электрической сети с использованием в качестве входных данных изменения фазы напряжения в узлах расстановки устройств синхронизированных векторных измерений и модулей токов в ветвях, инцидентным узлам расстановки.

Ключевые слова: электрическая сеть, переходный режим, топология электрической сети, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, синхронизированные векторные измерения, автоматическое повторное включение

Н. Э. Готман,
старший преподаватель

Г. П. Шумилова,
кандидат технических наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт, ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Глубокие нейронные сети (Deep Learning Neural Networks (DLNN)) становятся одним из самых популярных методов машинного обучения при создании систем искусственного интеллекта в разных областях, таких как распознавание речи, обработка естественного языка, компьютерное зрение, медицинская информатика и др. [1]. Их отличительными особенностями являются большее количество нейронов в слоях, более сложные способы соединения, автоматическое выделение признаков и увеличение вычислительных мощностей для обучения [2].

Существуют различные архитектуры DLNN. К сетям глубокого обучения относятся: многослойный перцептрон (такую сеть называют полносвязной) [3], неокогнитрон, автокодировщики, сверточные нейронные сети, ограниченная машина Больцмана, глубокие сети доверия, сети долго-, краткосрочной памяти, управляемые рекуррентные нейронные и сети остаточного обучения [4].

В настоящее время выполнено много исследовательских работ по применению сетей глубокого обучения в энергосистемах: для прогнозирования нагрузки [5], кибербезопасности [6], для определения места короткого замыкания в линии [7], восстановления энергосистемы после аварии, выявления дефектов поврежденного оборудования в результате короткого замыкания [8]. Эти исследования охватывают такие области энергетики, как энергопотребление, умные сети (smart grid), рынок электроэнергии, надежность и др. [9].

В данной работе рассматривается применение сетей глубокого обучения для определения состояния линий передающей электрической сети в переходном режиме на основе данных, измеренных устройствами синхронизированных векторных измерений (УСВИ). Эта задача является одной из востребованных и сложных задач, возникающих при оперативном управлении электроэнергетической системой (ЭЭС). Ошибки в выявлении изменений в топологии сети могут привести к неверным и потенциально опасным управляющим воздействиям. Для

примера, одной из основных причин катастрофического Северо-Восточного погашения в августе 2003 г. в США и Канаде был отказ в работе комплекса оценивания состояния ЭЭС вследствие недостоверности топологии сети, приведший к потере наблюдаемости режима в процессе развития аварии [10].

УСВИ способны сделать от 10 до нескольких сотен замеров за секунду, что намного больше, чем в традиционных системах SCADA (Supervisory Control и Data Acquisition), которые обычно выполняют один замер за 2—4 с. Таким образом, УСВИ предоставляют огромное количество данных, собранных каждый день, обработать которые можно методами из области искусственного интеллекта, в частности с помощью DLNN.

Для решения задачи определения изменения состояния линии в переходном режиме наиболее из всех перечисленных выше архитектур DLNN подходят сверточные нейронные сети (СНС). СНС получает входные данные, преобразует их с помощью ряда взаимосвязанных слоев и на выходе выдает набор вероятностей (оценок).

Существует много вариантов архитектуры СНС, но все они основаны на чередовании слоев, показанных на рис. 1. Здесь имеются три основные группы слоев: 1) входной слой; 2) слои выделения признаков; 3) слои классификации: полносвязный и выходной.

СНС представляют собой метод, который чаще всего используется для классификации изображений. Входной слой принимает трехмерные сигналы, при этом учитывается двухмерность изображения и разделение его на три канала: красный, синий, зеленый.

Перед началом расчетов на модели с СНС входные данные нормализуются. Нормализация входных данных необходима для адекватного применения математических моделей и компьютерных расчетов при вычислениях, связанных с большими и малыми величинами, для равномерного их распределения, представления значений в области $[0,1]$. В конечном счете, нормализация увеличивает информативность данных. Обычно используется формула, которая позволяет растянуть данные, подаваемые на вход СНС, от 0 до 1:

$$f(x_i, \min, \max) = \frac{x_i - \min}{\max - \min},$$

где f — функция нормализации; x_i — элемент входных данных; \min , \max — соответственно, минимальное и максимальное значения среди элементов входного образца.

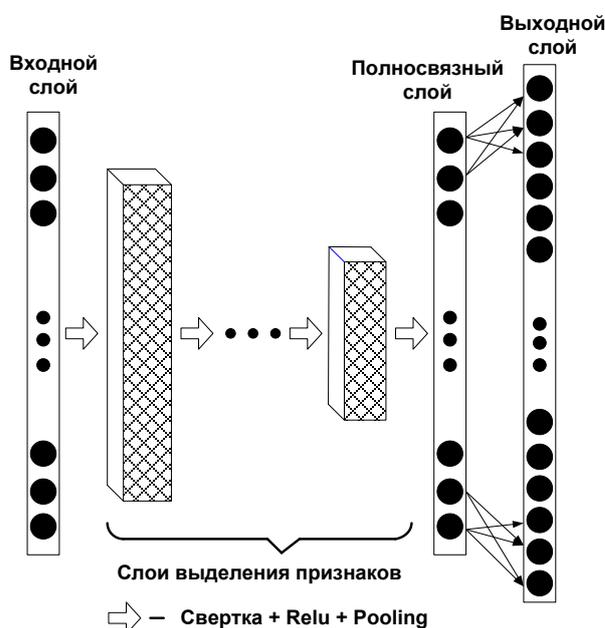


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Слои выделения признаков имеют повторяющуюся структуру (свертка \rightarrow *ReLU* \rightarrow пулинг).

Сверточный слой представляет собой набор карт признаков, у которых есть сканирующее ядро (или, по-другому, фильтр). Слой получает входные сигналы, применяет к ним ядро свертки и получает на выходе карту признаков (рис. 2).

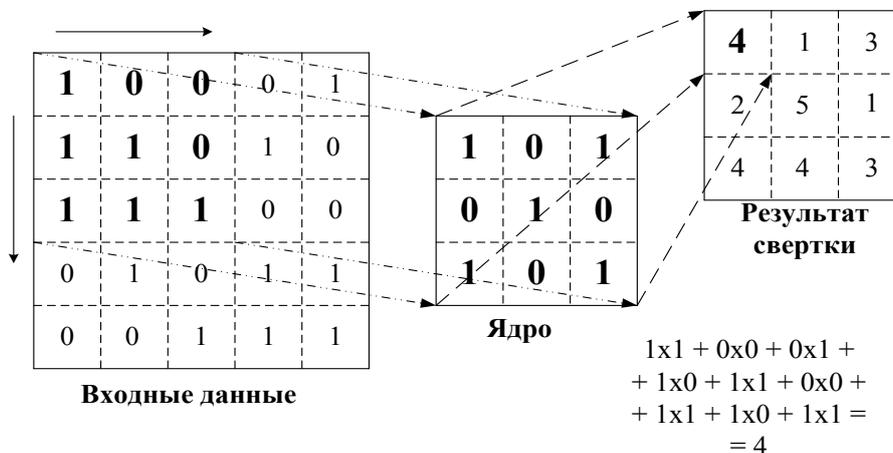


Рис. 2. Операция свертки

Входом свертки могут быть исходные данные или карта признаков, вычисленная другой сверткой. Размер всех карт сверточного слоя одинаков и вычисляется по формулам [2]:

$$\left. \begin{aligned} w &= mW - kW + 1 \\ h &= mH - kH + 1 \end{aligned} \right\}$$

где w, h — вычисляемые, соответственно, ширина и высота сверточной карты; mW — ширина предыдущей карты; mH — высота предыдущей карты; kW — ширина ядра; kH — высота ядра.

В ходе применения свертки ядро передвигается по ширине и высоте входной карты (см. рис. 2). Результатом является сумма произведений элементов ядра на соответствующие элементы части входной карты под ним. Математически операция свертки описывается формулой:

$$(F \times K)[a, b] = \sum_{x=1}^{kH} \sum_{y=1}^{kW} F[a+x-1, b+y-1] \times K[x, y],$$

где F — входная карта признаков, K — ядро свертки, $F \times K$ — результат свертки.

Функция линейной ректификации (ReLU) описывается формулой $f(x) = \max(0, x)$, ее график показан на рис. 3. Блоки линейной ректификации широко применяются в сетях глубокого обучения, так как сети с функцией ReLU обучаются лучше, чем сети с сигмоидной функцией активации.

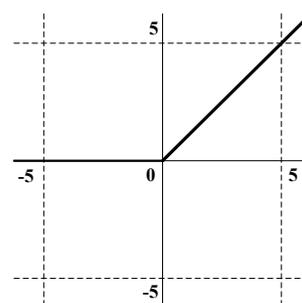


Рис. 3. Функция линейной ректификации

Пулинговый слой уменьшает размерность карт предыдущего слоя, что приводит к ускорению вычислений. При этом происходит извлечение доминирующих признаков. Применяют один из двух видов пулинга: максимальный и средний. Максимальный пулинг выбирает максимальное значение из блока карты, размеры которого соответствуют ядру пулингового слоя. Средний пулинг возвращает среднее значение.

Слои классификации — это слои обычного многослойного персептрона, они моделируют сложную нелинейную функцию, оптимизируя которую улучшают качество распознавания. Полносвязные слои являются важной составляющей СНС, в которую передается результат свертки и объединения, и определяется окончательное решение по классификации.

Обучение СНС проводится по методу обратного распространения ошибки. Оно подобно обучению многослойного персептрона.

Применение СНС для задачи определения состояния линии в переходном режиме рассматривалось на 14-узловой тестовой схеме «IEEE 14 Bus Test Case» (рис. 4). УСВИ были размещены в узлах 2, 4, 5, 6, 9, 11 и 13. Такое размещение УСВИ получено решением задачи нахождения минимума количества устройств, обеспечивающих топологическую наблюдаемость энергосистемы [11].

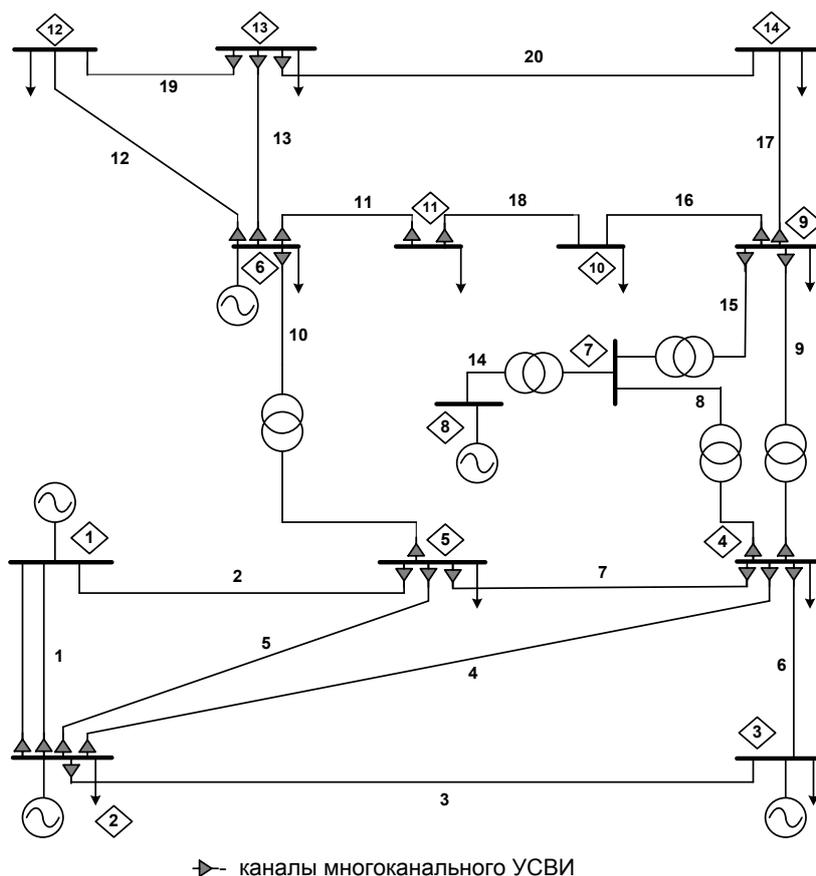


Рис. 4. 14-узловая тестовая схема «IEEE 14 Bus Test Case»

База данных для обучения и тестирования СНС была получена с использованием программно-вычислительного комплекса (ПВК) «RastrWin 3"» (v 1.80.0.1485), в состав которого входит программный модуль «RUSTab»,

предназначенный для расчета электромеханических переходных процессов. Были рассчитаны 500 режимов путем изменения нагрузки во всех нагрузочных узлах в диапазоне от 70 до 150 % от базового уровня и добавления к полученным значениям случайной величины, составляющей от 0 до 20 % базовой нагрузки в узле. Для каждого режима проведены расчеты переходных процессов, связанных с отключением одной из линий и включением ее через три секунды устройством АПВ. С учетом того, что отключения трансформаторов не рассматривались, для каждого из 500 режимов были рассчитаны 15 аварийных ситуаций (с учетом трансформаторов всего 20 связей). Результаты расчетов 200 режимов из 500 использованы для обучения сверточной нейронной сети, а 300 — для тестирования.

По представленной на рис. 4 расстановке устройств УСВИ получаем семь векторных измерений напряжений и 27 векторных измерений токов, но используем из них только семь измерений фаз напряжения и только 20 измерений модулей токов, поскольку для семи линий имеем измерения на обоих концах, и одно из которых нет необходимости рассматривать.

Для рассматриваемой задачи определения состояния линии в переходном режиме были проведены расчеты с входными данными, в качестве которых использовались изменения фаз напряжения в узлах и модулей токов в линиях через 0,1 с. Значения измерений, полученные расчетами на ПК «RastrWin3», использовались с добавлением случайным образом шума: изменение фазы напряжения на $\pm 0,5^\circ$ и модуля тока на $\pm 0,5\%$.

На вход СНС подавались изменения измерений — разница между значениями в «текущее» время и значениями в «предшествующее» время. В выходном слое СНС для каждой рассматриваемой линии значение 0 соответствовало тому, что линия находится в работе, а значение 1 — линия отключена. Проводились расчеты для разного количества временных интервалов от 1 до 20. Таким образом, количество входных параметров СНС варьировалось от 27 до 540 (27×20) и на вход СНС подавались трехмерные матрицы $n \times 27 \times 1$, где $n = 1, \dots, 20$.

Расчеты проводились по программе, разработанной на языке Julia (версия 1.4) с применением пакета Flux (библиотеки машинного обучения, включающей и функции для создания моделей СНС).

Во всех расчетах для сверточных слоев использовали функцию активации ReLU. Классификация выполнялась с использованием логистической регрессии softmax. Для обновления весов при обучении СНС для всех протестированных вариантов применялась функция потерь — перекрестная энтропия, а в качестве функции оптимизации — Adam [23] (алгоритм градиентной оптимизации стохастических целевых функций первого порядка).

Для каждого количества временных интервалов требовалась своя архитектура СНС. Количество образцов для обучения и тестирования при этом не менялось (6000 — для обучения и 9000 — для тестирования). Была получена точность определения изменения топологии сети, вызванного изменением состояния линии, равной почти 100 % (табл. 1).

Далее в табл. 2 и 3 приведены архитектуры СНС для расчетов с данными одного и одиннадцати временных срезов.

Таблица 1. Точность результата определения состояния линии (отключена/включена) с помощью СНС

Количество временных срезов	Размерность входных параметров	Точность результата, %	Количество временных срезов	Размерность входных параметров	Точность результата, %
1	1×27×1	100	11	11×27×1	100
2	2×27×1	99,92	12	12×27×1	99,99
3	3×27×1	99,66	13	13×27×1	99,49
4	4×27×1	100	14	14×27×1	99,91
5	5×27×1	99,98	15	15×27×1	99,96
6	6×27×1	100	16	16×27×1	99,94
7	7×27×1	99,97	17	17×27×1	99,07
8	8×27×1	99,99	18	18×27×1	99,72
9	9×27×1	100	19	19×27×1	99,26
10	10×27×1	99,99	20	20×27×1	99,77

Таблица 2. Структурные параметры СНС для матрицы входных данных 1×27×1

Слои	Действие	Размерность входа	Ядро	Размерность выхода
Первый слой выделения признаков	Свертка	1×27×1	1×2	1×26×6
	Пулинг	1×26×6	1×2	1×13×6
Второй слой выделения признаков	Свертка	1×13×6	1×2	1×12×8
	Пулинг	1×12×8	1×2	1×6×8
Слой классификации	Полносвязный слой	48	—	16

Таблица 3. Структурные параметры СНС для матрицы входных параметров 11×27×1

Слои	Действие	Размерность входа	Ядро	Размерность выхода
Первый слой выделения признаков	Свертка	11×27×1	2×2	10×26×36
	Пулинг	10×26×36	2×2	5×13×36
Второй слой выделения признаков	Свертка	5×13×36	2×2	4×12×14
	Пулинг	4×12×14	2×2	2×6×14
Слой классификации	Полносвязный слой	168	—	16

Количество слоев выделения признаков одинаково для обеих архитектур, но увеличение количества строк матрицы входных данных во втором случае позволило увеличить размерность ядра и для свертки, и для пулинга. Оба случая дают 100 %-ю точность.

Выводы. Предложено решение определения изменения состояния линии в переходном режиме с помощью классификатора сверточных нейронных сетей, используя векторные измерения напряжения и тока в реальном времени. Подчеркивается важная роль совместного использования УСВИ и СНС при решении данной задачи. Возможность УСВИ записывать быстрые переходные процессы с высокой точностью в то же время предоставляет большой объем данных, которые можно обработать пока только с помощью новейших алгоритмов машинного обучения и, в частности, сверточных нейронных сетей.

Получена высокая точность (вплоть до 100 %) определения состояния линии, независимо от зашумления данных. Изменение топологии сети определяется в самом начале переходного процесса практически мгновенно, что позволит оператору несколько раз в течение первых секунд идентифицировать состояние линии, чтобы убедиться в правильности принимаемых решений.

Дальнейшие направления исследований включают определение топологии сети, когда одновременно происходят изменения состояний двух или более линий.

Библиографический список

1. Cardoso, P. E. A. Deep learning applied to PMU data in power systems: Ph. D. thesis / P. E. A. Cardoso // Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto. — 2017. — 105 p. — URL: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/106289/2/204483.pdf>.
2. Паттерсон, Дж. Глубокое обучение с точки зрения практика : пер. с англ. / Дж. Паттерсон, А. Гибсон. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 418 с.
3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. — 2-е изд., испр. — Москва : ООО «И. Д. Вильямс», 2006. — 1104 с.
4. Созыкин, А. В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей / А. В. Созыкин // Вестник ЮУрГУ. Сер.: Вычислительная математика и информатика. — 2017. — Т. 6, № 3. — С. 28—59.
5. Shi, H. Deep learning for household load forecasting-A novel pooling deep RNN / H. Shi, M. H. Xu, R. Li // IEEE Trans. Smart Grid. — 2017. — Vol. 9, no. 5. — P. 5271—5280.
6. Wang, H. Z. Deep learning-based interval state estimation of AC smart grids against sparse cyber attacks / H. Z. Wang, J.Q. Ruan, G. Wang, et al // IEEE Trans. Ind. Inf. — 2018. — Vol. 14, no. 11. — P. 4766—4778.
7. Li, W. T. Real-time faulted line localization and PMU placement in power systems through convolutional neural networks / W. T. Li, D. Deka, M. Chertkov, M. Wang // IEEE Transactions on Power Systems. — 2019. — Vol. 34, No. 6. — P. 4640—4651.
8. Muhammad, A. Deep learning application in power system with a case study on solar irradiation forecasting / A. Muhammad, J. M. Lee, S. W. Hong, S. J. Lee and E. H. Lee // in Proc. Int. Conf. Artif. Intell. Inf. Commun (ICAIIIC). — 2019. — Feb. — P. 275—279.
9. Zhang, D. Review on the research and practice of deep learning and reinforcement learning in smart grids / D. Zhang, H. Xiaoqing and D. Chunyu // Review on the research and practice of deep learning and reinforcement learning in smart grids // CSEE Journal of Power and Energy System. — 2018. — Vol. 4, no. 3. — P. 362—370.
10. U.S. Canada Power System Outage Task Force: Final Report on the Implementation of the Task Force Recommendations. — URL: <http://energy.gov/oe/downloads/blackout-2003-blackout-final-implementation-report>.
11. Хохлов, М. В. Унифицированный подход к оптимизации размещения PMU в сети для обеспечения надежности наблюдаемости ЭЭС / М. В. Хохлов, И. И. Голуб // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики : Вып. 65. Надежность либерализованных систем энергетики / отв. ред. Н. И. Воропай, А. Н. Назарычев. — Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2015. — С. 591—601.

В статье приведен анализ процесса раскряжевки древесного сырья на сортименты с позиции минимизации числа откомлевок при скандинавской сортиментной заготовке круглых лесоматериалов на основе расшифровки массивов данных из stm-файлов многооперационных лесных машин. Приведена дифференциация по породам и процентному содержанию откомлевок по каждой породе. На основании полученных результатов даны рекомендации по повышению эффективности лесозаготовительного процесса и повышения выхода готовой продукции путем повышения общей эффективности процесса раскряжевки круглых лесоматериалов.

Ключевые слова: сортимент, раскряжевка, откомлевка, валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина, харвестерная головка, stm-файл (файл ствола), порода древесины, производительность

К. Д. Жук,

аспирант;

(СПбГЛТУ имени С. М. Кирова)

Ф. В. Свойкин,

кандидат технических наук;

(Сыктывкарский лесной институт)

С. А. Угрюмов,

доктор технических наук, профессор;

(СПбГЛТУ имени С. М. Кирова)

В. Ф. Свойкин,

кандидат технических наук, доцент;

(Сыктывкарский лесной институт)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСКРЯЖЕВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ПРИ ЗАГОТОВКЕ МНОГООПЕРАЦИОННЫМИ ЛЕСНЫМИ МАШИНАМИ

В условиях динамично и труднопрогнозируемого изменяющегося спроса на круглые лесоматериалы ввиду ограничительных мер из-за новой коронавирусной инфекции, рациональное использование арендной базы предприятия и, как следствие, повышение выхода лесоматериалов в круглом виде с единицы площади, на данный момент, является актуальной темой. В среднем до 40 % биомассы дерева, и до 30 % древесины, которая в процессе протяжки проходит обработку харвестерной головкой валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины, остается у места валки на месте раскряжевки хлыста на сортименты и в дальнейшем остается на лесосеке, не используется (то есть все осуществленные откомлевки остаются непосредственно на пасеке либо на волоке у места снятия дерева с пня) [1, 2]. Откомлевки могут иметь длину до 1 м, их количество в пределах одной лесосеки может быть значительно, что обуславливает необходимость повышения эффективности раскряжевки ствола дерева. Эффективность раскряжевки будет во многом зависеть от квалификации и мотивации операторов ВСРМ [3]. Контроль за качеством работы операторов может осуществляться дистанционно лицом принимающим решение (ЛПР) на основе анализа

файлов, которые сформируются в процессе работы бортовой системой ВСРМ [4]. Размерно-качественные параметры ствола дерева и показатели работы ВСРМ сохраняются в файлах с разным расширением. Для анализа работы операторов ВСРМ предлагается использовать stm-файлы, в которых хранится информация по длинам, диаметрам, породам, качеству сортиментов, а также дополнительные данные учета работы ВСРМ.

В качестве возможной оценки эффективности работы операторов ВСРМ может служить критерий наименьшего числа откомлевок древесины разных пород при работе на одном тракторе. Это подразумевает анализ работы операторов отдельно взятого ВСРМ с разными породами древесины для определения предпочтительной породы с позиции наименьшего количества откомлевок из обработанных пород древесины. Для данного анализа за откомлевку принимается сортимент, который имеет длину меньше 1 м. Для обработки информации следует расшифровать stm-файл, в котором записаны данные о всех обработанных стволах деревьев разными операторами. Для корректного считывания информации из данного файла, необходимо использовать переменные, которые имеют следующие коды, в соответствии со стандартом StanForD2010:

- 110 1(2) 1 — указывает на породу обработанного ствола;
- 120 1 Ель Сосна — содержит наименование всех указанных пород;
- 120 3 1 2 — указывает на число, которое соответствует породе древесины из переменной 120 1.

На рис. 1 приведен фрагмент stm-файла, который содержит информацию по всем обработанным стволам.

```

~297 1 1 1~298 1 1 1~845 1 10~846 1 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550~847 1 99 96 96 93 89 86 85 83
20200608202350_33166_84502~299 1 251 89~299 2 251 89~299 3 278 99~300 1 0 6~306 1
84502
84503~306 2 0 0~361 1 1~361 2 1~361 3 0~361 4 1~361 5 200~361 6 1~540 1 1~541 1
Kuitu~541 2
2~542 1 74~543 1 594~544 1 278 99~110 2 1~270 1 33167~270 2 0~270 3 33167~38 1
Дмитрий Иванов~38 4 0~38 5 0~303 2 200~269 2 10~271 2 0~272 2 1198~277 2 0~273 3 160 2 2 2 2 2 2 3 3 2
Q1~281 1 138~290 1 4~291 5 123 94 84 69~292 5 117 89 80 66~293 5 413 400 192 193~294 1 2 3 6 4~294 2 110
пил. мел.
бал.
обрезки
обрезки~296 3
102
104
106
106~296 4 2 2 2 2~832 2

```

Рис. 1. Фрагмент кода из stm-файла

Для начала обработки данных сформируем круговую диаграмму, отображающую долю, которую занимает конкретная порода. После этого составим сравнительную таблицу, содержащую данные в процентном эквиваленте о занимаемом количестве откомлевок от общего числа сортиментов по данной породе.

На рис. 2 приведена круговая диаграмма с распределением пород древесины для файлов ствола.

Из рис. 2 следует, что 48,8 % полученных сортиментов относятся к породе: сосна, береза — 28 %, ель — 23,2 %. Используя файлы ствола, сформируем таблицу, в которой приведены данные по количеству сортиментов, откомлевок, и процент откомлевок для каждой из рассматриваемых пород.

Из таблицы следует, что наибольшее число откомлёвок осуществляется при работе с породой древесины: ель (13 шт. при количестве сортиментов 95 шт.), что в процентном соотношении составляет 13,68 %. На породу сосна приходится 11 шт. откомлевок при количестве сортиментов 135 шт., или 8,15 %. Наименьшее количество и процент (7,32 %) приходятся на породу древесины береза: 6 шт. при количестве сортиментов 82 шт.

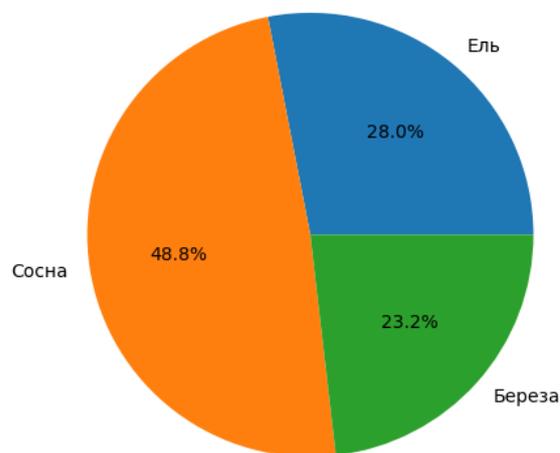


Рис. 2. Процентное соотношение пород для сортиментов

Результат обработки stm-файла

Порода	Всего по породе, шт.	Сортименты, шт.	Откомлёвки, шт.	Процент, %
Ель	108	95	13	13,68
Сосна	146	135	11	8,15
Береза	88	82	6	7,32
Итого	342	312	30	9,62

Самый высокий процент откомлевок был получен при работе операторами с породой древесины — ель (около 14 %). Для пород: сосна и береза процент откомлевок достаточно велик (около 7—8 %). Таким образом анализ файлов ствола показал наличие около 10 % откомлевок от общего количества полученной ВСРМ ликвидной древесины.

Библиографический список

1. Герц, Э. Ф. Оценка технологии лесопользования на лесосечных работах : монография / Герц, Э. Ф. ; Урал. гос. лесотехн. акад. — Екатеринбург, 2003. — 120 с.
2. Мехренцев, А. В. Сортиментная заготовка древесины / Мехренцев А. В., Азаренок В. А., Герц Э. Ф., Залесов С. В. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 140 с.
3. Интенсивное лесное хозяйство : учеб. пособие / В. С. Сютёв, А. И. Соколов, С. А. Кильпелайнен, В. М. Лукашевич [и др.]. — Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2014. 173 с.
4. Совершенствование информационного обеспечения как фактор устойчивого развития лесного сектора / А. В. Мехренцев, Ю. Н. Ростовская, Е. Н. Стариков, Ю. А. Капустина // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы III Междунар. науч.-техн. конф. / под ред. В. М. Гедьо. — 2018. — С. 281—284.

Приведена информация о примененных в настоящее время вариантах общих компоновок грузовых и лесотранспортных автомобилей. На проектируемом специализированном лесотранспортном автомобиле представлен бескапотный вариант общей компоновки с колёсной формулой 8×8.

Ключевые слова: лесотранспортный автомобиль, общая компоновка, колёсная формула 8×8, полный привод

А. Ф. Кульминский,
кандидат технических наук, доцент
К. В. Картошкин, Г. А. Росторгуев, В. Г. Зиятдинов,
4 курс, направление подготовки «ЭТТМиК»
(Сыктывкарский лесной институт)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЩЕЙ КОМПОНОВКИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО АВТОМОБИЛЯ

В последние годы, значительные объёмы древесины перевозятся автотранспортом. Доля транспортировки лесоматериалов железнодорожным и водным транспортом медленно снижается в силу ряда объективных и субъективных причин. В настоящее время на автоперевозках лесоматериалов используются лесотранспортные автомобили различных модификаций отечественного и зарубежного производства.

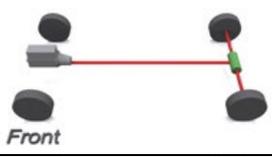
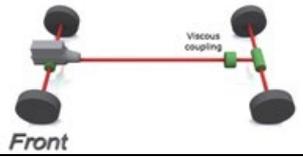
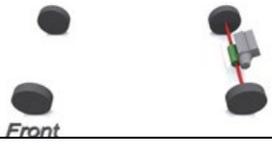
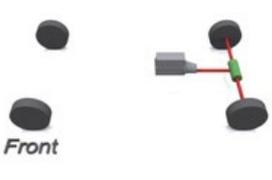
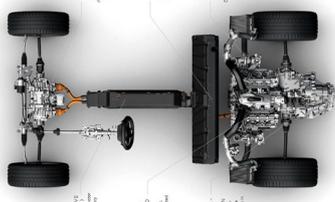
Общая компоновка является взаимным расположением агрегатов автомобиля. Она позволяет сложить представление о размещении частей транспортного средства между собой в единой системе. Компоновка приводит к соблюдению полной взаимозаменяемости при установке агрегатов и организует их одновременную работу. Данная схема руководствуется условиями эксплуатации и содержит решение о конечном результате.

Проектирование автотранспортного средства предусматривает разработку нового изделия и включает анализ и определение общей компоновки в зависимости от длины перевозимых сортиментов, несущей системы, подбор двигателя, типа трансмиссии, колёсной формулы, рулевого управления, подвески, ходовой и тормозной системы и решения ряда других сложных технических задач, а также экономический расчёт его производства и обоснование рентабельности транспортировки. При её создании следует обратить внимание на назначение элементов автомобиля и их количество. В ней должно быть предусмотрено их рациональное размещение, обеспечивающее наиболее эффективное выполнение своей задачи. Компоновочная схема автомобиля зависит от расположения силового агрегата и ведущего моста. Наиболее распространённые их сочетания представлены в таблице.

Первая схема представляет передачу крутящего момента при расположении двигателя перед ведущим мостом на заднюю ось. Такая компоновка называемая классической, и обеспечивает хорошую доступность к тепловому агрегату для его обслуживания и ремонта, проста и не требует значительных

средств. К недостаткам этой схемы относятся большая габаритная длина транспортного средства, ограниченное пространство для размещения других частей автомобиля из-за наличия туннеля в полу салона для размещения карданного вала, а также низкая манёвренность, выраженная в недостаточной управляемости и малой устойчивости на дороге. Такую компоновку применяют в легковых автомобилях среднего, большого и высшего классов.

Схемы компоновок автомобилей по размещению силовой установки

Привод / Двигатель	Задний	Передний	Полный
Спереди	 Front	 Front	 Front
Сзади	 Front		
По центру	 Front		

Вторая схема показывает переход крутящего момента при общем расположении двигателя и ведущего моста на переднюю ось. Её применяют в автомобилях особо малого, малого и среднего классов. Здесь двигатель, сцепление и коробка передач выполнены в едином картере. Такая схема обеспечивает более высокие характеристики по манёвренности, минимальную длину автомобиля, уменьшение массы и, в сравнении с первой, за счёт отсутствия агрегатов во второй половине автомобиля, свободное внутреннее пространство. К особенностям можно отнести избыточную управляемость, высокую трудоёмкость и себестоимость.

Третью схему, объединяющую первые две, отображает распределение крутящего момента при расположении двигателя перед ведущими мостами по обеим сторонам. Она используется в грузовых автомобилях или автомобилях высокой проходимости. Преимуществами полноприводного транспортного средства являются хорошее сцепление с дорогой, самая высокая управляемость и распределение веса, недостатками — сложная и дорогая в производстве трансмиссия, ограниченное внутреннее пространство, дополнительный вес и повышенный расход топлива.

Остальные схемы ниже имеют схожие параметры и отличаются только распределением веса. Так компоновка, с расположенным по центру двигателем, превосходит другие по данному показателю. Самой производительной среди них является её сочетание с полным приводом.

Компоновочные схемы грузовых автомобилей общего назначения определяются взаимным расположением двигателя и кабины. Наибольшее распро-

странение получили три основные схемы: кабина за двигателем (а), над двигателем (б) и перед ним (в), которые представлены на рис. 1.

Первая схема, капотная (а), обеспечивает хороший доступ к двигателю, простота конструкции сцепления и коробки передач, расположение водителя и пассажиров в зоне, пониженной виброн нагруженности. Однако при этом увеличиваются база и габаритная длина автомобиля и ухудшается передняя обзорность.

Вторая схема, бескапотная (б), позволяет удлинить грузовую платформу, обеспечить загрузку мостов автомобиля до максимально допустимых значений, улучшить переднюю обзорность. Недостатком является необходимость опрокидывания кабины для обеспечения доступа к двигателю.

Третья схема, бескапотная, (в) применяется при компоновке полноприводных многоосных автомобилей. Она позволяет равномерно распределить осевые нагрузки на дорогу и обеспечивает хорошую обзорность. Однако при такой схеме у автомобиля меньше длина грузовой платформы и затруднен доступ к двигателю и коробке передач.

Существует возможность использовать подвижной состав из нескольких транспортных средств. Они называются автопоездами и выполняются в следующих комплектациях: автомобиль + прицеп (а) или седельный тягач + полуприцеп (б) на рис. 2. Для транспортирования сортиментов в данном составе используются трехмостовые специализированные грузовые автомобили, а для передвижного состава — серийно выпускаемые неактивные прицепы и полуприцепы.

На таких автопоездах перевозятся три пачки сортиментов длиной 4 м или две пачки длиной 6 м. Если в республике Коми сортименты хвойных пород длиной 4 м составляют до 90 % всего объема перевозимых лесоматериалов, то в других регионах страны преобладает сортимент длиной 6 м.

У таких автопоездов в условиях низкого качества лесовозных и бездорожья наблюдается проблемы с проходимостью и маневренностью, особенно при движении задним ходом. Из-за этих причин не нашли применения в лесном комплексе республики Коми финские автопоезда фирмы «Sisu» выполненные

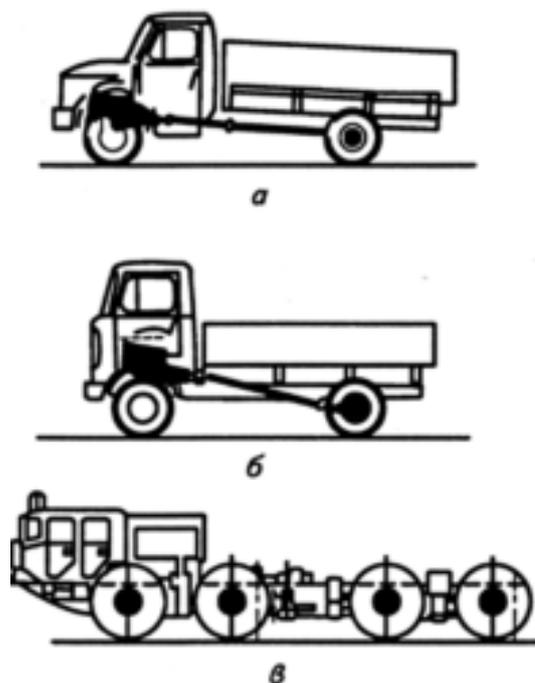


Рис. 1. Схемы компоновок грузовых автомобилей

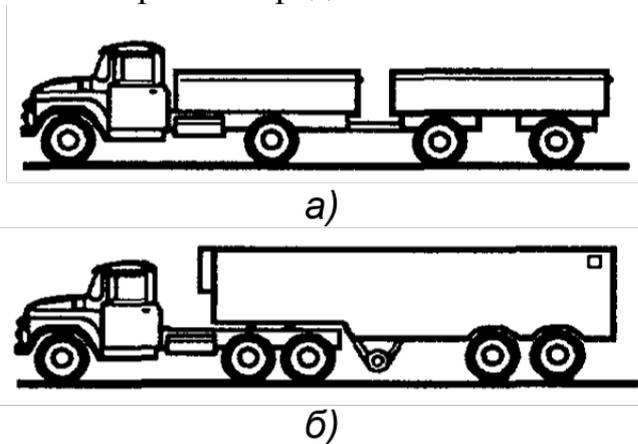


Рис. 2. Компоновки подвижных составов

по комплектации автомобиль + прицеп, а в настоящее время выводятся из эксплуатации немецкие автопоезда фирмы «Mercedes» изготовленные по комплектации седельный тягач + полуприцеп.

При проектировании грузовых автомобилей наблюдается тенденция использования четвертого моста с целью повышения эффективности грузоперевозки путём снижения нагрузок на дороги общего пользования и увеличения их ресурса. Выпускаемые четырёхмостовые автомобили от других транспортных средств отличаются размещением осей относительно базы, наличием и системой привода ведущих мостов, разнообразием рулевого управления и другими конструктивными особенностями. Пока не существует четырёхмостовых специализированных лесотранспортных АТС и для перевозки сортиментов используются грузовые автомобили.

В основе проектируемого лесотранспортного автомобиля принято решение использовать колёсную формулу 8×8, которая предполагает установку ведущих колёс на всех четырёх мостах, а также спроектировать их управляемыми на двух передних осях. Это позволит увеличить проходимость в условиях низкого качества лесовозных дорог, а также повысит манёвренность в ограниченном пространстве лесосеки. Нагрузка на каждую ось будет прикладываться до 10 т, грузоподъёмность станет равна около 25 т, а полная масса — не более 40 т. Данные характеристики необходимы для прохождения весового контроля и сохранению дорожного полотна. Габариты сортиментовоза не превысят допустимых значений 9880×2500×3210 (по действительному чертежу 13870×2500×3150). Необходимо применить бескапотную компоновку. Такая конструкция обеспечит свободный доступ к силовому агрегату. Автомобиль сможет преодолевать подъём под углом в 30° и разгоняться до скорости не менее 85 км/ч. Общий вид компоновки представлен на рис. 3.

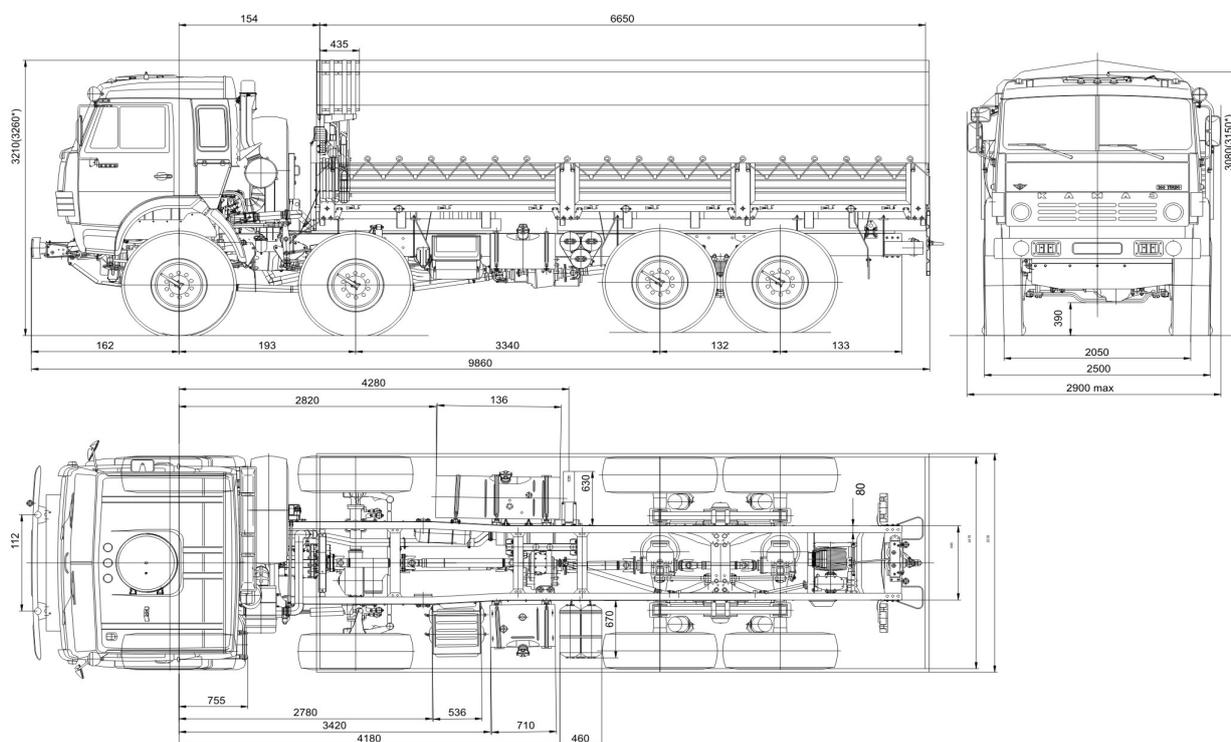


Рис. 3. Общий вид компоновки лесотранспортного автомобиля

Стоит отметить, что отсутствие теории, опыта проектирования необходимого объема испытаний и эксплуатации четырёхместовых АТС предопределяет большое разнообразие конструктивных решений и компоновок. Если говорить о потребителях данной продукции, то их количество будет достаточно большим, начиная от крупных компаний таких как «Mondi», «Лузалес», «Илим» и другие лесные предприятия. Основные трудности данного проекта будут заключаться в точности подбора необходимых агрегатов автомобиля, расчётов при проектировании, а также в правильные компоновки их всех. Также нужно учитывать современные экономические показатели для водителя — как в технических характеристиках, так и обустройстве салона кабины для комфортной продолжительной работы при выполнении рейса.

Библиографический список

1. Высоцкий Л.С., грузовые автомобили: проектирование и основы конструирования / М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес, С. Т. Херсонский. — Москва : Машиностроение, 1995. — 256 с.
2. Вахламов, В. К. Автомобили: основы конструкции : учебник для студ. вузов / В. К. Вахламов. — Москва : Академия, 2008. — 525 с.
3. Осепчугов, В. В. Автомобиль: анализ конструкции и элементы расчета / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. — Москва : Машиностроение, 1989. — 347 с.

В работе представлены возможности количественной оценки состояния поврежденных пожарами лесов на основе вегетационных индексов, определяемых по спутниковым измерениям отраженного излучения в видимом диапазоне, а также ближнем и среднем инфракрасных диапазонах длин волн. Используются как одномоментные спутниковые изображения, полученные после пожара, так и разновременные данные, дополнительно отражающие состояния лесов до воздействия огня. Материалы полевых наблюдений о повреждениях лесов были получены из журнала регистрации лесных пожаров в Чернамском лесничестве.

Ключевые слова: горимость лесов, дистанционное зондирование Земли, многоспектральные спутниковые изображения, вегетационные индексы, состояние насаждений

А. В. Манов,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт)

АНАЛИЗ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНАМСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА (Республика Коми)

Лесные пожары являются мощным экологическим фактором, действующим на лесные насаждения, приводя их к ослаблению, а в ряде случаев к гибели. Сгорание лесных горючих материалов ведет к загрязнению воздушного бассейна, снижению защитных функций лесов, уничтожению фауны, нарушению планового ведения лесного хозяйства. Для оценки экономических и экологических последствий от пожаров необходимы точные сведения о площадях и состоянии постпирогенных насаждений. Для труднодоступных лесных массивов и больших площадей, затронутых пожарами эти сведения весьма сложно получить наземными методами. Следственно необходимо применять альтернативные методы оценки, используя данные дистанционного зондирования Земли со спутниковых аппаратов.

Цель работы — проведение сравнительного анализа горимости лесов с использованием данных оптических систем дистанционного зондирования Земли и материалов, полученных по результатам наземных обследований насаждений на примере Чернамского лесничества.

Чернамское лесничество общей площадью 83587 га расположено на юго-западе Республики Коми и относится к Двинско-Вычеготскому таежному району. В состав лесничества входят три участковых лесничества: Усть-Вымское, Часовское и Зареченское. Большую часть (86 %) площади лесов лесничества занимают хвойные леса, представленные главным образом средневозрастными сосновыми насаждениями (64 %). Значительны также площади ельников (36 %). Доля мягколиственных формаций составляет 14 % лесопокрытой площади. Все леса лесничества преимущественно эксплуатационные [1]. Самым крупным резерватом на территории лесничества является комплексный заказник «Белоборский», занимающий площадь 7757 га [2].

Анализ горимости лесов нами проводился по данным книги учета лесных пожаров по Чернамскому лесничеству за 1999—2013 гг. и дешифрирования космических снимков учитывая вегетационные индексы. Исследование основано на использовании данных спутниковых систем Landsat-TM и Landsat 8 (www.glovis.usgs.gov), отражающих характеристики поврежденных огнем лесов и количественных индикаторов состояния лесной растительности по результатам наземных обследований насаждений. Участки леса, пройденные пожарами, характеризуются пониженной спектральной яркостью в ближней инфракрасной зоне (NIR), что объясняется уменьшением содержания хлорофилла в вегетативных органах усыхающих деревьев. Для гарей характерно повышение спектральной яркости в средней инфракрасной зоне (SWIR). Это объясняется уменьшением содержания влаги в хвое (листве). В видимой зоне спектра для гарей характерна более высокая, чем у здоровой растительности, спектральная яркость, что определяется уменьшением содержания хлорофилла, которое внешне проявляется в дефолиации и дехромации листьев при усыхании деревьев [3].

Наиболее эффективно выделение гари по индексу SWVI, поскольку он характеризуется большей устойчивостью [4]. На территориях с неповрежденной растительностью его значения обычно выше 0.5. Поэтому легко выделить все участки, где произошли значительные изменения растительного покрова (гари, свежие вырубki, ветровалы). Участки леса со значениями SWVI, равными 0—0.3, в пределах гари визуальнo дешифрируются как поврежденные пожаром:

$$\text{Индекс SWVI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}),$$

где SWIR — 5-й канал снимка LANDSAT 5-TM.

Дешифрирование гарей проводилось по следующим признакам:

1. При визуализации снимка Landsat в RGB-синтезе каналов 4—5—3 гарь выделяется как зелено-голубая область. Причем на снимке за период до пожаров она отсутствует.

2. Гарь выделяется как участок с положительными значениями индексов NDVI и SWVI в диапазоне от 0 до 0.5.

Использование разностных индексов позволяет избежать включения в площади гарей участков местности, имеющих похожие спектральные характеристики (например, свежие вырубki). В отличие от вырубki, которая чаще всего находится вблизи дорог и у которой ровные границы, гарь визуальнo дешифрируется на космоснимке как участок с неровными контурами, находящийся преимущественно вдали от дорог. Чем ниже значение вегетационного индекса SWVI, тем меньше хлорофилла в растениях и, следовательно, темнее область на снимке.

Степень повреждения растительности оценивали по числовым показателям SWVI, соотносящимся с соответствующими классами повреждения согласно табл. 1.

Обработку и анализ многоспектральных спутниковых изображений, а также расчет числовых значений вегетационного индекса SWVI проводили в коммерческом программном продукте Erdas Imagine, являющемся растровым графическим редактором (рис. 1).

Таблица 1. Перевод SWVI в степень повреждения растительности

Значение SWVI	Класс повреждения
Менее 0.0	4 (отсутствие растительности, открытая почва после пожара)
0.0—0.1	3
0.1—0.2	2
0.2—0.3	1
Более 0.3	0 (неповрежденная растительность или участки восстанавливающейся растительности)

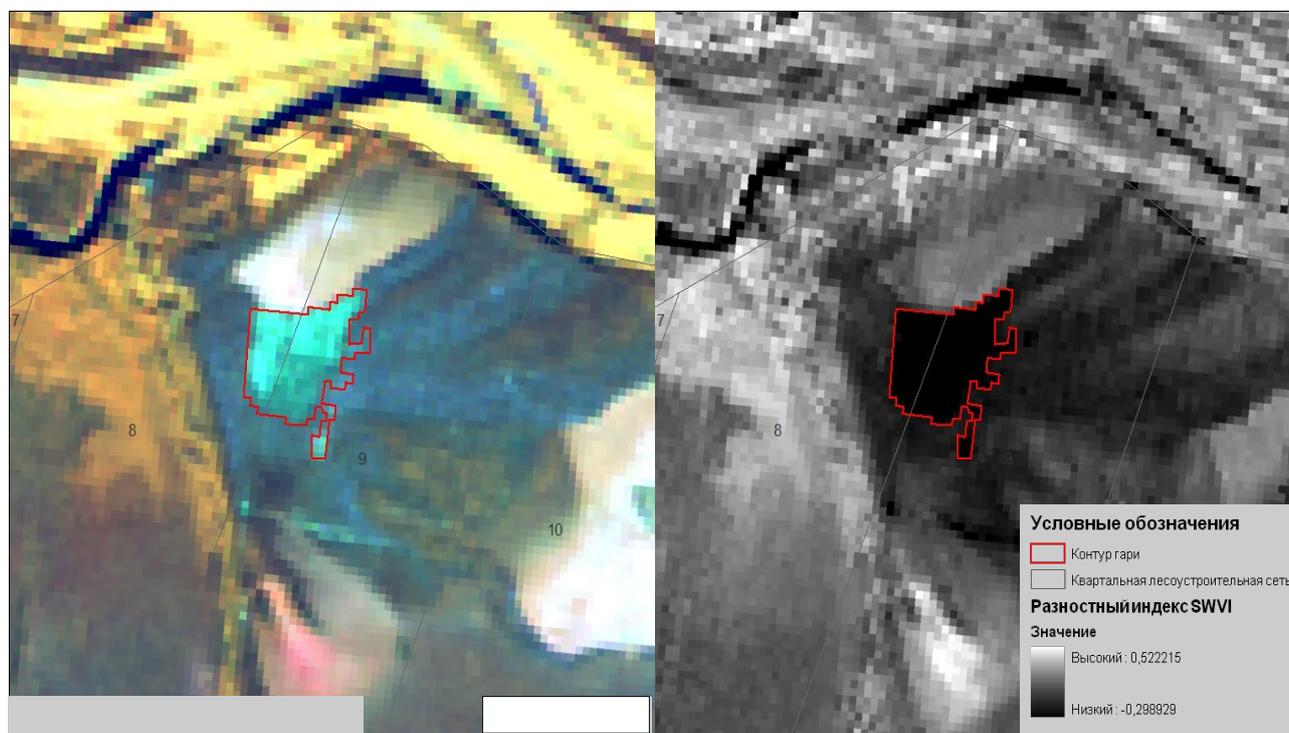


Рис. 1. Пример использования разностного вегетационного индекса SWVI для дешифрирования гарей. Чернамское лесничество, Часовское участковое лесничество, площадь гари 18,2 га

Лесной фонд Чернамского лесничества характеризуется слабой природной пожарной опасностью (средний класс пожарной опасности — 4). По частоте пожаров (в среднем 1017 на 1 млн га) горимость лесов лесничества характеризуется как чрезвычайная, а по пройденной огнем площади (в среднем 1.95 га на 1 тыс. га) как высокая. За анализируемый период в лесничестве случались только низовые пожары, имеющие в основном беглый характер. Наиболее горимый период приходится на самый теплый месяц — июль, включающий до 50 % площадей, пройденных огнем лесов за пожароопасный период.

Размеры оцифрованных нами гарей значительно (примерно в два раза) превышают площади пожаров по данным книги учета (табл. 2). Использование разностного вегетационного индекса SWVI и разновременных снимков в синтезе каналов NIR, SWIR, RED (4—5—3) позволило обнаружить два неучтенных пожара на территории Часовского участкового лесничества общей площадью 34.6 га между периодами 15.08.2010 и 28.07.2013 (рис. 2).

Таблица 2. Сопоставление данных о крупных пожарах, полученных по данным дистанционного зондирования Земли и представленных в книге учета лесных пожаров по Чернамскому лесничеству

Участковое лесничество	№ квартала	Площадь ликвидации пожара, га	Площадь оцифрованной по снимку гари, га	Год пожара	Степень повреждения растительности на 01.08.2014
Зареченское	57, 58	7.1	9.7	2011	3
Часовское	12	8.16	8.9	2003	3
Часовское	8, 9	17.5	18.2	2005	3
Часовское	170, 179	3.5	8.4	2007	3
Часовское	192, 193	5.2	5.5	2010	4
Часовское	198	4.4	1.7	2011	2
Часовское	186	4.7	5.4	2011	3
Часовское	68, 69	Не учтена	9.6	15.08.10— 28.07.13	2
Часовское	85	Не учтена	25.0	15.08.10— 28.07.13	3
Усть-Вымское	83, 105	10.0	16.4	2000	1
Усть-Вымское	62, 94	18.0	21.6	2000	1
Усть-Вымское	163	5.5	5.4	2008	3
ИТОГО		84.06	135.8		

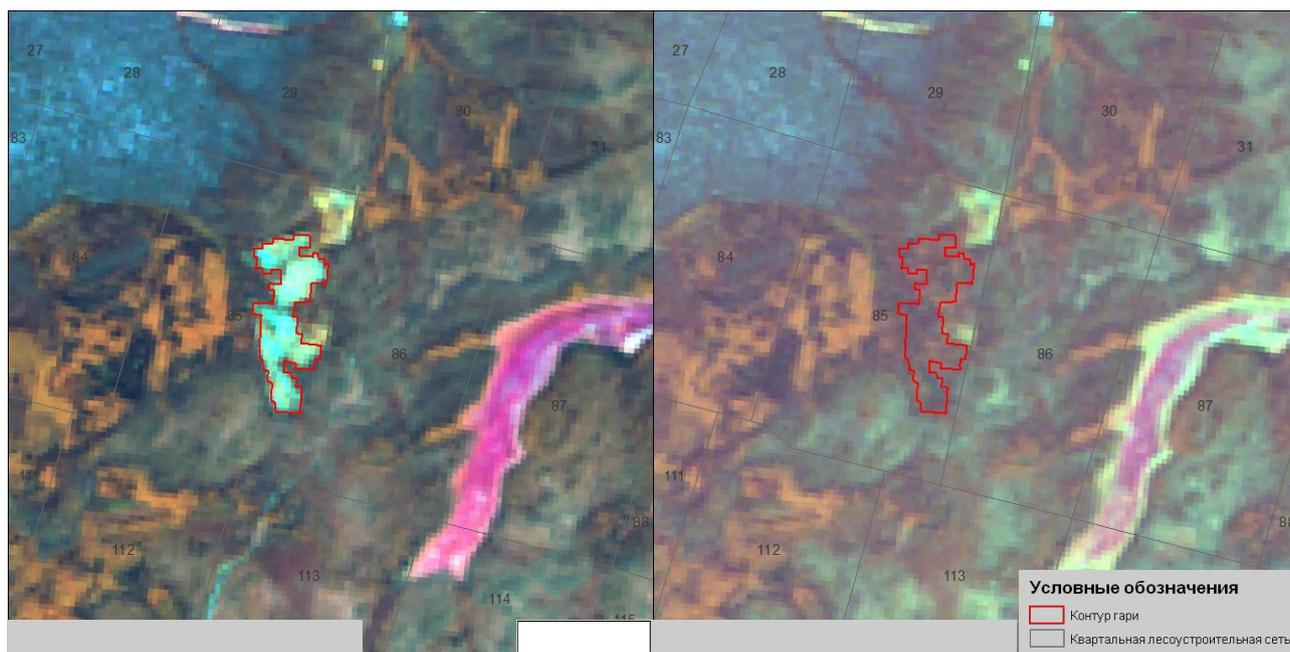


Рис. 2. Пример использования разновременных снимков в синтезе каналов NIR, SWIR, RED, с помощью которых обнаружена неучтенная гарь площадью 25 га в Часовском участковом лесничестве

Степень поврежденности насаждений пожарами за оцениваемый 15-летний период в среднем по всем гарям равен трем. Следовательно, в этот период лесные пожары были довольно интенсивные. При этом низкие значения степени повреждения растительности относятся к старым гарям, где отмечен интенсивный лесовозобновительный процесс (см. табл. 2).

Таким образом, выявленные последствия влияния пожаров на леса по данным дистанционного зондирования Земли демонстрируют большие площади, пройденные огнем, и выше степень нарушения растительного покрова по сравнению с наземными исследованиями.

Библиографический список

1. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / под ред. Г. К. Козубова, А. И. Таскаева. — Москва, 2000. — 512 с.
2. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / под ред. С. В. Дегтевой, В. И. Пономарева. — Сыктывкар, 2014. — 428 с.
3. Барталев, С. А. Исследование возможности оценки состояния поврежденных пожарами лесов по данным многоспектральных спутниковых измерений / С. А. Барталев, В. А. Егоров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2010. — Т. 7. — Вып. 3. — С. 16—21.
4. Стыценко, Ф. В. Разработка и применение методики и автоматизированной технологии оценки пирогенной гибели лесов на основе спутниковых данных : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.34 / Ф. В. Стыценко ; МИИГАиК. — Москва, 2016. — 25 с.

В статье дана оценка вертикальной и горизонтальной структуры полога смешанных по составу, простых и сложных по форме насаждений черничного типа леса с преобладанием ели, произрастающих в Сыктывкарском лесничестве Республики Коми. Приведены оценки тесноты и направленности связей между таксационными характеристиками древостоев и их дешифровочными показателям.

Ключевые слова: Республика Коми, ельник-черничник, полог древостоя, вертикальная и горизонтальная структура, таксационные характеристики, дешифровочные показатели

В. В. Пахучий,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л. М. Пахучая,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

(Сыктывкарский лесной институт)

ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВОСТОЕВ И ДРЕВЕСНОГО ПОЛОГА СМЕШАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ

Исследование морфологии насаждений актуально для лесоводственных и биоэкологических исследований, при изучении структуры насаждений и описании динамических процессов в них в результате естественных процессов или антропогенного и техногенного воздействия. Так, в таежных лесах картирование деревьев, плановое положение крон и вертикальные профили деревьев или схемы их взаимного расположения используются с целью описания мозаичной организации и спонтанной динамики малонарушенных таежных лесов [1, 2], при изучении структуры лесного покрова в связи с лесными пожарами [3], для демонстрации последствий рубок ухода и рубок для заготовки древесины [4], при исследовании взаимосвязей между таксационными и дешифровочными показателями [5] и др. При таксационном описании насаждений указываются их форма (простые или сложные), определяемая ярусностью насаждения, что, по сути, является характеристикой вертикальной структуры древостоев. Все изложенное выше в определенной степени свидетельствует о том, что применительно к лесному покрову понятие «структура» может рассматриваться в достаточно широком смысле. В одних случаях это структура лесных массивов [6], в других — синузидная или парцеллярная структура конкретных насаждений [7]. Под структурой насаждений может рассматриваться описание взаимного размещения деревьев в древостое по площади [7], описание характера группирования под пологом насаждений подроста [8] и т. д. В связи с вышеизложенным столь же разнообразны методы исследования — использование матричного анализа, картирование древостоев и подроста, корреляционный и автокорреляционный анализ с целью оценки взаимного расположения деревьев и подроста [6, 8 и др.].

В данной работе целью исследования было изучение таксационных характеристик древостоев и древесного полога и получение взаимосвязей между этими характеристиками. Данные оценки могут рассматриваться как собствен-

но показатели структуры насаждений и кронового пространства, а полученные уравнения взаимосвязей могут быть использованы при инвентаризации лесов на основе рационального сочетания наземной таксации с камеральным дешифрированием насаждений по аэрофотоснимкам или космическим снимкам высокого разрешения. Учитывая различие регионов России по лесорастительным условиям и, соответственно, характеристикам насаждений, исследования такой направленности актуальны. В настоящее время известны системы уравнений для определения средних диаметров древостоев, относительной полноты, запасов и возраста насаждений для конкретных районов северо-запада европейской территории России, Северного Урала РФ и др. [9]. В то же время для Республики Коми работы, связанные с лесным дешифрированием, ограничены методами, при которых используются таксационные и дешифровочные показатели не отдельных деревьев, а насаждений на пробных площадях или выделах [10, 11].

Исследования выполнялись на учебных и опытных объектах Сыктывкарского лесного института в Сыктывкарском лесничестве Республики Коми (рис. 1).



Рис. 1. Размещение опытных объектов в Сыктывкарском лесничестве

При закладке пробных площадей использовали традиционные лесоводственные и таксационные методы. Заложено три пробные площади квадратной формы по 0,25 га. На каждой из них закладывали таксационно-дешифровочные прямоугольные площади размером (10 × 50) м, площадью — 0,05 га [5, 12]. На таксационно-дешифровочных площадях выполнено картирование положения деревьев. Для каждого дерева определяли диаметр на высоте груди и высоту, диаметр кроны в двух взаимно перпендикулярных направлениях (С — Ю, В — З) и длину кроны. На основе данных о среднем диаметре кроны по формуле круга определяли площадь проекции кроны (A_k , м²).

Плановое положение деревьев и их крон и вертикальный профиль крон на таксационно-дешифровочной площади [5, 12], относящейся к пробной площади 3, показано на рис. 2.

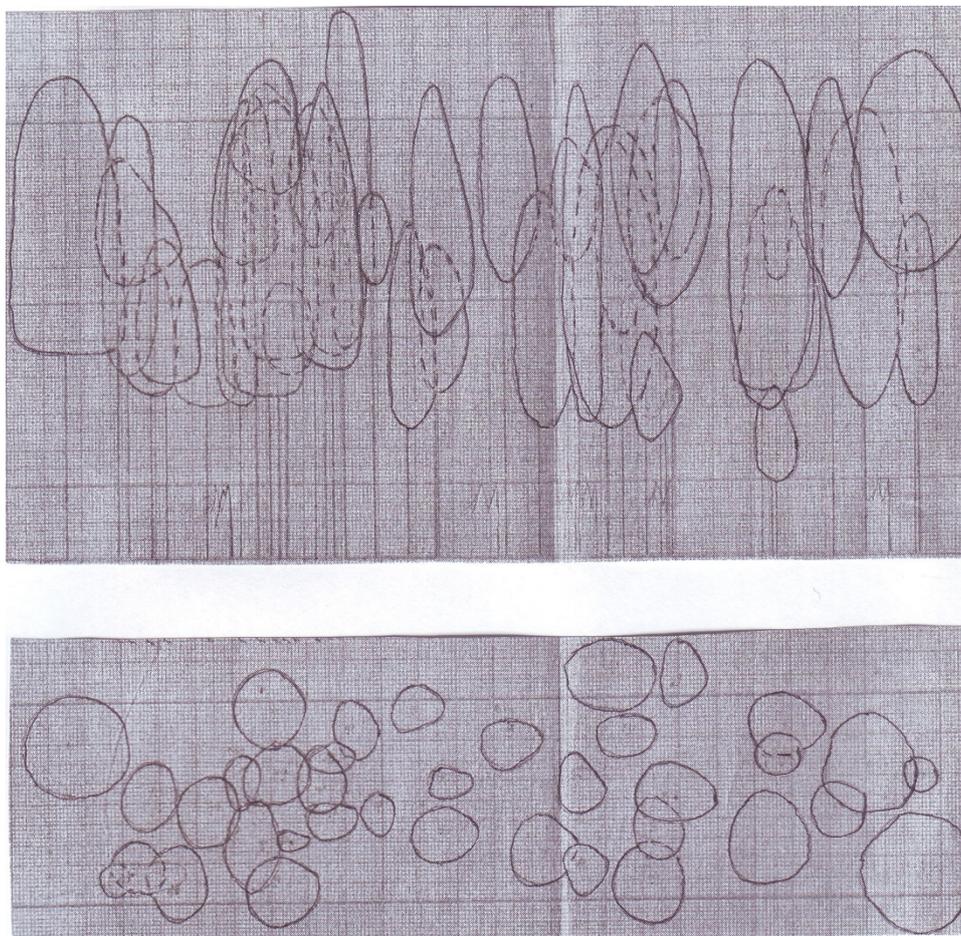


Рис. 2. Вертикальный профиль деревьев и плановое положение их крон на таксационно-дешифровочной площади (пробная площадь 3)

Характеристика насаждений на опытных участках приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика насаждений на опытных участках

№	Порода	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м Н	Номер яруса	Состав яруса	Н яруса, м	$P_{отн}$	Запас, $м^3/га$
1	Е	90	26,3	22,1	I	6ЕЗБ1Ос	21,6	0,85	310
	Пх	85	20,5	16,1	II	10Пх	16,1	0,04	10
	Б	80	22,5	21,1					
	Ос	85	27,3	20,5					
2	Е	90	25,2	20,6	I	4Е1Пх2Б3Ос	21,0	0,86	333
	Пх	80	25,0	19,8					
	Б	80	21,4	19,6					
	Ос	80	27,4	23,0					
3	Е	90	25,0	22,0	I	4Е1Пх2Б3Ос	22,4	0,90	330
	Пх	80	19,9	21,0					
	Б	80	22,4	22,1					
	Ос	75	31,5	23,4					

Примечания.

1) Е — ель, Пх — пихта, Б — береза, Ос — осина; Н яруса — высота яруса; $P_{отн}$ — полнота относительная яруса.

2) На всех пробных площадях преобладающая порода — ель, класс возраста — V, класс бонитета по шкале М. М. Орлова — III, тип леса — ельник-черничник.

Анализ таксационной характеристики насаждений показывает, что на объектах исследования произрастают смешанные по составу, простые и сложные по форме насаждения. При этом второй ярус сформирован теневыносливой пихтой на пробной площади 1. По возрасту преобладающей породы — ели — это приспевающие насаждения (90 лет — V класс возраста).

Производительность насаждений (III класс бонитета) соответствует черничному типу леса. Запас древесины — 320—330 м³/га. Высота преобладающей породы изменяется в узких пределах от 20 до 22 м, диаметры — от 25 до 26 см. Кроме ели в состав ярусов входит пихта, береза и осина.

Анализ планового положения деревьев, проекции крон и вертикального профиля полога (см. рис. 2) в основном согласуется с таксационной характеристикой насаждений (табл. 1).

Визуальное выделение ярусов при аналитической таксации в насаждениях с высокой полнотой, в данном случае более 0,8 (см. табл. 1) затруднительно. Выделение второго яруса на пробной площади 1 является результатом сравнения высоты пихты и высоты преобладающей породы — ели, более чем на 20 %, в данном случае — на 27 %.

Согласно классификации форм крон деревьев [5] на опытных участках преобладают деревья конусовидной, узкопирамидальной, эллипсовидной, яйцевидной и неправильно округлой формы (см. рис. 2). Горизонтальные проекции крон имеют округлую, неправильно округлую, асимметрично округлую и округло-длинновытянутую форму. Схема строения полога насаждений согласно таксационному описанию (см. табл. 1) может характеризоваться как горизонтальная (пробные площади 2, 3) и вертикальная (пробная площадь 1).

В табл. 2 приведены характеристики тесноты и направленности связи между отдельными таксационными показателями деревьев и их крон. Графическое представление связи между диаметрами крон и диаметрами деревьев на высоте 1,3 м для различных пород показано на рис. 3. Анализ данных табл. 4 и рис. 3 показывает, что для всех пород между диаметром кроны и диаметром деревьев установлена достоверная средняя и тесная на 1 % уровне значимости связь.

Таблица 2. Оценки связи между таксационными показателями деревьев

Y	R ²	R	Коэффициенты уравнения $Y = A(Dk)^B$	
			A	B
Ель (N = 59)				
Dd	0,3834	0,62***	8,2371	0,8165
Hd	0,1935	0,44***	9,0059	0,5869
Lk	0,1161	0,34***	4,2770	0,6699
Пихта (N = 23)				
Dd	0,6144	0,78***	2,8243	1,4729
Hd	0,6537	0,81***	3,3211	1,1384
Lk	0,4242	0,65***	1,0757	1,3104
Береза (N = 29)				
Dd	0,3372	0,58***	11,1430	0,4906
Hd	0,0304	0,17	18,1950	0,1201
Lk	0,0893	0,30	4,1676	0,4084

Y	R ²	R	Коэффициенты уравнения $Y = A(Dk)^B$	
			A	B
Осина (N = 21)				
Dd	0,4154	0,64***	12,3250	0,5241
Hd	0,1159	0,34	15,7710	0,1651
Lk	0,0089	0,09	7,0312	0,0918

Примечание. Dk — диаметр кроны деревьев, м; Dd — диаметр дерева на высоте 1,3 м, м; Hd — высота древесной породы, м; Lk — длина кроны дерева, м; *** — (R) достоверен на уровне значимости (α) 1 % [13].

По уравнениям связи (см. табл. 2) и измеренным по снимкам диаметрам крон можно рассчитать диаметр деревьев на высоте 1,3 м и высоту деревьев. Это согласуется с представлением о том, что диаметр кроны является важным дешифровочным признаком для целей инвентаризации леса [5, 9]. Для хвойных пород — ели и пихты — также на 1 % уровне значимости по соответствующим уравнениям связи и измеренным диаметрам крон можно рассчитать высоту деревьев и длину крон. Для мягколиственных пород — осины и березы — связь между диаметром крон этих пород и высотой деревьев, диаметром крон и их длиной недостоверна.

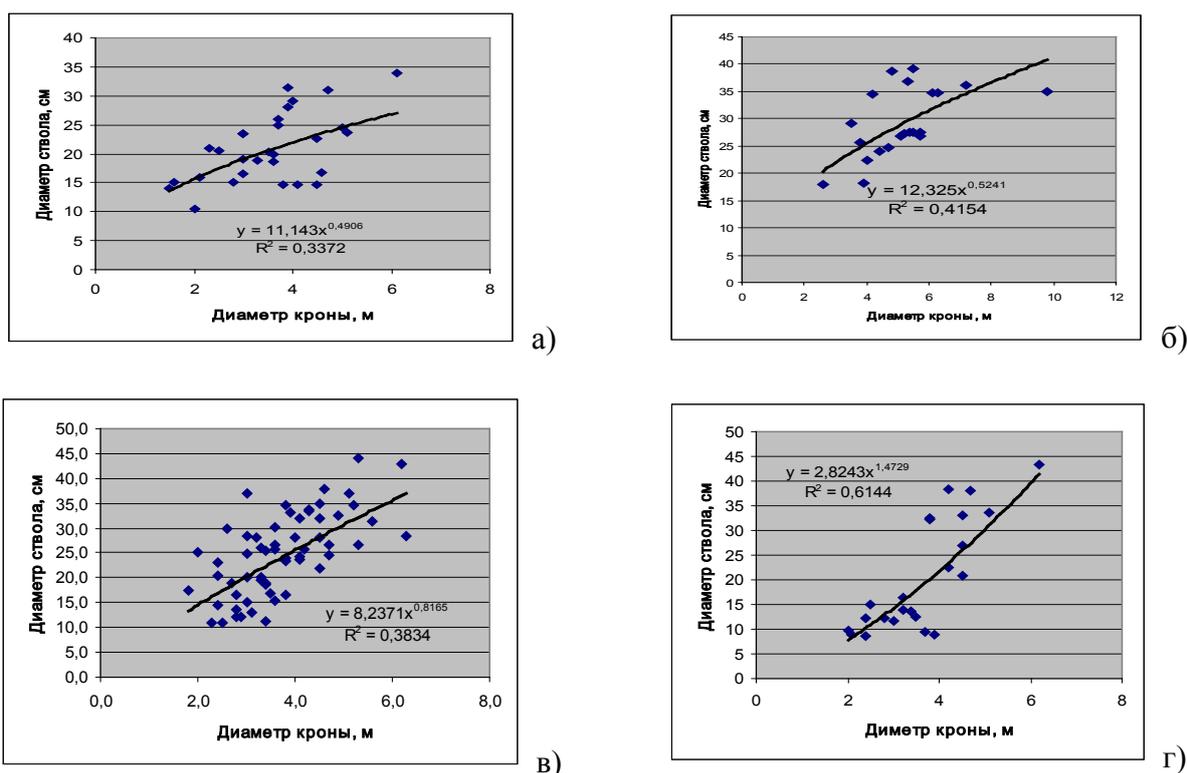


Рис. 3. Графики связи между диаметром кроны и диаметром деревьев на высоте 1,3 м: а) березы, б) осины, в) ели, г) пихты

Для измерения диаметров крон использовали сервис «Google Earth». В связи с отклонением оптической оси сенсора от вертикали измерение диаметров крон выполняли по боковому изображению профиля деревьев. Последнее, при условии соответствующего освещения, позволяло исключить погрешности из-

мерений, связанные с перекрытием крон в случае строго вертикального положения оптической оси сенсора.

Необходимо учитывать, что визуальное дешифрирование пород затруднительно ввиду сходства на снимках, например, еловых и пихтовых, березовых и осиновых насаждений. Так, и у ели, и у пихты кроны обычно конусо- и эллипсоидные с острой или закругленной вершиной, хотя для пихты характерны большая вытянутость и заостренность вершин. На цветных снимках и ель, и пихта изображаются темно- или сине-зеленым и зеленым цветами. Отличительным признаком этих пород на крупномасштабных снимках может быть то, что форма проекций крон у ели звездчатая, а у пихты — округлая [5]. Однако, это достаточно субъективные оценки. Аналогично, береза и осина, часто располагаются, как светолюбивые породы, в верхнем ярусе насаждений. У березы в спелом возрасте кроны имеют яйцевидную, параболоидную или полушаровидную форму. У осины среднего возраста кроны имеют параболоидные или эллипсоидные, в перестойных — чаще с плоским вершинами. У осины в старом возрасте крона такая же как у березы, или несколько больше. На панхроматических снимках тон березы более серый, чем у осины, а признаки дешифрирования практически такие же, как у сосны. На осенних снимках различие достаточно резкое — береза светло-серого тона, а осина — белого. Для осины характерно групповое расположение деревьев, что обусловлено порослевым происхождением. Очертания проекций крон осины неровные, волнистые, а у березы — большей частью правильные, в старом возрасте — ажурные [5]. Так же как и в случае с елью и пихтой можно считать, что данные признаки, скорее, могут быть полезны при дешифрировании насаждений, а не отдельных деревьев. Учитывая изложенное выше, считали возможным говорить о дешифрировании показателей деревьев хвойных или мягколиственных пород без деления на конкретные породы.

Расчет таксационных показателей деревьев по измерениям диаметров кроны выполняли на основе разработанных уравнений связи (см. табл. 2). Измерение диаметров крон деревьев при этом выполняли по скриншотам изображений, представляемым сервисом «Google Earth». Использовали инструмент данного сервиса «Измерение расстояния и площади». Соотношение линейного размера предмета на изображении и его размера по измерениям данным инструментом при максимальном увеличении изображения соответствует 1/75. Оценка точности измерения выполнена путем сравнения известных габаритов объекта с измеренными значениями габаритов. В данном случае сравнивали длину еврофуры, которая составляет 13,6 м и ее измеренную по изображению на снимке длину — 13,5 м. Абсолютная ошибка — (–0,1 м). Относительная ошибка — (–0,74 %).

В табл. 3 приведены максимальные измеренные дистанционно значения диаметров крон хвойных и мягколиственных пород и рассчитанные по ним значения их диаметров на высоте груди. Ввиду слабой тесноты и недостоверности связи между диаметрами крон и высотой мягколиственных пород расчет высоты этих пород не выполнялся.

Таблица 3. Измеренные значения диаметров крон и расчетные значения диаметров и высот «деревьев-рекордсменов»

Порода	Измеренные значения диаметров крон, м	Расчетные значения диаметров деревьев, см	Расчетные значения высоты деревьев, м
Хвойные (ель)	7,31	42,11	29,12
Хвойные (пихта)	7,31	52,51	31,43
Мягколиственные (осина)	11,62	44,14	—
Мягколиственные (береза)	11,62	37,05	—

Таким образом, расчетные значения диаметров пихты, осины, ели и березы могут достигать соответственно 53, 44, 42 и 37 см, а расчетные значения высоты ели и пихты — 29 и 31 м.

Для всех пород, за исключением ели, они превышают величины этих показателей по данным полевых измерений на пробных площадях. Это указывает на возможность использования дистанционного метода при поиске «деревьев — рекордсменов» с целью уточнения потенциальных возможностей роста основных пород в условиях Республики Коми. В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Древесный полог смешанного приспевающего насаждения черничного типа леса характеризуется горизонтальной и вертикальной схемой строения. Ярусы сформированы в основном кронами деревьев конусовидной, узкопирамидальной, эллипсовидной, яйцевидной и неправильной округлой формы, горизонтальные проекции которых имеют округлую, неправильно округлую, асимметрично округлую и округло-длинновытянутую форму.

2. Для ели пихты, осины и березы установлена достоверная на 1 % уровне значимости средняя или тесная связь ($R = 0,58—0,78$) между диаметрами крон и диаметрами деревьев на высоте 1,3 м, а для ели и пихты — достоверная на таком же уровне значимости связь ($R = 0,34—0,81$) между диаметрами крон и высотой деревьев, между диаметрами крон и их длиной. Связи аппроксимированы уравнениями степенной функции.

3. По измеренным диаметрам изображений проекций крон (сервис «Google Earth») и соответствующим уравнениям связи установлено, что диаметры пихты, осины, ели и березы могут достигать соответственно 53, 44, 42 и 37 см, а расчетные значения высоты ели и пихты — 29 и 31 м. Для всех пород, за исключением ели, они превышают величины этих показателей по данным полевых измерений на пробных площадях. Это свидетельствует о возможности использования дистанционного метода при поиске «деревьев — рекордсменов» с целью уточнения потенциальных возможностей роста основных пород в условиях Республики Коми.

Библиографический список

1. Коротков, В. Н. Мозаичная организация и спонтанная динамика квазиклиматических таежных лесов / В. Н. Коротков, А. С. Морозов, А. Ю. Ярошенко // Восточно-европейские леса. История в голоцене и современность : в 2-х кн. / отв. ред. д. б. н. О. В. Смирнова. — Кн. 2. — Москва : Наука, 2004. — С. 330—347.

2. Пахучий, В. В. Оценочные критерии выделения девственных насаждений и лесных массивов / В. В. Пахучий. — Сыктывкар : СЛИ, 2009. — 120 с.
3. Коротков, В. Н. Структура лесного покрова катен в связи с частотой пожарных нарушений (на примере Костомукшского заповедника) / В. Н. Коротков // Восточно-европейские леса. История в голоцене и современность : в 2-х кн. / отв. ред. д. б. н. О. В. Смирнова. — Кн. 2. — Москва : Наука, 2004. — С. 353—357, 359—367.
4. Ярошенко, А. Ю. Способы минимизации негативных воздействий лесозаготовительной деятельности на природное биоразнообразие и естественную динамику лесов / А. Ю. Ярошенко // Восточно-европейские леса. История в голоцене и современность : в 2-х кн. / отв. ред. д. б. н. О. В. Смирнова. — Кн. 2. — Москва : Наука, 2004. — С. 507—514.
5. Дмитриев, И. Д. Лесная аэрофотосъемка и авиация / И. Д. Дмитриев, Е. С. Мураханов, В. И. Сухих. — Москва : Лесн. пром-сть, 1981. — 344 с.
6. Пахучий, В. В. Девственные леса Северного Приуралья / В. В. Пахучий. — Санкт-Петербург : Наука, 1999. — 136 с.
7. Сеннов, С. Н. Лесоведение и лесоводство / С. Н. Сеннов. — Москва : Академия, 2005. — 256 с.
8. Манов, А. В. Горизонтальная структура древостоев и подростов северотаежных коренных ельников чернично-сфагновых в Приуралье / А. В. Манов, И. Н. Кутявин // Лесн. журн. — 2018. — № 6. — С. 78—88.
9. Любимов, А. В. Лесная аэрофотосъемка и авиация / А. В. Любимов, С. В. Вавилов. Ленинград : ЛОЛЛТА, 1987. — 32 с.
10. Пахучий, В. В. Использование спутниковых технологий при исследованиях на объектах гидролесомелиорации в Республике Коми / В. В. Пахучий // Актуальные проблемы лесного комплекса. — 2014. — № 39. — С. 21—24.
11. Пахучий, В. В. Использование лесоустроительных материалов и спутниковых технологий при гидролесомелиоративных исследованиях / В. В. Пахучий, Д. А. Шевелев // Успехи современного естествознания. — 2016. — № 5. — С. 69—73.
12. Площади пробные лесоустроительные. ОСТ 56-69-83 Метод закладки. Приказ (распоряжение) Государственного комитета СССР по лесному хозяйству от 23 мая 1983 г. № 72. Срок введения установлен с 01.01.84 г. — 59 с.
13. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. — Москва : Наука, 1983. — 416 с.

В статье рассмотрены основные аспекты влияния лесозаготовок на экологические характеристики леса. Приведены статистические данные по лесозаготовкам и лесовосстановлению в Республике Коми за период 2009—2019 гг.

Ключевые слова: лесной фонд, лесозаготовка, промышленные вырубки, экологические последствия, лесовосстановление, изменение климата

И. Н. Полина,
кандидат химических наук;
М. В. Миронов,
кандидат химических наук
(Сыктывкарский лесной институт)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВЫРУБКИ ЛЕСОВ

Экологическое влияние лесозаготовок комплексно и масштабно, затрагивает все объекты окружающей среды, нарушая самые устойчивые взаимосвязи, разрушая хрупкое динамическое равновесие биocenozов. Промышленные рубки даже при самой высокой степени адаптации к местным условиям кардинально меняют лесообразовательный процесс и экологический баланс территории, нарушая средообразующие функции леса, меняя его микроклимат, а, следовательно, и климат на планете. На вырубках повышается освещенность, увеличиваются температурные перепады в приземном слое воздуха и верхних горизонтах почвы, возрастает скорость ветра, ускоряется интенсивность снеготаяния и т.д. Увеличение температуры воздуха приводит к повышению температуры почвы и ее иссушению. Образование больших безлесных площадей вызывает скачкообразное увеличение скорости воздушного потока и ветровалам. Увеличение количества снеготаяния и нарушение сроков снеготаяния на вырубках создает серьезные нарушения водорегулирующей функции, меняются качественные и количественные показатели стоков. Сплошные рубки одна из основных причин снижения экологического потенциала насаждений и усиления эмиссии углерода в атмосферу, ключевую роль в современных эколого-экономических реалиях играет баланс лесопользования и лесовосстановления [1, 2, 3].

Среди всех регионов Европейской части России Республика Коми (далее РК) занимает лидирующее место по площади лесов и допустимому объему изъятия древесины (расчетная лесосека). На 2019 г. земли лесного фонда республики Коми, занимающие примерно 87 % территории (36 273,1 тыс. га), по сравнению с 2018 г. сократились, в том числе, и из-за увеличения площади сплошных рубок на 16,1 тыс. га. Динамика объемов лесопользования в Республике Коми представлена на рис. 1. Наиболее высокая степень освоения расчетной лесосеки в 2019 г. наблюдалась в Сыктывдинском — 88 %, Сысольском — 73,7 %, Помоздинском — 62,3 %, Сыктывкарском — 58,4 %, Корткеросском — 52,8 % и Летском — 48,4 % лесничествах, в которых значительная часть территории передана в аренду для заготовки древесины [4].

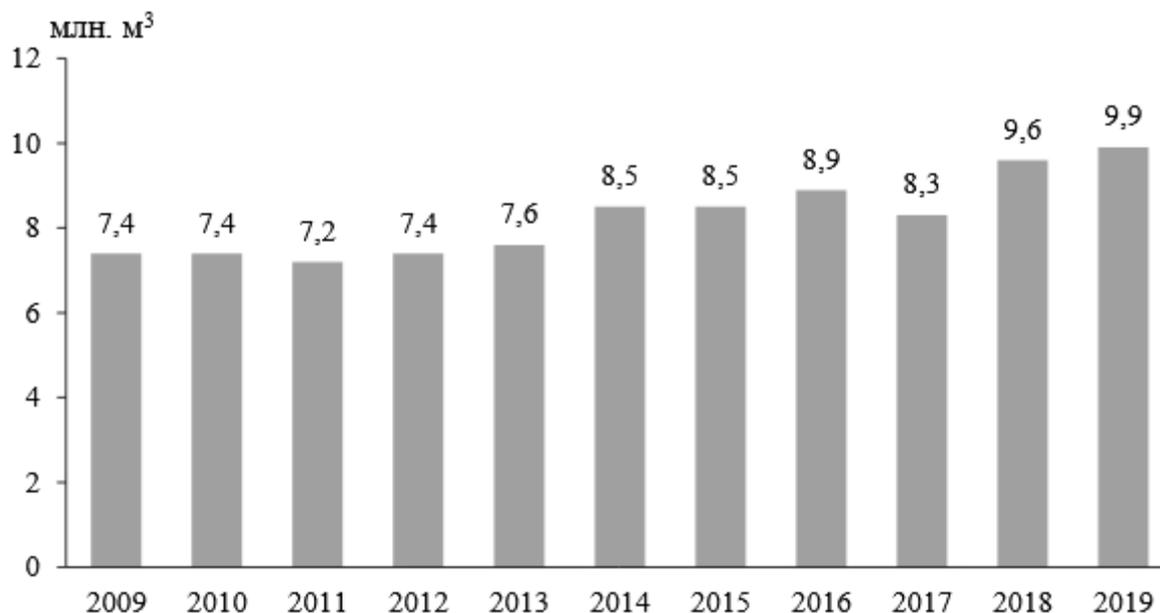


Рис. 1. Объемы лесопользования [4]

Основной составляющей воспроизводства лесов является своевременное лесовосстановление на вырубках (рис. 2), причем лесные культуры, созданные посадкой, более устойчивы к неблагоприятным погодным условиям, имеют лучшие качественные показатели и требуют меньше агротехнических уходов.

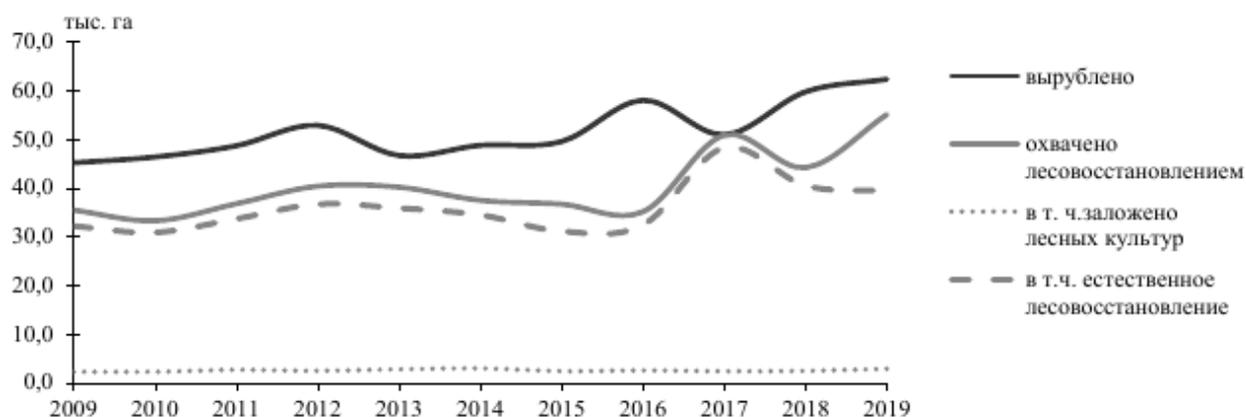


Рис. 2. Сплошные рубки и лесовосстановление [4]

В 2019 г. весь объем лесных культур был создан путем посадки семян хвойных пород. Общая площадь естественного и комбинированного лесовосстановления составила 47 тыс. га. Из них 63 % за счет сохранения подроста хвойных пород — эффективного способа, позволяющего сохранить на вырубке лесную среду, предотвратить смену пород с меньшими, чем при создании лесных культур, затратами и ускорить оборот рубки.

При этом климат в Республике за последние 60 лет уже потеплел примерно на 1,4 °C (0,15 °C/10 лет). Увеличилось годовое количество осадков, водность рек, уровень грунтовых вод и т. д. [5]. Помимо климатических последствий, серьезной проблемой является крайне нерациональное использование древесного сырья. По разным оценкам, в РК до 1 млн м³ древесины пропадает в виде отходов или неиспользованной мелкотоварной древесины, которые могут потенци-

ально перерабатываться в биоэнергетике и в более сложных лесохимических переделах [6]. Все это в совокупности требует разработки более грамотного эколого-экономического подхода к развитию лесного сектора РК.

Библиографический список

1. Уразова, А. Ф. Оценка воздействия технологий заготовки древесины на окружающую среду / А. Ф. Уразова, В. А. Азаренок, Э. Ф. Герц. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. — 122 с.
2. Говорушко, С. М. Экологические последствия лесозаготовок / С. М. Говорушко // Лесной журнал. — 2014. — № 1. — С. 45—53.
3. Дымов, А. А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) / А. Дымов // Почвоведение. — 2017. — № 17. — С. 787—798.
4. О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2019 году : гос. доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУРК «Территориальный фонд информации Республики Коми». — Сыктывкар, 2020. — 162 с.
5. Козел, О. Г. Опыт разработки региональной стратегии адаптации к изменению климата в Республике Коми / О. Г. Козел // Коми ЦГМС : [сайт]. — 2021. — 24 март. — URL: <http://meteork.ru/art007.shtml> (дата обращения: 24.03.2021).
6. Шишелов, М. А. Тенденции и перспективы развития лесного сектора Республики Коми / М. А. Шишелов, В. А. Носков // Региональная экономика: теория и практика. — 2018. — Т. 16, № 2. — С. 230—48. — URL: <https://doi.org/10.24891/re.16.2.230>.

Рулевое управление представляет совокупность агрегатов, которые изменяют движение автомобиля. Основными требованиями манёвренности являются лёгкость управления и адекватная кинематика поворота. При проектировании рулевого устройства лесотранспортного автомобиля необходимо учесть, что первые два моста будут одновременно управляемыми и ведущими.

Ключевые слова: Рулевое управление, рулевое колесо, управляемое колесо, угол поворота, радиус поворота, манёвренность, движение

Г. А. Росторгуев,
4 курс, направление подготовки «ЭТТМиК»;
А. Ф. Кульминский,
кандидат технических наук, доцент
(Сыктывкарский лесной институт)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНОПРИВОДНОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Рулевое управление автомобиля представляет собой совокупность агрегатов, сборочных единиц и деталей, предназначенных для поворота управляемых колёс. Оно изменяет и поддерживает движение автомобиля и в значительной степени обеспечивает его безопасность движения.

Основные требования манёвренности, определяющей способностью автомобиля на соответствующей скорости и на минимальном радиусе поворачиваться на определённой площади [1]:

1. Обеспечение необходимой манёвренности, определяющей способность автомобиля на соответствующей скорости и на минимальном радиусе поворачиваться на определённых площадях.

2. Лёгкость управления автомобилем, которая определяется усилием на рулевом колесе, не превышающем допустимым в утверждённых нормативах.

3. Адекватная кинематика поворота, при которой все колёса перекатываются по концентрическим окружностям при минимальном боковом скольжении.

4. Минимальная передача динамических ударов на рулевое колесо.

5. Способность колеса сохранить заданное движение и возвращаться в исходное положение по окончании поворота.

6. Точность кинематического следящего действия, при котором обеспечивается согласованность перемещения рулевого управления и поворота управляемых колёс.

7. Подтверждение показателей безотказности, ремонтпригодности, сохраняемости и комплексных показателей надёжности в течение расчётного срока службы.

8. Обеспечение таких зазоров в соединениях при сборке, которые оцениваются углом свободного поворота рулевого колеса автомобиля, стоящего на

сухой, твёрдой и ровной поверхности в положении соответствующему прямолинейному движению согласно нормативов.

9. Отсутствие колебаний управляемых колёс при эксплуатации автомобиля в любых дорожных условиях и возможных режимах движения.

На современных двух и трёхмостовых легковых и грузовых автомобилях используют конструкции рулевых механизмов:

- 1) глобоидный червяк-ролик;
- 2) зубчатое колесо-рейка;
- 3) винт-шариковая гайка-рейка-сектор;
- 4) винт-кривошип.

Рулевые механизмы первой группы преимущественно используются на отечественные легковые автомобили ГАЗ, ВАЗ, УАЗ с нагрузкой на управляем колесе до 25 кН.

Реечные рулевые механизмы широко распространены на зарубежных легковых автомобилях малого и среднего классов.

Рулевые механизмы третьей группы повсеместно используются на автомобилях отечественного производства КамАЗ, УралАЗ. Эта конструкция соответствует современным техническим требованиям, характеризуется высоким КПД (0,75—0,85), ресурсом и с минимальными затратами комплектуется с гидроусилителем, который используется для снижения усилий водителя на рулевом колесе и повышения безопасности движения грузовых автомобилей средней и большой грузоподъёмности.

Однако система управления четырёхмостового автомобиля отличается от аналогичной конструкции двух и трёхмостовых тем, что для него по кинематике поворота необходимо наличие двух управляемых мостов вместо одного. Управление двумя мостами пока теоретически не обосновано и требует решения ряда сложных теоретических задач.

Следует отметить, что управление двумя мостами уже реализовано на грузовых автомобилях (самосвалах, седельных тягачах) и характеризуется разнообразием вариантов и исполнений. Но несмотря на это, производственники, эксплуатирующие их, отмечают низкие показатели надёжности рулевых устройств.

При проектировании рулевого устройства лесотранспортного автомобиля необходимо учесть эти замечания, а также иметь ввиду, что первые два моста будут одновременно управляемыми и ведущими. Усилие на рулевом колесе такого автомобиля не должно превышать предельно допустимых значений по эргономическим показателям. Это требование предусматривает использование гидроусилителя соответствующих характеристик и конструкции серийно выпускаемой отечественной промышленностью.

Библиографический список

1. Высоцкий, Л. С. Грузовые автомобили: проектирование и основы конструирования / М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес, С. Т. Херсонский. — Москва : Машиностроение, 1995. — 256 с.
2. Вахламов, В. К. Автомобили: основы конструкции : учебник для студ. вузов / В. К. Вахламов. — Москва : Академия, 2008. — 525 с.

В статье рассматривается выборка z_1, z_2, \dots, z_n объема n из генеральной совокупности X . Соответствующее этой выборке статистическое распределение может содержать значительное количество вариантов с малой частотой (иногда называемой «статистической погрешностью»). Приемы группировок вариантов позволяют выбирать количество s и структуру групп при разбиении выборки и определять «представителя» \hat{x}_i группы с порядковым номером i . При переходе от выборки z_1, z_2, \dots, z_n к модельной выборке $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_s$ теряется часть дисперсии. Необходимо оценить величину этой потери при заданном уровне значимости.

Ключевые слова: формула Стёрджеса, принцип Дирихле, критерий Фишера

А. А. Самородницкий,
кандидат физико-математических наук, доцент;
С. А. Мальцева,
ТТФ, 2 курс, направление подготовки
«Информационные системы и технологии»
(Сыктывкарский лесной институт)

О ПРОВЕРКЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ГИПОТЕЗЫ, СВЯЗАННОЙ С ГРУППИРОВКОЙ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА

Для удобства берётся пример выборки объёма $n = 130$ из генеральной совокупности X (в табл. 1 представлен вариационный ряд выборки).

Таблица 1. Вариационный ряд выборки

88, 89, 89, 89, 90, 91, 91, 92, 92, 93, 93, 94, 94, 94, 94, 95, 95, 95, 96, 96, 96, 96, 96, 96, 96, 96, 96, 96, 96, 96, 97, 97, 97, 97, 97, 97, 97, 97, 97, 98, 98, 98, 98, 98, 98, 98, 99, 99, 99, 99, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 101, 101, 101, 102, 102, 102, 102, 102, 102, 102, 102, 102, 102, 103, 103, 103, 103, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 104, 105, 105, 105, 105, 105, 105, 106, 106, 106, 106, 107, 107, 107, 107, 107, 107, 107, 107, 107, 107, 108, 108, 108, 108, 108, 108, 108, 108, 109, 109, 110, 110, 110, 110, 111, 111, 111, 111, 111, 112, 112, 112, 112, 113, 113, 113, 113, 115, 115, 116, 116, 116, 116, 117, 117, 117
--

Из 29 различных значений вариант выборки 22 встречаются менее 7 раз (менее 5 % от 130). Суммарная частота этих значений составляет 69 (более половины объёма выборки).

Одной из наиболее популярных рекомендаций о выборе числа s промежутков для группировки выборки объёма n является формула Стёрджеса:

$$s = 1 + [\log_2 n],$$

где $[A]$ обозначает целую часть числа A . В примере $s = 1 + [\log_2 130] = 8$ при $n = 130$.

Вычисляется размах выборки $\rho = z_{\max} - z_{\min} = 117 - 88 = 29$. После можно определить шаг разбиения отрезка $[z_{\min}; z_{\max}]$ на s равных по длине промежутков³:

$$h = \frac{\rho}{s} = \frac{29}{8} = 3,625.$$

От промежутков разбиения могут зависеть значения групповых частот n_i ($i = 1, 2, \dots, s$). Точки (концы промежутков) разбиения отрезка $[z_{\min}; z_{\max}]$ имеют вид:

$$\bar{z}_0 = z_{\min}; \bar{z}_i = z_{\min} + hi; i = 1, 2, \dots, s.$$

Согласно принципу Дирихле, $s + 1$ точек разбиения нельзя разместить ровно по одной в s непересекающихся промежутках разбиения. Нужно выбирать самостоятельно, куда разместить «лишнюю» точку. Пусть первый промежуток является отрезком, а остальные — открытыми слева полуинтервалами: $[\bar{z}_0; \bar{z}_1]$, $(\bar{z}_{i-1}; \bar{z}_i]$ при $i = 2, 3, \dots, s$.

Теперь нужно определить «представителей» групп. Во многих учебных пособиях распространен эмпирический приём: в качестве «модельных» значений $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_s$ выбираются середины промежутков разбиения:

$$\bar{z}_i = z_{\min} + \frac{h}{2} + h(i - 1), i = 1, 2, \dots, s.$$

Известно, что несмещённой оценкой математического ожидания генеральной совокупности является выборочное среднее:

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_j.$$

Средины промежутков разбиения зависят только от z_{\min} и h , поэтому равенство

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^s \bar{z}_i n_i$$

может не выполняться. Без корректировки середины промежутков разбиения могут давать смещённую оценку математическому ожиданию генеральной совокупности.

³ В учебной литературе много эмпирических рекомендаций. Кроме способов определения числа групп s есть и другие. Например, вместо отрезка $[z_{\min}; z_{\max}]$ предлагают при уже вычисленном шаге h рассматривать отрезок $[z_{\min} - \frac{h}{2}; z_{\max} + \frac{h}{2}]$ длины $\rho + h = sh + h = h(s + 1)$, «сохраняя» при этом число групп s . Это возможно в результате второго эмпирического действия: при вычислении h дробное значение округляют с избытком до целого, при этом более длинный отрезок проходится за s шагов как раз за счет удачно подобранного более длинного шага.

Ниже модельными значениями $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_s$ будут групповые средние. Обозначим для удобства варианты выборки z_1, z_2, \dots, z_n иначе:

$$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n_1}; x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n_2}; \dots \dots \dots; x_{s1}, x_{s2}, \dots, x_{sn_s},$$

т. е. $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in_i}$ — те из вариантов z_1, z_2, \dots, z_n , которые попали в промежуток разбиения $[\bar{z}_0; \bar{z}_1]$ или $(\bar{z}_{i-1}; \bar{z}_i]$ с порядковым номером i , n_i — количество вариантов в этом промежутке. Тогда

$$\sum_{i=1}^s n_i = n; \quad \hat{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, s);$$

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^s n_i \cdot \frac{1}{n_i} \left(\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^s n_i \hat{x}_i.$$

Результаты вычислений для рассматриваемого примера представлены в табл. 2. Общее среднее $\bar{z} = 102,646$.

Таблица 2. Статистическое распределение сгруппированной выборки

Группы	[88;91, 625]	(91, 625; 95, 25]	(95, 25; 98, 875]	(98, 875; 102, 5]	(102, 5; 106, 125]	(106, 125; 109, 75]	(109, 75; 113, 375]	(113, 375; 117]
\hat{x}_i	89, 571	93, 727	96, 864	100, 692	104, 292	107, 647	111, 357	116, 111
n_i	7	11	22	26	24	17	14	9

Основная идея дисперсионного анализа заключается в том, что сумма квадратов отклонений вариантов выборки от выборочного среднего может быть представлена в виде двух сумм квадратов отклонений:

$$\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{z})^2 = \sum_{i=1}^s n_i (\hat{x}_i - \bar{z})^2 + \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \hat{x}_i)^2.$$

Суммы в правой части равенства называются соответственно факторной (межгрупповой) и остаточной (внутригрупповой). В рассматриваемом примере эти суммы имеют значения:

$$6205,723 = 6090,754 + 114,969.$$

Дальше выдвигаем нулевую гипотезу H_0 : различия между групповыми средними определяются за счет внутригрупповых различий, а межгрупповые различия на них существенно не влияют. Другими словами, группировка вариантов выборки указанным способом является статистически незначимой.

Чтобы не отвергнуть нулевую гипотезу в случае ошибки, вводится уровень значимости α (вероятность совершить ошибку 1-го рода). В данном примере $\alpha = 0,05$, т. е. вероятность ошибки составляет 5%.

Факторная сумма имеет $k_1 = s - 1 = 7$ степеней свободы, а остаточная соответственно $k_2 = n - s = 130 - 8 = 122$ степени свободы. По таблице - распределения Фишера критическое (максимальное) значение для наблюдаемого критерия равно

$$F_{\text{крит}} = F(\alpha, k_1, k_2) = F(0,05; 7, 122) = 2,085.$$

Если сумму квадратов отклонений поделить на соответствующее этой сумме число степеней свободы, то получается одноименная дисперсия. Значения факторной и остаточной дисперсий имеют вид:

$$s_{\text{факт}}^2 = \frac{6090,754}{7} = 870,108; \quad s_{\text{ост}}^2 = \frac{114,969}{122} = 0,9424.$$

Наблюдаемое значение критерия Р. Фишера:

$$F_{\text{набл}} = \frac{s_{\text{факт}}^2}{s_{\text{ост}}^2} 923,32 > 2,085 = F_{\text{крит}}.$$

Если $F_{\text{набл}} \geq F_{\text{крит}}$, то гипотеза H_0 отвергается, если $F_{\text{набл}} < F_{\text{крит}}$ — подтверждается. Полученное неравенство $F_{\text{набл}} > F_{\text{крит}}$ позволяет отвергнуть гипотезу H_0 , т. е. различия между групповыми средними обуславливаются межгрупповыми отличиями, а внутригрупповые отклонения имеют незначительный вклад в общую дисперсию. Модель группировки статистически значимая.

Возникает вопрос о необходимости применения критерия Фишера при каждом случае группировки. В целом на него можно ответить, опираясь исключительно на математические методы [1]. Ниже будет дан ответ в значительном числе случаев, зависящих от объема выборки и величины шага разбиения. Оценим сверху остаточную дисперсию. Так как x_{ij} и \hat{x}_i лежат в одном из промежутков разбиения $[\bar{z}_0; \bar{z}_1]$ или $(\bar{z}_{i-1}; \bar{z}_i]$ с порядковым номером i , получается $(x_{ij} - \hat{x}_i)^2 \leq h^2$ при всех значениях индексов,

$$s_{\text{ост}}^2 = \frac{1}{n-s} \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \hat{x}_i)^2 \leq \frac{1}{n-s} \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} h^2 = \frac{nh^2}{n-s}.$$

Чтобы оценить снизу факторную дисперсию, напомним, что цель группировки, в частности, добиться неравенств $n_i \geq \frac{n}{20}$ ($i = 1, 2, \dots, s$) — не менее 5 % от объема выборки. Только максимум в трех промежутках разбиения не будет выполняться неравенство $(\hat{x}_i - \bar{z})^2 \geq h^2$. Поэтому

$$s_{\text{факт}}^2 = \frac{1}{s-1} \sum_{i=1}^s n_i (\hat{x}_i - \bar{z})^2 \geq \frac{1}{s-1} \cdot \frac{n}{20} \cdot h^2 \cdot (s-3) = \frac{nh^2(s-3)}{20(s-1)}.$$

Тогда

$$F_{\text{набл}} = \frac{s_{\text{факт}}^2}{s_{\text{ост}}^2} \geq \frac{nh^2(s-3)}{20(s-1)} \cdot \frac{n-s}{nh^2} = \frac{(n-s)(s-3)}{20(s-1)}.$$

Можно проверить, что при $n \geq 100, 7 \leq s \leq 21, \alpha = 0,05$ значения $F_{\text{набл}}$ будут больше 3, а значения $F_{\text{крит}}$ будут меньше 3. То есть предложенная модель группировки при указанных ограничениях автоматически является значимой и не требует специальной проверки на значимость по критерию Фишера.

Каким будет результат в случае произвольного выбора числа s промежутков разбиения отрезка $[z_{\min}; z_{\max}]$? Рассмотрим это на примере из одного известного учебного пособия. Дана выборка объема $n = 280$ в виде табл. 3. Для удобства варианты расположены в порядке возрастания.

Таблица 3. Данные примера

0,0005	0,0424	0,0961	0,1426	0,1947	0,2459	0,3320	0,4197	0,5051	0,6037	0,6989	0,8731	1,0724	1,5446
0,0009	0,0429	0,1007	0,1463	0,1971	0,2473	0,3367	0,4208	0,5163	0,6052	0,7181	0,8818	1,0866	1,5617
0,0024	0,0435	0,1035	0,1489	0,1973	0,2477	0,3414	0,4220	0,5190	0,6106	0,7304	0,8826	1,0949	1,6186
0,0105	0,0455	0,1051	0,1491	0,2063	0,2543	0,3451	0,4233	0,5221	0,6120	0,7335	0,9034	1,1588	1,6403
0,0107	0,0472	0,1072	0,1531	0,2080	0,2649	0,3526	0,4305	0,5388	0,6393	0,7443	0,9115	1,1870	1,6746
0,0146	0,0511	0,1084	0,1551	0,2088	0,2749	0,3538	0,4424	0,5398	0,6404	0,7458	0,9146	1,2122	1,6758
0,0214	0,0517	0,1128	0,1553	0,2149	0,2769	0,3607	0,4480	0,5482	0,6410	0,7492	0,9442	1,2342	1,7226
0,0216	0,0544	0,1138	0,1560	0,2186	0,2802	0,3635	0,4489	0,5488	0,6416	0,7540	0,9448	1,2449	1,7704
0,0240	0,0590	0,1138	0,1594	0,2281	0,2814	0,3636	0,4547	0,5615	0,6431	0,7577	0,9468	1,2452	1,8042
0,0250	0,0598	0,1172	0,1595	0,2307	0,2817	0,3712	0,4618	0,5665	0,6511	0,7620	0,9597	1,2520	1,8344
0,0253	0,0616	0,1219	0,1600	0,2310	0,2837	0,3748	0,4640	0,5681	0,6607	0,7650	0,9600	1,2808	1,8663
0,0264	0,0652	0,1266	0,1623	0,2341	0,3001	0,3756	0,4669	0,5707	0,6618	0,7761	0,9648	1,2827	1,9074
0,0266	0,0666	0,1313	0,1704	0,2368	0,3004	0,3757	0,4680	0,5729	0,6708	0,7817	0,9806	1,2985	1,9687
0,0279	0,0706	0,1339	0,1737	0,2385	0,3059	0,3842	0,4685	0,5744	0,6725	0,7906	0,9818	1,3063	2,0712
0,0293	0,0713	0,1370	0,1746	0,2391	0,3142	0,3872	0,4743	0,5814	0,6727	0,8014	1,0030	1,3417	2,1528
0,0300	0,0765	0,1379	0,1791	0,2394	0,3154	0,3921	0,4858	0,5814	0,6812	0,8304	1,0075	1,3463	2,5054
0,0343	0,0778	0,1384	0,1865	0,2399	0,3162	0,3989	0,4891	0,5821	0,6948	0,8314	1,0279	1,3622	2,8045
0,0353	0,0786	0,1384	0,1868	0,2411	0,3242	0,4119	0,4906	0,5952	0,6958	0,8335	1,0400	1,4830	3,0668
0,0398	0,0842	0,1391	0,1881	0,2432	0,3288	0,4120	0,4941	0,6018	0,6972	0,8441	1,0481	1,4998	3,7157
0,0413	0,0940	0,1405	0,1927	0,2453	0,3299	0,4134	0,4945	0,6025	0,6973	0,8701	1,0617	1,5407	3,7900

Одно из заданий примера — группировка в виде $s = 21$ группы. В таблице 4 приводятся результаты этой группировки (без групповых средних, так как в задаче предлагалось брать середины промежутков разбиения, о чем уже говорилось выше в первой половине работы).

Шаг разбиения:

$$h = \frac{3,79 - 0,0005}{21} = 0,18045.$$

Из табл. 4 видно, что группировка не достигла цели, более половины групповых частот не превосходят 2, 5 % объема выборки. В таких случаях рекомендуется либо сразу задавать разную длину промежутков группировки (рекомендаций по выбору длин много, большинство из них носят эмпирический характер), либо объединять равные по длине промежутки, пока не получится требуемый результат. Ниже реализуется второй вариант.

Таблица 4.

		n_i			n_i
1	[0, 00050; 0, 18095]	76	12	(1, 98548; 2, 16593]	2
2	(0, 18095; 0, 36140]	51	13	(2, 16593; 2, 34638]	0
3	(0, 36140; 0, 54186]	39	14	(2, 34638; 2, 52683]	1
4	(0, 54186; 0, 72231]	36	15	(2, 52683; 2, 70729]	0
5	(0, 72231; 0, 90276]	21	16	(2, 70729; 2, 88774]	1
6	(0, 90276; 1, 08321]	18	17	(2, 88774; 3, 06819]	1
7	(1, 08321; 1, 26367]	9	18	(3, 06819; 3, 24864]	0
8	(1, 26367; 1, 44412]	7	19	(3, 24864; 3, 42910]	0
9	(1, 44412; 1, 62457]	6	20	(3, 42910; 3, 60955]	0
10	(1, 62457; 1, 80502]	6	21	(3, 60955; 3, 79000]	2
11	(1, 80502; 1, 98548]	4			

Объединяем группы с номерами 7 и 8, 9—11, 12—21, чтобы во всех, кроме последней, получить групповую частоту более 5 % от 280 (т. е. более 14). Количество групп при этом уменьшается до $s = 9$. Любопытно, что рекомендация с участием формулы Стёрджеса дает такой же результат. Результаты приводятся в табл. 5.

Таблица 5.

№	Группы	Частоты	Групповые средние
1	[0, 00050; 0, 18095]	76	0, 08764
2	(0, 18095; 0, 36140]	51	0, 26359
3	(0, 36140; 0, 54186]	39	0, 44444
4	(0, 54186; 0, 72231]	36	0, 62681
5	(0, 72231; 0, 90276]	21	0, 79708
6	(0, 90276; 1, 08321]	18	0, 98182
7	(1, 08321; 1, 44412]	16	1, 24589
8	(1, 44412; 1, 98548]	16	1, 69457
9	(1, 98548; 3, 79000]	7	2, 87234

Формулы для вычислений такие же, как в предыдущем примере выше. Аналогично первому примеру вычисляются:

$$F_{\text{набл}} = 783,41 \text{ и } F_{\text{крит}} = F(\alpha, k_1, k_2) = F(0,05; 8,271) = 1,97.$$

Полученная группировка представляет собой статистически значимую модель замены исходной выборки на групповые средние с их частотами из табл. 5.

Библиографический список

1. Крамер, Г. Математические методы статистики : пер. с англ. / Г. Крамер. — Москва : Мир, 1975. — 648 с.

В настоящее время большинство реализованных проектов магнитолевитационных систем имеют вагоны в качестве подвижного состава, что подразумевает значительные габариты транспортных средств и элементов путевой инфраструктуры. Предлагается малогабаритная транспортная система с левитацией модулей, перемещаемых относительно эстакады арочного типа. Рассматриваются её преимущества и особенности, ограничивающие применение.

Ключевые слова: малогабаритная магнитолевитационная система, эстакада, транспортный модуль, магнитный источник, мувер, кабина, соединительная тяга

Е. Ю. Сундуков,

кандидат экономических наук;

В. Е. Сундукова,

ФЛиСХ, 4 курс, направление подготовки «Лесное дело»

(Сыктывкарский лесной институт)

МАЛОГАБАРИТНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА С ЛЕВИТАЦИЕЙ МОДУЛЕЙ, ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЭСТАКАДЫ АРОЧНОГО ТИПА

Магнитолевитационные (маглев) системы получили наибольшее развитие в Германии, Японии, Китае, Южной Корее [1, 2]. В Китайской Народной Республике и Республике Корея технологии маглев относятся к стратегическим инновациям, которые получают государственную поддержку в форме значительных финансовых ресурсов и научно-исследовательских программ. В Китае прошли испытания скоростной маглев-линии с расчетной скоростью 600 км/ч в университете Тунцзи в Шанхае [3]. Китай планирует запустить в коммерческую эксплуатацию 500-километровую трассу высокоскоростного маглева к 2025 г.

Большинство маглев систем являются транспортными системами эстакадного типа. Эстакады более устойчивы к природным и климатическим явлениям, таким как снежные заносы, подтопления, болотистая и пересеченная местность, чем существующие железные и автомобильные дороги [4].

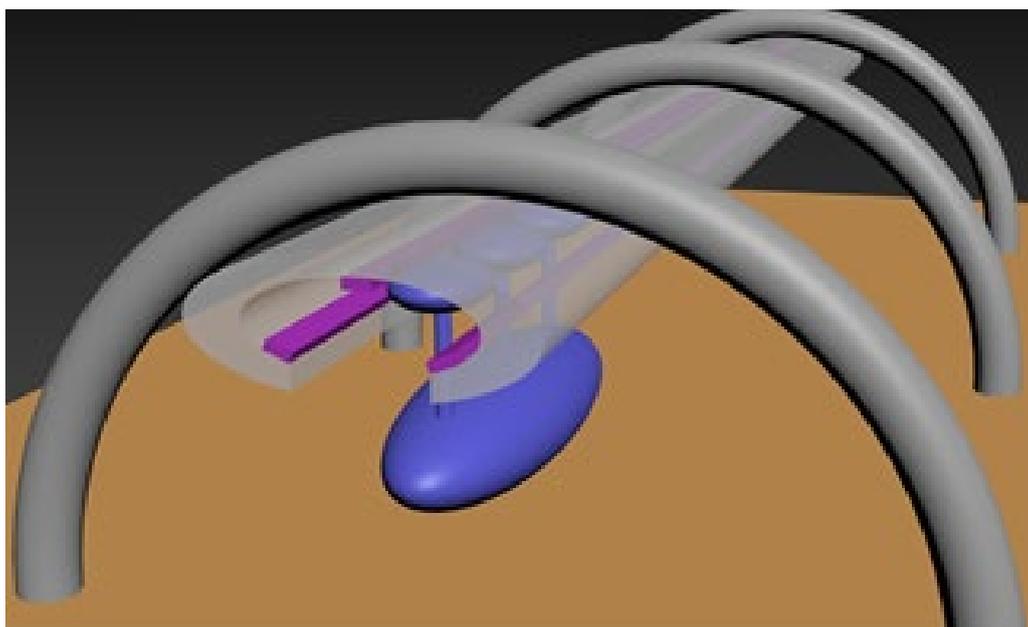
В работе [5] внимание уделено вопросам создания сверхскоростного транспорта на основе аэроэстакадных систем. Отмечается, что такой транспорт позволит повысить интеграционный потенциал регионов страны и мобильность населения, снизить социальную напряженность в удаленных от центральной части страны регионах. При этом «колесные» транспортные технологии достигли скоростного предела, система «рельс — колесо» способна обеспечить должную безопасность движения до 350 км/ч, а «автодорога — колесо» — много ниже.

В статье [6] рассмотрены методы построения, калибровки и оценки математических моделей транспортных сетей. Разработана математическая модель для оценки загруженности участка транспортной сети Красногорского района Московской области и оценки эффективности строительства перспективной транспортной системы Н-Vahn эстакадного типа. Подобные установки функци-

онируют в университетском городке г. Дортмунда и Дюссельдорфском международном аэропорту (Германия).

Предлагается вариант малогабаритной эстакадной маглев системы, который может быть эффективным в условиях Севера России [7]. Небольшие габариты способствуют уменьшению стоимости путепроводов (как, например, узкоколейные железные дороги имели меньшую стоимость по сравнению с дорогами, имеющими колею 1520 мм) и транспортных модулей, снижению нагрузки на окружающую природную среду.

Общий вид транспортной системы показан на рисунке. Транспортный модуль (ТМ) состоит из кабины, нескольких магнитных источников кольцевой формы — муверов и соединительных тяг. Один или несколько ТМ перемещаются относительно эстакады, образованной коробом и арочными стойками. Для этого муверы ТМ располагаются внутри короба, имеющего в нижней части вырез для движения соединительных тяг и оборудованного источниками магнитного поля, которые обеспечивают левитацию муверов и движение ТМ относительно эстакады. Постоянные магнитные источники обеспечивают левитацию ТМ. Другие источники (электромагнитные) при запитывании их током и электромагнитном взаимодействии с муверами задают ТМ ускорение для движения в заданном направлении. Предполагается, что такая система будет перевозить 3—4 пассажиров или 1,5 т груза.



Общий вид транспортной системы

Преимущества предлагаемой транспортной системы. Внутри короба муверам могут быть созданы идеальные условия для движения, что позволяет не использовать электрический ток большой величины.

Эстакадное исполнение позволяет обеспечить безопасное удаление кабины от активных магнитных источников, а также преодолевать сильно увлажненные участки местности.

Малогобаритная транспортная система быстрее окупится в случаях небольших пассажирских и грузовых потоков.

Особенности транспортной системы, ограничивающие её применение. Макетные испытания выявили особенности данной транспортной системы, ограничивающие ее применение. А именно:

- 1) короб выполнен с вырезом, что ослабляет прочность конструкции;
- 2) использование более двух соединительных тяг для одной кабины затрудняет движение ТМ в местах закруглений;
- 3) соединительные тяги не обеспечивают бесконтактное перемещение ТМ, поскольку в некоторые моменты они будут касаться краев выреза короба;
- 4) для задания ускоряющего усилия муверам требуется установка элементов линейного электромагнитного двигателя на всем протяжении эстакады.

Возможное решение проблем. Следующим шагом в развитии таких транспортных систем может стать бесконтактное соединение муверов и кабины, которое обеспечивается при помощи эффекта «магнитной потенциальной ямы» [8].

События, связанные с распространением коронавирусной инфекции, привели к падению объемов производства во многих странах, соответственно, это скажется на развитии новых видов транспорта во всем мире. Отмечается рост скептицизма по проектам высокоскоростного транспорта в связи со значительными капитальными вложениями в строительство и долгими сроками окупаемости, ставятся под сомнение их реализуемость и экономическая эффективность. Однако, ряд исследователей считает, что именно проекты высокоскоростных магистралей могут способствовать восстановлению экономики при условии, если цели их реализации будут поставлены в рамках национальных проектов, а также при условии успешной интеграции новых видов транспорта с другими видами транспорта в национальных транспортных системах [9].

Библиографический список

1. Energy consumption of track-based high-speed trains: maglev systems in comparison with wheel-rail systems / L. Blow, E. Kircher, J. Klühspies, M. Witt // *Transportation Systems and Technology* 2018;4(3 suppl. 1):134-155. doi: 10.17816/transsyst201843s1134-155.
2. Ключспис, Й. Маглев, тоннель, река: о задержках в реализации линии маглев «Токио-Нагоя» / Й. Ключспис, М. Хеклер // *Транспортные системы и технологии*. — 2020. — Т.6., № 3. — С. 31–42.
3. China's 600 km/h high-speed maglev prototype completes successful trial run. — URL<https://news.cgtn.com/news/2020-06-21/China-s-600-km-h-high-speed-maglev-completes-trial-run-RvueeEECTm/index.html> (дата обращения: 24.07.2020).
4. Sundukov, E. Yu, The maglev-systems on the basis of trestle of arch type / E. Yu, Sundukov, L. F. Selivanov, V. E. Sundukova // *Transportation Systems and Technology*. — 2018. — 4(3). — P. 72—79.
5. К вопросу о создании аэроэстакадных транспортных систем / А. Н. Серьезнов, В. Г. Соколов, С. А. Соколов, В. Л. Чемезов // *Политранспортные системы : материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия — ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке»*. — 2015. — С. 72 — 77.
6. Математическое моделирование загрузки транспортной сети для определения целесообразности строительства новых видов транспортных систем / Д. О. Волков, С. Н. Гаричев,

Р. А. Горбачев, Н. Н. Мороз // Труды Московского физико-технического института. — 2015. — Т. 7, № 3 (27). — С. 69 — 76.

7. Транспортная система с двухсторонней левитацией модулей, перемещаемых эстакады арочного типа / Е. Ю. Сундуков, В. Е. Сундукова, Л. Ф. Селиванов, Н. А. Тарабукина // Патент на изобретение РФ № 2722256, опубликовано: 28.05.2020. Бюл. № 16. Заявка: 2018144317, от 14.12.2018.

8. Михалевич, В. С. «Магнитная потенциальная яма» — эффект стабилизации сверхпроводящих динамических систем / В. С. Михалевич, В. В. Козорез, В. М. Рашкован [и др.] ; отв. ред. В. И. Скурихин ; АН Украины, Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова. — Киев: Наук. думка, 1991. — 335 с.

9. Волкова, Е. М. Факторы, определяющие успех реализации проектов строительства высокоскоростных магистралей / Е. М. Волкова // Транспортные системы и технологии. — 2020. — Т. 6, № 2. — С. 5—19.

В статье рассмотрены вопросы обоснования нормативного резерва мощности территориальных зон ЭЭС России с учетом влияния энергообеспеченности гидроэлектростанций.

Ключевые слова: показатели балансовой надежности, резерв мощности, энергообеспеченность гидроэлектростанций

Ю. Я. Чукреев,
доктор технических наук, старший научный сотрудник
(Сыктывкарский лесной институт,
ИСЭиЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭЭС РОССИИ

Планирование развития электроэнергетической отрасли во все времена сопряжено с формированием балансов мощности ЭЭС страны. В балансах мощности, формируемых в работе «Схема и программа развития ЭЭС страны на 7-летний период» (СиПР ЭЭС)⁴ имеется приходная и расходная части. Расходная часть баланса определяется спросом на мощность и включает в себя три составляющие: прогнозируемый максимум нагрузки, экспорт/импорт мощности и нормативный резерв мощности. Прогноз максимального часового потребления электрической энергии формируется на основе прогноза потребления мощности по территориям субъектам РФ для условий среднемноголетних температур наружного воздуха, применительно к декабрю месяцу. Нормативный (полный) резерв мощности зависит от множества факторов, в том числе и случайно обусловленных. Его обоснование базируется на решении задачи оценки показателей балансовой надежности для максимальной нагрузки декабрьских суток применительно к расчетной схеме ЭЭС России с выделением в ней территориальных зон надежности. Для этих целей применяются различные методические подходы и математические модели [1—4]. Величины нормативного (полного) резерва мощности приводятся в методических рекомендациях (МР) по проектированию развития энергосистем. Их последняя редакция [5] была утверждена Минэнерго России в далеком 2003 г. и требует своей актуализации.

Переход на рыночные отношения в стране привел к значительному сокращению электропотребления и мощности. ЭЭС России сегодня, в отличие от доперестроечного периода, характеризуется значительными избытками мощности. Поэтому задача обоснования нормативного резерва мощности, в том числе и при перспективном 7-летнем, как в СиПР ЭЭС, планировании должна рассматриваться совершенно в другой плоскости — в большей степени связанной не с вводом нового генерирующего оборудования, а его демонтажем. В совре-

⁴ Правила разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики, утвержденные постановлением Правительства РФ от 17.10.2009 № 823.

менных условиях рыночных отношений обоснование вводов генерирующего оборудования осуществляются при решении задачи договоров поставки мощности, обоснование демонтажа морально и физически устаревшего оборудования — в результате реализации конкурсных заявок при проведении закрытого аукциона по конкурентному отбору мощности (КОМ).

Реализация изменившихся условий функционирования энергосистем потребовало разработки Положения о порядке определения величины спроса на мощность⁵ и Правил оптового рынка⁶ (далее — ПП РФ № 1172). Данные нормативные документы серьезно противоречат утвержденным Минэнерго России МР [5]. Это касается рассматриваемого в статье вопроса увеличения на 8,55 % значения планового расчетного коэффициента резервирования мощности в соответствии п. 107 ПП РФ № 1172. Ниже, на основе ретроспективной информации, приводится анализ отклонений планируемых величин производства электроэнергии на ГЭС ОЭС Сибири от их фактических величин и методические принципы учета водной обеспеченности гидроэлектростанций.

Анализ прогноза производства электрической энергии на гидроэлектростанциях. При планировании балансов электроэнергии в работе СиПР ЕЭС объем производства электроэнергии на ГЭС для территориальных зон на уровне ОЭС приводится для наиболее вероятного по водной обеспеченности сценария. Для ОЭС Сибири и Дальнего Востока, где доля производства электроэнергии на ГЭС значительна (от 35 % и выше), начиная с 2012 г. баланс электроэнергии приводится и для маловодного года. В табл. 1 для 2016—2018 гг. приведена информация о фактических и прогнозных значениях производства электроэнергии на гидроэлектростанциях ОЭС Сибири (наиболее вероятные и для маловодного года) на период от одного года до 7 лет. На рис. 1 эта же информация приведена в процентах отклонения прогнозируемых параметров производства электроэнергии от фактических значений. Относительные (процентные) изменения фактического отклонения производства электроэнергии с 2013 по 2018 г. от среднего за эти годы значения приведено на рис. 1 сплошной жирной линией — 1.

Обращает на себя внимание значительные превышения (10 % в среднем и около 15 % максимальные, пунктирные линии 2 и 4) прогнозируемых значений вероятного производства электроэнергии на ГЭС для прогноза на 2 года и более (в табл. 1 столбцы с 5 по 10-й) их фактических величин (столбец 3), что не делает чести разработчикам СиПР ЕЭС. Для маловодного года эти прогнозы, как и следовало ожидать, немного ниже фактического производства электроэнергии (в среднем около 5 %, максимальные до 10 %, пунктирные линии 3 и 4). В тоже время планируемые на предстоящий год значения

⁵ Положение о порядке определения величины спроса на мощность для проведения долгосрочного отбора мощности на конкурентной основе на оптовом рынке электрической энергии (мощности) и порядке определения плановых коэффициентов резервирования мощности в зонах (группах зон) свободного перетока электрической энергии (мощности), утвержденное Приказом Минэнерго России от 07.09.2010 № 431 (ред. от 17.08.2017).

⁶ Постановление Правительства РФ № 1172 от 27.12.2010 (ред. от 19.01.2018) «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности».

производства электроэнергии для наиболее вероятного и маловодного года совпадают (4-й столбец в табл. 1). Объяснения этому явлению, как и факта резкого увеличения для наиболее вероятного сценария и резкого снижения объема производства электроэнергии на ГЭС для маловодного года на период прогнозирования 2 года и более лет (пунктирные линии 2—4), не находится.

Таблица 1. Фактические и прогнозные значения производства электроэнергии на ГЭС ОЭС Сибири в млн кВт · ч (из работ СиПР ЕЭС за семилетний период 2010—2016...2019—2025 гг.)

Год	Характеристика прогноза	Фактические	Прогнозные значения на периоды упреждения от 1 года до 7 лет для приведенного в 1-м столбце года						
			1 год	2 года	3 года	4 года	5 лет	6 лет	7 лет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2016	Вероятный Маловодный	99845,1	92690,0	108118,0	108120,0	107610,0	107380,0	106960,0	108800,0
			92690,0	92537,0	92540,0	95560,0	95570,0	Нет инф.	Нет инф.
2017	Вероятный Маловодный	93943,2	93556,0	107377,0	108118,0	108120,0	107610,0	107380,0	107190,0
			93556,0	95673,0	92537,0	92540,0	95560,0	95570,0	Нет инф.
2018	Вероятный Маловодный	101864,3	89550,0	107377,0	107377,0	108118,0	108120,0	107610,0	107380,0
			89550,0	93556,0	95673,0	92537,0	92540,0	95560,0	95570,0

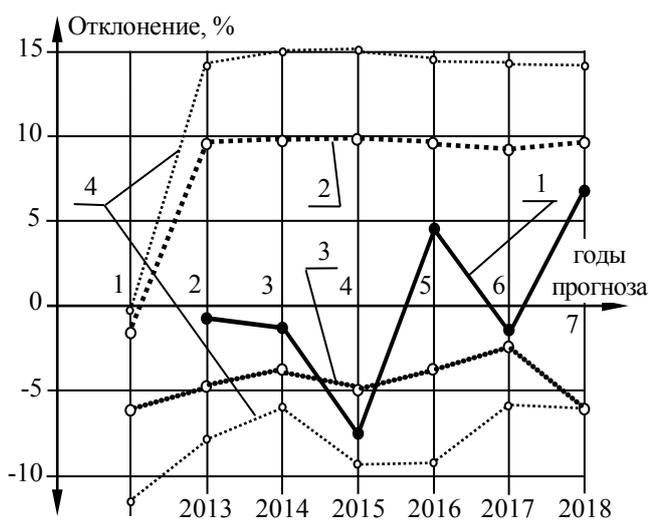


Рис. 1. Отклонения прогнозируемых параметров производства электроэнергии на ГЭС Сибири от фактических (из работ СиПР ЕЭС на 2010—2016...2019—2025 гг.)

Следует констатировать, что добавка 8,55 % к величине нормативного резерва мощности, в отмеченном выше п. 107 ПП РФ № 1172, связана с наличием разрыва в планируемых значениях производства электроэнергии на ГЭС ОЭС Сибири для вероятного и маловодного сценариев развития. Из табл. 1 и особенно рис. 1 видно, что этот разрыв по усредненному сценарию составляет 15 %, по максимально возможному 22 %. Доля производства электроэнергии на ГЭС ОЭС Сибири от общего объема производства примерно составляет 48 %. Можно манипулируя этими показателями

получить значение 8,55 %. Например, можно найти среднее значение между 15 и 22, и умножив его на долю производства электроэнергии на ГЭС (0,48) получить очень близкую к принятому значению величину 8,88 %.

Получается интересная картина, чем больше в прогнозах производства электроэнергии на ГЭС разрыв между наиболее вероятными и маловодными годами, тем большей может быть добавка в коэффициент резервирования. При этом изменение фактических значений производства электроэнергии на ГЭС совершенно не учитываются. На наш взгляд, для учета возможного снижения производства электроэнергии на ГЭС в маловодные годы в задаче обоснования нормативного резерва мощности, необходимо использовать ретроспективную

информацию о фактическом производстве электроэнергии и к ней относить прогнозы по маловодным годам. Средние значения отклонений прогнозируемых параметров производства электроэнергии на ГЭС применительно к маловодному году в соответствие с ретроспективной информацией табл. 1 не превышают 7 % от их фактических значений.

Методические принципы учета ограничений производства электроэнергии на ГЭС при обосновании нормативного резерва мощности. Следует отметить, что методика обоснования нормативного резерва мощности для компенсации вывода генерирующего оборудования во внеплановые (аварийные) ремонты (оперативный резерв в редакции МР 2003 г. [5]) остается неизменной. В современных условиях, к сожалению, нет научно обоснованных положений по применению критериев принятия решений по обеспечению того или иного уровня надежности. Здесь можно ориентироваться) [2, 5, 6] либо на нормативные показатели балансовой надежности стран западной Европы ($LOLN = 3—8$ ч/сут.), либо Северной Америки ($LOLE = 0,1$ раз в год), либо на отечественный норматив для территориальных зон ($J_d = 0,004$).

Важным для всех перечисленных показателей балансовой надежности является примерно одинаковая методическая основа их получения и совершенно разная информационная составляющая, особенно в части учета режимов электропотребления [1]. Европейский норматив к показателям балансовой надежности ориентирован на учет почасовых графиков потребления электроэнергии для всех 8760 часов года, североамериканский предусматривает учет нагрузки только максимального часа суток года (365 значений). Отечественный норматив к показателям балансовой надежности ориентирован на учет только одного среднечасового суточного графика декабря месяца в предположении его действия в течение всех рабочих дней года. Еще раз подчеркнем, что это в какой-то мере согласуется с применяемыми подходами к формированию режимов электропотребления в Приказе № 431 (декабрьский максимум электропотребления). Сравнение приведенных нормативных показателей, с точки зрения их влияния на обоснование средств резервирования, мероприятие достаточно сложное. Тем не менее, в работе [1] была сделана такая попытка, которая для определенных условий показала на приемлемое совпадение результатов по обоснованию величины оперативной составляющей нормативного резерва мощности.

Независимо от принципов управления электроэнергетической отраслью (централизованный, рыночный), методика решения задачи оценки показателей балансовой надежности при использовании методов комбинаторики или статистического моделирования базируется на двух взаимосвязанных этапах:

- формирования уровней нагрузки и случайных состояний генерирующей мощности, вызванных внеплановыми выводами в аварийный ремонт оборудования электростанций;
- оценки сформированных состояний на предмет обеспечения нагрузки территориальных зон.

Следует понимать, что задача оценки показателей балансовой надежности является составной частью решения задачи обоснования оперативной составляющей нормативного резерва мощности. До настоящего времени в

моделях оценки показателей балансовой надежности ЭЭС не конкретизировались типы генерирующего оборудования, участвующие в покрытии спроса потребителей. И это было оправдано, так как при оценке показателей балансовой надежности из всего множества сформированных случайным образом состояний генерирующей мощности и нагрузки менее процента случайно сформированных состояний генерирующей мощности и нагрузки являются дефицитными. Только в этих состояниях генерирующая мощность используется в полном объеме. В бездефицитных состояниях, коих более 99 %, генерирующая мощность превышает нагрузку. Эти состояния не оказывают влияния на показатели балансовой надежности и в них с позиций обеспечения баланса генерирующую мощность можно как угодно перераспределять между различными типами станций (ГЭС, ТЭС, АЭС, ВИЭ).

Учет участия ГЭС в покрытии спроса потребителей в бездефицитных состояниях можно осуществить только при отдельном формировании функций снижения генерирующих мощностей, вызванных выводами оборудования во внеплановый (аварийный) ремонт, для тепловых, в том числе атомных станций и для агрегатов ГЭС сезонного (годового) регулирования стока. При этом, как показывают исследования, ВИЭ могут быть включены в первую группу. Методические подходы для оценки каждого сформированного по мощности генерации на ГЭС и ТЭС состояния также должны трансформироваться. Учитывая, что перераспределение мощности между ГЭС и ТЭС с АЭС может быть осуществлено только на бездефицитных состояниях и никоим образом не влияет на показатели балансовой надежности возможно применение правила максимальной загрузки тепловых и атомных электростанций. При этом алгоритм оценки показателей балансовой надежности строится таким образом, чтобы загрузка ГЭС от одного сформированного случайным образом бездефицитного состояния к другому изменялась. Процесс изменения динамический, в котором конечным результатом является достижение, если это возможно, плановых показателей производства электроэнергии на ГЭС (с позиций экономии не возобновляемых энергоресурсов) для всех временных интервалов, (сутки, сезон, год) для которых имеется информация по энергообеспеченности.

Применение при оценке показателей балансовой надежности отдельного моделирования случайных состояний по ГЭС и ТЭС с АЭС позволяет определить генерирующие мощности, требуемые для обеспечения нагрузки отдельно для этих типов станций. Это открывает возможность определения необходимой добавки к величине оперативной составляющей нормативного резерва мощности, вызванной недостаточной энергообеспеченностью ГЭС в маловодные годы. Для этого необходимо проведение двух расчетов определения оперативного резерва мощности (рис. 2), — при прогнозируемой величине производства электроэнергии на ГЭС ($W_{\text{прог.}}$) и для маловодного года ($W_{\text{пр.м.г.}}$). В обоих расчетах величина оперативного резерва мощности (на рисунке — генерирующей мощности необходимой для покрытия нагрузки $P_{\text{ген.}}$) остается неизменной. При этом за счет изменения энергообеспеченности ГЭС $\Delta W_{\text{обесп.}} = W_{\text{прог.}} - W_{\text{пр.м.г.}}$ происходит перераспределение генерирующих мощностей участвующих в покрытии нагрузки между ГЭС ($P_{\text{ГЭС1}}$ и $P_{\text{ГЭС2}}$) и ТЭС с АЭС. Разница в перерас-

пределении и будет являться надбавкой к оперативному, а следовательно и нормативному резерву мощности $\Delta R_{\text{опер.}} = P_{\text{ГЭС1}} - P_{\text{ГЭС2}}$.

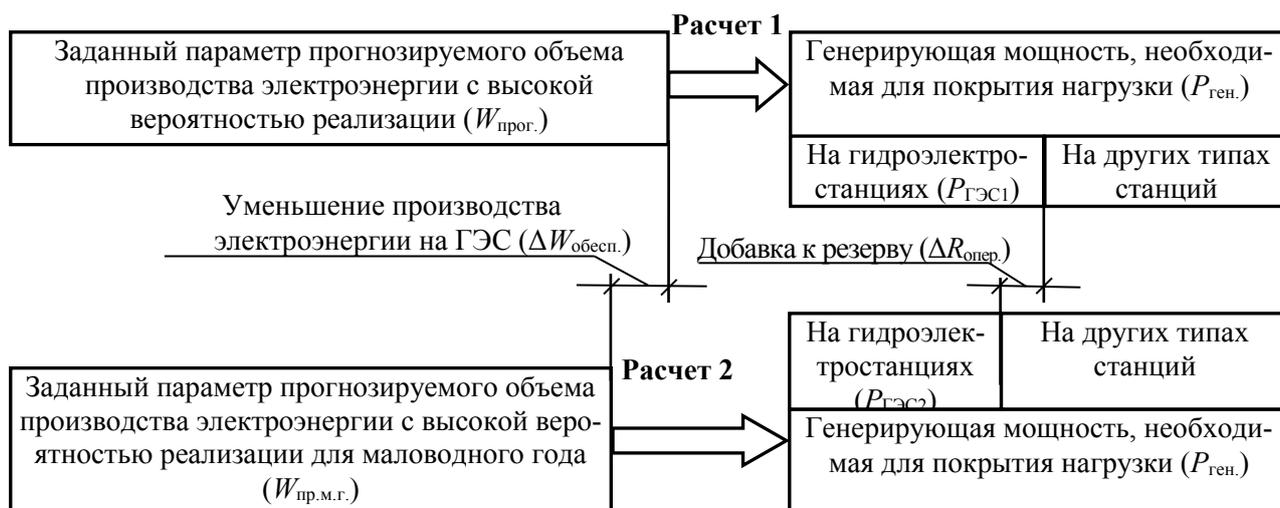


Рис. 2. Определение добавки к нормативному резерву мощности из-за возможного снижения производства электроэнергии на ГЭС в маловодные годы.

Практические результаты учета ограниченности энергообеспеченности ГЭС. Получение практических результатов по учету энергообеспеченности ГЭС в задаче обеспечения балансовой надежности было сопряжено с модернизацией имеющегося программного обеспечения (ПВК «Орион-М» [1]), в том числе под дополнительное информационное наполнение. Информационное наполнение, помимо энергообеспеченности ГЭС, еще и сопряжено с рядом особенностей оценки показателей балансовой надежности, применяемых в отечественной практике. В первую очередь это относится к описанию режима электропотребления. Как было отмечено, в отечественной практике при определении показателей балансовой надежности используется средний суточный часовой график нагрузки декабря месяца с возможностью учета случайных отклонений нагрузки, вызванных температурным фактором. Понятно, что такое представление нагрузки никак не может согласовываться с планируемыми в работе СиПР ЕЭС показателями потребления электрической энергии. Для устранения этого фактора в методике вводятся некоторые поправочные коэффициенты. Следует подчеркнуть, что делается это не из-за невозможности учета существующего или прогнозируемого режимов электропотребления в программном обеспечении определения показателей балансовой надежности и средств резервирования, а из-за отсутствия доступной для исследователей информации. Это относится и к вопросам энергообеспеченности ГЭС в разрезе временных интервалов на уровне часов, суток, месяцев. Доступной сегодня является только информация в разрезе года.

Доля производства электроэнергии на ГЭС в Европейской части ЕЭС России составляет всего 7,8 %, в то время как ОЭС Сибири 51,2 %. Именно этим можно объяснить введение при проведении процедуры КОМ для ценовой зоны Сибири дополнительной составляющей (8,55 %) к нормативному резерву мощности, вызванной возможными режимными ограничениями ГЭС в маловодные годы. В табл. 2 представлены результаты добавки к нормативному резерву

мощности, полученные в результате применения разработанной методики. Видно, что добавка к нормативному резерву мощности величиной 8,55 %, принятая в соответствии с п. 107 ПП РФ № 1172, возможна для случая, когда разница производства электроэнергии между наиболее вероятным и маловодным годами составляет 17,27 %.

Таблица 2. Добавки к нормативному резерву мощности, вызванные возможным снижением производства электроэнергии на гидроэлектростанциях ОЭС Сибири

Показатель	Процент снижения производства электроэнергии на ГЭС ОЭС Сибири						
	0	2,5	5,0	7,5	10,9	15,0	17,27
Производство электроэнергии на ГЭС, млн кВт · ч	107377	104692	102008	99324	95673	91270	88832
Мощность ГЭС в покрытии нагрузки, МВт	20801	20431	20071	19701	19196	18571	18225
Добавка к резерву мощности МВт, %	0 0 %	370 1,22 %	730 2,42 %	1100 3,65 %	1605 5,33 %	2230 7,40 %	2576 8,55 %

Такой разницы не наблюдалось ни в одной редакции СиПР ЕЭС (табл. 1 и рис. 1). Для рассматриваемого года она, в соответствии с табл. 1, составляет только 10,9 %, (в табл. 1 числа 107377 и 95673 млн кВт · ч). В результате анализа фактического и прогнозируемого производства электроэнергии на гидроэлектростанциях ОЭС Сибири снижение производства электроэнергии на них для маловодных годов не должно превышать 7,9 %. В соответствии с табл. 2 это соответствует добавке к величине нормативного резерва мощности максимум 4,5, но не 8,55 %, принятых при проведении процедуры КОМ на 2022—2025 гг.

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. Чукреев, Ю. Я. Модели обеспечения надежности электроэнергетических систем / Ю. Я. Чукреев. — Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 1995. — 176 с.
3. Ковалев, Г. Ф. Надежность систем электроэнергетики / Г. Ф. Ковалев, Л. М. Лебедева. — Новосибирск : Наука, 2015. — 224 с.
4. Billinton, R. Reliability Evaluation of Power Systems. Second Edition / R. Billinton, R. N. Allan. — New York and London : Plenum Press, 1996. — 509 p.
5. Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем : утв. Приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г., № 281. — Москва : Минэнерго РФ, СО 153-34.20.118-2003.
6. Волькенау, И. М. Экономика формирования электроэнергетических систем / И. М. Волькенау, А. Н. Зейлигер, Л. Д. Хабачев. — Москва : Энергоатомиздат, 1981. — 320 с.

В статье выполнен анализ динамики объемов рубок ухода в молодняках в период 2013—2020 гг., выполнено сравнение коридорного и селективного методов рубок ухода. Приведена оценка экономической эффективности рубок ухода в молодняках. Показана невысокая экономическая эффективность этого вида ухода. Со ссылкой на авторитетные источники приведено пояснение о нецелесообразности коррекции объемов осветлений и прочисток по экономическим соображениям.

Ключевые слова: Республика Коми, Койгородское лесничество, осветления и прочистки, методы рубок ухода в молодняках, экономическая эффективность рубок ухода

Ю. Н. Шатрыкина,
2 курса магистратуры, направление «Лесное дело»
(Сыктывкарский лесной институт)

ДИНАМИКА ОБЪЕМОВ И ТЕХНОЛОГИЯ РУБОК УХОДА В МОЛОДНЯКАХ В КОЙГОРОДСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

Рубки ухода являются важным мероприятием в комплексе лесохозяйственных работ [1, 3, 4, 6]. Актуальность исследования данного вида работ кроме этого также определяется необходимостью решения проблемы интенсификации лесного хозяйства, одним из основных компонентов которой являются именно рубки ухода. В связи с этим целью данной работы является оценка динамики объемов и технологий рубок ухода в молодняках в Койгородском лесничестве Республики Коми. Уход за молодняками (осветления и прочистки) является первоочередным, несмотря на то, что вырубаемая древесина не реализуется, как, например, в других странах с интенсивной формой ведения лесного хозяйства (Финляндия). Рубки ухода, в том числе и в молодняках, осуществляются в соответствии с Правилами ухода за лесами [5]. Объемы и виды данных рубок ухода отражены в лесохозяйственном регламенте Койгородского лесничества [2].

Койгородское лесничество расположено в таежной лесорастительной зоне и относится к Двинско-Вычегодскому таежному району. Площадь территории под эксплуатационными лесами составляет около 548 тыс. га, а под защитными — около 73 тыс. га. Согласно данным лесохозяйственного регламента Койгородского лесничества ежегодный объем для проведения рубок ухода в молодняках составляет 850 га [2]. Интенсивность рубок ухода в молодняках принята в пределах 20—60 % [5].

В соответствии с программой исследований был выполнен подбор и анализ литературных источников, нормативной документации и законодательных актов по теме исследования, ознакомление с Лесным кодексом РФ, Лесохозяйственным регламентом и структурой ГУ РК «Койгородское лесничество» [1, 2], с планово-картографическими материалами лесоустройства. Был выполнен анализ данных материалов лесничества об объемах рубок ухода в молодняках за 2013—2020 гг. На основе собранных материалов (технологических карт, проектов рубок ухода, проектов лесовосстановления) была выполнена оценка динамики объемов рубок ухода в молодняках в лесничестве и определена экономи-

ческая эффективность рубок ухода в молодняках. Состояние насаждения после рубок ухода в молодняках (2020 г.), в Гривенском участковом лесничестве (кв. 413) показано на рис. 1.

Результаты исследований показывают, что на всех исследуемых участках после рубок ухода произошли положительные изменения. Породный состав изменился таким образом, что участие хвойных пород увеличилось с 2-5 единиц до 5—10 единиц, а участие нежелательных пород соответственно уменьшилось. Сомкнутость полога насаждений после рубок снизилась, но составила величину, допустимую согласно Правилам ухода за лесами.

Можно надеяться, что к финальной рубке для заготовки древесины на участках сформируются древостои с требуемой товарной структурой, а после их рубки будет обеспечено успешное лесовосстановление.



Рис. 1. Состояние насаждения после рубок ухода в молодняках (2020 г.), в Гривенском участковом лесничестве (кв. 413)

Анализ динамики объемов рубок ухода в молодняках в целом по Койгородскому лесничеству в период с 2013 по 2020 г. показал следующее. Ежегодный объем площади осветлений и прочисток изменялся от 575 до 854 га. Увеличение объемов рубок чередовалось с их уменьшением. В то же время наблюдается общая тенденция к увеличению площади осветлений и прочисток. Это свидетельствует о важности данного вида работ, так как в настоящее время основная причина смены хвойных лесов на лиственные (осину и березу) — это недостаточные объемы рубок ухода именно в молодняках. Поэтому необходимо стремиться к увеличению показателей объема рубок ухода в молодняках, несмотря на их высокую себестоимость и отсутствие быстрого экономического эффекта.

На исследуемых участках применялась коридорная технология ухода и селективный метод. Коридорный метод применяется при затенении главных пород рядовых культур первого десятилетия или в естественных молодняках. Известна предпочтительность селективного способа ухода в молодняках, учитывая тенденцию к переходу на интенсивное ведение лесного хозяйства. При этом способе достигается равномерное размещение деревьев по площади и создание благоприятных условий почвенного и светового питания. Равномерный уход дает более высокие лесоводственные результаты по сравнению с другими способами и наиболее целесообразен при выращивании высококачественной древесины.

Расчет эффективности инвестиций в рубки ухода в молодняках показал следующее [7]. Индекс доходности составил 0,24 руб./руб., а срок окупаемости вложений в эти рубки — 21 год. То есть экономически это мероприятие не эффективно. Тем не менее в настоящее время при наличии финансирования, объемы рубок ухода в молодняках по экономическим соображениям обычно не корректируются, несмотря на их низкую экономическую эффективность. При этом учитывается, что такие рубки имеют большое лесоводственное значение, обеспечивая к финальной рубке формирование насаждений требуемого состава и производительности, а в процессе всей жизни насаждения — высокую экологическую эффективность.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации: от 04.12.2006 : принят Гос. Думой 8 ноября 2006 г. : одобр. Советом Федерации 24 ноября 2006 г.: ред. от 27.12.2018 г. // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 07.12.2020).
2. Лесохозяйственный регламент ГУ «Койгородское лесничество» Республики Коми / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды. — Вологда, 2017. — 154 с.
3. Мелехов, И. С. Лесоводство / И. С. Мелехов. — 4-е изд. доп., испр. — Москва : МГУЛ, 2007. — 324 с.
4. Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений : приказ Минприроды России от 04.12.2020 № 1014 : рег. от 18.12.2020 N 61556 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 25.01.2021).
5. Об утверждении Правил ухода за лесами : приказ Минприроды России от 30.07.2020 N 534 : рег. от 18.12.2020 № 61555// СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.01.2021).
6. Сеннов, С. Н. Лесоведение и лесоводство : учебник / С. Н. Сеннов ; Изд-во «Лань» (ЭБС) — 3-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2011.
7. Тихонов, А. С. Лесоводство : учебник / А. С. Тихонов, В. Ф. Ковязин ; Изд-во «Лань» (ЭБС). — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 480 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112049> (дата обращения: 12.01.2021).
8. Сборник задач к учебному пособию «Основы устойчивого лесопользования» / сост. и общ. ред. А. В. Беляковой, Н. М. Шматкова ; Всемирный фонд дикой природы (WWF). — Москва : WWF России, 2014. — 139 с.

В работе представлен анализ охраняемых территорий МО ГО «Сыктывкар». Показана их высокая значимость при формировании экологического (природного) каркаса городских территорий. Разработаны предложения дальнейшего усиления роли охраняемых территорий в зеленой инфраструктуре. В качестве основных параметров определены ведущие их составляющие.

Ключевые слова: экологический каркас, городские охраняемые территории, заказники, городские леса, ботанические, дендрологические сады, рекреационные ландшафты

Е. В. Юркина,
доктор биологических наук, профессор;
Д. М. Русяева,
3 курс, направление подготовки «Ландшафтная архитектура»
(Сыктывкарский лесной институт)

ОХРАНЯЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ МО ГО «СЫКТЫВКАР» И ИХ РОЛЬ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА

Процессе становления города сопровождается постепенной деградацией природных экосистем. На их месте формируются урбоэкосистемы с иными типами взаимодействия биоты. Общая напряженность, складывающаяся в сфере городских экологических проблем, формируется исходя из местоположения населенного пункта, характера промышленного воздействия, сформированности зеленой инфраструктуры, входящей в экологический каркас (ЭК). На Севере проблема взаимоотношений между городом и природной средой имеет ряд особенностей, вызванных значительным масштабом промышленных районов и низкой устойчивостью ландшафтов к антропогенным нагрузкам. На данном основании изучение экологической ситуации в городах, расположенных на севере, является приоритетным направлением исследований при формировании ЭК с целью эффективного управления городской средой.

ЭК представляет совокупность ключевых точек, включающих экологически и функционально взаимосвязанные территории, интегрированные в городскую среду. В пространстве муниципального образования ЭК должен занимать площадь не менее 25 % территории. Для улучшения качества городской среды современное городское планирование предусматривает создание сети зеленых насаждений. В условиях крупного столичного города очищающая роль растений озелененных территорий невелика, они не в состоянии сами по себе обеспечить нас необходимым количеством кислорода. На первое место выходит декоративная, эстетическая роль зеленых насаждений и художественный уровень искусственно созданных посадок. В условиях сурового климата наиболее ценной частью, формирующей экологический (природный) каркас, являются городские охраняемые природные территории (ГОПТ). Важнейшими его элементами являются территории с заповедным режимом, в разной степени изъятые из эксплуатации. Они служат резерватами генофонда флоры и фауны и выполня-

ют экологические функции на локальном уровне. Это наиболее ценная часть зеленого пространства, создание и деятельность которого регулируется рядом Федеральных законов. Способность к выживанию у таких природных систем меньше, чем у крупных природных массивов. Охраняемые городские территории имеют как правило более низкий (региональный, муниципальный) статус. ГОПТ обладают рядом особенностей, которые отличают их от остальных видов ООПТ и придают им особую значимость [2]. Их спецификой являются меньшие размеры, фрагментарность, нестабильные взаимосвязи между его отдельными объектами. В целом городским ландшафтам свойственна мозаичность, разнообразие урбобиотопов, присутствие видов растений и животных всевозможного происхождения. Способность к выживанию у них меньше, чем у крупных природных массивов.

В Республике Коми (РК) создана значительная сеть ООПТ. Их общая территория составляет 5,4 млн гектаров (13 % ее площади). К сожалению правовой режим ООПТ РК не приведен в соответствие с законодательством. Особенно заметно это отражается на ГОПТ, где нередко бывает трудно определить границы и соблюдать охранный режим.

В РФ среди 19,7 тыс. ООПТ около 1050 (5,5 %) находится на территории городов. Из городских природных территорий около 80 % приходится на Европейскую часть России. Самое большое количество ООПТ расположено в г. Екатеринбурге. Здесь они занимают 19,7 тыс. га (17,3 % территории города). Второе место у Москвы — 17,7 тыс. га (6,9 %). На третьем месте Пермь — 8,4 тыс. га (10,6 %). Чтобы выполнить свою функцию по разным научным оценкам, ООПТ должны занимать от 20 до 40 % городских территорий.

Среди выделенных в России категорий ООПТ на территории МО ГО «Сыктывкар» в состав ЭК входят государственные природные заказники, ботанические и дендрологические сады, городские леса и парки. Они имеют региональный и местный уровень охраны. Площадь охраняемых территорий в МО ГО «Сыктывкар» составляет 9282,05 га. Это всего 0,172 % от площади ООПТ РК и 0,61 % от площади МО ГО «Сыктывкар». Среди охраняемых территорий природные, природно-антропогенные и искусственно созданные экосистемы, которые частично изъяты из эксплуатации. По конфигурации они формируют приречный, с крупномассивными лесными элементами ЭК городских территорий крупного северного столичного города МО ГО «Сыктывкар».

Наивысшей категорией ГОПТ являются государственные природные заказники, имеющие республиканское значение. Заказник «Белоборский», площадью 9000 га обладает комплексным профилем. Это значительный лесной массив, принадлежащий МО ГО «Сыктывкар», который был зарегистрирован в 1978 г. Его общая площадь — 9000,0 га. В заказнике сохраняется природный комплекс средней тайги, включая животный и растительный мир среднего течения р. Вычегды и острова Нидзьяс. Биологическое разнообразие здесь соответствует зональному. Болотный заказник «Без названия» общей площадью 250 га представлен олиготрофным сфагновым болотом. Частично затрагивает территорию МО ГО «Сыктывкар» болотный заказник «Пычимский», его площадь, отнесенная к Сыктывкару, не определена.

Городскими лесами (ГЛ) признаются участки произрастающих в границах населенного пункта лесных насаждений, которые выполняют средозащитные, оздоровительные, экологические функции и используются для организации отдыха и туризма. Они находятся в зоне минимального экологического риска и невысоких антропогенных нагрузок. Городские леса причислены Лесным кодексом к защитным лесам (ст. 102), а, следовательно, подразумевается, что входят в группу охраняемых земель. Однако их статус до конца не проработан и из-за этой неопределенности они не могут на сегодняшний день быть ООПТ в истинном понимании данного слова. Этим объясняется неупорядоченное рекреационное освоение и пользование, достаточно бессистемное и не продуманное благоустройство территорий и строительство. Здесь нередко располагаются транспортные, складские и коммунальные объекты. Городские леса входят в систему городского жизнеобеспечения, являясь основой благоприятной окружающей среды городов.

Рекреационные услуги ГЛ носят комплексный характер, так как для разных вариантов отдыха людей важны различные комбинации всех трех основных групп экосистемных услуг: продукционных, средообразующих, информационных. В ГЛ МО ГО «Сыктывкар» среди продукционных наиболее значимы недревесные ресурсы леса — грибы, ягоды, ресурсы лечебных растений и продуктов их метаболизма, охотничьи и рыбные ресурсы — любительская охота, рыбалка на внутренних водоемах. В целом биопродукционные ресурсы в рекреационном аспекте имеют региональное и местное значение. Их качество определяется наличием лечебных и декоративных растений, грибов, ягод, возможностями для охоты и рыбалки. В сфере обеспечения средообразующих услуг ГЛ МО ГО «Сыктывкар» решают задачи обеспечения чистоты воды, поддержания рыболовства, снижения уровня загрязнения воздуха, уменьшения эффекта «городского теплового острова» и др. Наличие лесных массивов способствует поступлению в г. Сыктывкар чистого воздуха, что помогает в очищении вредных выбросов в атмосфере. Информационные экосистемные услуги включают показатели биологического разнообразия, отвечающего за нормальное и устойчивое функционирование биосистем. Однако сведений о коммерческом применении генетических ресурсов, полученных в российских экосистемах, не имеется, поэтому оценить используемый объем услуг в ГЛ лесах МО ГО «Сыктывкар» в настоящее время не представляется возможным.

Леса — основной тип растительности МО ГО «Сыктывкар». Они покрывают около 55,6 % его территории. В самом городе ГЛ утратили самостоятельное значение и входят в структуру застройки в виде остаточных фрагментов, отличающихся разной степенью сохранности. В г. Сыктывкаре ГЛ не изучены и их площадь не определена. По разным источникам она варьирует от 2873,7 до 40800 га. На государственный кадастровый учет с проведением лесоустройства поставлено всего пять кварталов площадью 370 гектаров. Размещение естественных лесных массивов вдоль рек и шоссе делает их широко доступными для жителей близлежащих населенных пунктов. Такое мощное воздействие рекреации ведет к постепенному деградированию ГЛ Сыктывкара, сокращению площадей хвойных пород. Значительную территорию здесь стали занимать открытые без-

лесные пространства. Участки сохранных хвойных ГЛ имеются за железнодорожным вокзалом, в городском районе «Доручасток», местечке Красная Гора, но для поддержания равновесия необходимы природоохранные мероприятия, поскольку небольшие массивы лесов достаточно уязвимы.

В число природно-антропогенных ГОПТ входят ботанический сад СыктГУ им. П. Сорокина, который основан в 1972 г. В коллекции 321 высших сосудистых растений, из них 17 видов относятся к редким и охраняемым. На его территории имеется сохранный фрагмент елового леса. К сожалению вопреки здравому смыслу, и действующего законодательства отдан под вырубку и застройку старейший в стране ботанический сад, ранее входящий в структуру Коми ГПИ. На этом примере просматривается правовая незащищенность ГОПТ. Ботанический сад Коми государственного педагогического института заложен в 1935 г. На данной территории впервые в республике начали сажать деревья и ягодные кустарники, которые ранее считались непригодными для севера. Всего более 1000 деревьев и кустарниковых растений прошли многолетнюю акклиматизацию и адаптированы к суровым климатическим условиям. По периметру в качестве защиты от ветра высажены тополя. Территория охватывала две части: декоративную, состоящую из интродуцированных видов (различные клёны, аллеи сортовых сиреней, дерена, кедров и др.), и дендропарка, где представлены деревья и кустарники, типичные для северного региона: сосны обыкновенной, елей, черёмухи, ольхи и т.д. Спустя десятилетия, когда Сыктывкар вырос и ботанический сад оказался в его центре, он стал выполнять функцию своего рода «легких» города. Его общая площадь составляла 208,6 тыс. м². Сейчас сохранный часть вошла в состав Ботанического сада СыктГУ им. П. Сорокина.

В Республике Коми юннатское движение активно развернулось в 30-е годы прошлого столетия. На пришкольных участках школ проводилась опытническая работа по выращиванию овощных культур. 13 марта 1941г. была организована Республиканская станция юных натуралистов и опытников сельского хозяйства. В 1979 году, станция юннатов получила новое здание и большую территорию. Она была разбита на отделы, среди которых цветочно-декоративный, плодово-ягодный, дендрологический парк РЦЭО. Создана коллекция древесных растений и кустарников из инорайонных видов. Среди интродуцентов здесь представлены — дуб черешчатый, орех маньчжурский, яблоня колючая, клён ясенелистый, вяз горный, лещина и другие виды.

Дендрологический участок Сыктывкарского лесного института создан в 2010 г. для образовательной и эколого-просветительная деятельность. Научно-исследовательская работа студентов, проводимая под руководством преподавателей кафедры Ландшафтной архитектуры, строительства и землеустройства, связана с изучением перспективных для озеленения северных городов видов растений. С основания Дендрологического участка большое внимание уделяется изучению значимого в структуре городских посадок вида — сосны сибирской.

В Сыктывкаре имеются два исторических парка. Они могли бы быть включены в число городских ОПТ, если бы не их незначительная площадь, низкое разнообразие ассортимента и плохое экологическое состояние. Два новых городских парка расположенные в Эжвинском районе города, также незна-

чительны по площади и сравнимы по размерам выделенной территории с городскими скверами.

В общей массе природные, природно-антропогенные и антропогенные ГОПТ г. Сыктывкара на настоящий момент сохраняют существенную часть своего биоразнообразия. Искусственно созданные ГОПТ показывают расширенный ассортимент и перспективные районированные виды. В основном на охраняемых территориях города сформировался свой микроклимат, они выполняют средоформирующие функции, входя в состав ЭК МО ГО «Сыктывкар». Основу коридоров, обеспечивающих миграцию видов, составляют улицы города, которые требуют дополнительного внимания и ухода. В городе Сыктывкаре очевидна нехватка парков, крупных зеленых зон между многоэтажными домами. В качестве буферных зон необходимо обустроить пригодные леса и создать экологические парки. В программу развития ЭК города необходимо включить развитие паркового хозяйства и благоустройство пригородных лесов. Факт создания природной территории не означает длительного сохранения экосистем, поэтому необходим мониторинг негативного воздействия города на ГОПТ, своевременные меры, предотвращающие деградацию данных объектов. Урболесному мониторингу подлежат все насаждения МО ГО «Сыктывкар» [1].

Таким образом, проведенный анализ показывает, что в городе имеются перспективные участки, которые могли бы быть включенными в экологический каркас МО ГО «Сыктывкар». В условиях относительной устойчивости ландшафтов возможно включение лесных массивов (не менее 2—3 га) в селитебные территории. Очевидно, что только изоляция природных лесных массивов от интенсивных транспортных потоков, активных форм отдыха, от воздействия загрязнений, будет влиять на устойчивость ЭК и являться источником восстановления и обогащения животного и растительного мира. В качестве новых перспективных зон могут стать: лесной экологический парк Сыктывкара (спортивная база «Динамо»), массив хвойного леса, расположенного в городском районе «Доручасток», луговые ассоциации местечка «Алешино» и «Красная гора», участки леса в городской черте, предназначенные для рекреации.

Библиографический список

1. Юркина, Е. В. Методический подход к осуществлению урболесного мониторинга городских лесов МО ГО «Сыктывкар» / Е. В. Юркина // Проблемы и перспективы изучения естественных и антропогенных экосистем Урала и прилегающих регионов : сб. материалов XIX Всерос. заоч. конф. (г. Стерлитамак, 25 мая 2019 г.). — Стерлитамак : Стерлитамак. СФ БашГУ, 2019. — С. 85—92.

2. Юркина, Е. В. Специфика регионального энтомомониторинга в условиях крупного северного города европейской России / Е. В. Юркина, С. В. Пестов, // Теоретическая и прикладная экология — 2016. — №1. — С. 62—70.