

Научная статья
УДК 630*96

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ КАК ОБЪЕКТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Давид Денисович Жернаков¹, Анастасия Юрьевна Чевардина²

^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ davidzhernakov@gmail.com

² chevardinaayu@m.usfeu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые особенности лесохозяйственных и лесозаготовительных операций как объектов моделирования, подчеркивается важность учета стохастичности и потоков древесного сырья, а также демонстрируются современные подходы и инструменты для создания эффективных гибридных моделей и цифровых двойников.

Ключевые слова: моделирование лесных операций, лесозаготовительные технологии, лесохозяйственные процессы, цифровой двойник

Для цитирования: Жернаков Д. Д., Чевардина А. Ю. Особенности лесозаготовительных и лесохозяйственных операций как объектов моделирования // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 629–632.

Original article

FEATURES OF LOGGING AND FORESTRY OPERATIONS AS MODELING OBJECTS

David D. Zhernakov¹, Anastasia Yu. Chevardina²

^{1, 2} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ davidzhernakov@gmail.com

² chevardinaayu@m.usfeu.ru

Abstract. The article discusses the key features of forestry and logging operations as modeling objects, emphasizes the importance of accounting for stochasticity and wood raw material flows, and demonstrates modern approaches and tools for creating effective hybrid models and digital twins.

Keywords: forestry operations modeling, logging technologies, forestry processes, digital twin

For citation: Zhernakov D. D., Chevardina A. Yu. (2026) Osobennosti les-ozagotovitel'ny'x i lesoxozyajstvenny'x operacij kak ob`ektov modelirovaniya [Features of logging and forestry operations as modeling objects]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 629–632. (In Russ).

Современное лесное хозяйство и лесозаготовительная промышленность характеризуются высокой сложностью управления, обусловленной пространственно-временной неоднородностью лесных экосистем и влиянием многочисленных случайных факторов. Эффективное управление лесными ресурсами в таких условиях требует перехода от реактивных к предиктивным методам, основанным на комплексном моделировании. Актуальность данной работы определяется необходимостью разработки и применения адекватных моделей, способных учитывать уникальные особенности лесных операций для поддержки принятия стратегических и тактических решений, обеспечивающих как экономическую эффективность, так и принципы устойчивого лесопользования [1, 2].

Специфика моделирования в лесном хозяйстве и лесозаготовках вытекает из природы самих объектов. Основные особенности систематизированы в таблице.

Характеристики объектов моделирования в лесном секторе

Особенность	Факторы влияния	Пример практического применения
Пространственно-временная неоднородность	1. Долгосрочный горизонт роста древостоя 2. Изменения размерно-качественных характеристик древостоя с течением времени. 3. Воздействие климатических условий 4. Условия местности	1. Использование прогнозных моделей роста древостоя для планирования рубок ухода и лесовосстановления 2. Оптимизация процесса построения маршрутов трелевки и планирования лесных дорог с учетом рельефа и типов почв
Технологическая стохастичность	1. Неоднородность сырья (размеры, форма деревьев) 2. Зависимость от погодных условий 3. Сезонность проведения лесозаготовительных работ	Учет переменной производительности оборудования, например, харвестера, время работы которого на одном дереве зависит от его диаметра, сбег и породы

Особенность	Факторы влияния	Пример практического применения
Мультимасштабность процессов	Необходимость одновременного учета уровней от стратегического планирования на уровне лесного фонда до оперативных задач на уровне отдельной машины или дерева	Применение системной динамики для долгосрочного балансирования возрастной структуры лесов и использование детализированных инженерных моделей для анализа процессов на уровне оборудования

Подход к моделированию существенно различается в зависимости от решаемых задач: будь то оптимизация технологических цепочек лесозаготовок или прогнозирование динамики экосистем.

В области лесозаготовок ключевой акцент делается на логистику и эффективность использования ресурсов. Наиболее популярным инструментом для этих целей является дискретно-событийное моделирование, которое позволяет анализировать системы с очередями и ограниченными ресурсами. С его помощью решаются задачи по минимизации простоев техники, анализу узких мест в логистической цепи вывозки древесины и оптимизации работы лесопогрузочных пунктов [1–3]. Фактически создаваемая модель становится цифровым двойником лесозаготовительного комплекса, на котором можно тестировать различные сценарии работы, оценивая последствия изменения парка машин или возникновения внештатных ситуаций [4].

Для моделирования лесохозяйственных операций, где ключевую роль играют сложные взаимодействия в экосистеме, активно используют агентные модели. В таких моделях каждый самостоятельный элемент системы (агент), будь то участок леса или популяция вредителя, обладает своими свойствами и поведением. Этот подход успешно используется для прогнозирования распространения лесных пожаров, моделирования динамики численности насекомых-вредителей, для планирования санитарных мероприятий, а также для оценки долгосрочной эффективности различных стратегий лесовосстановления [5]. Существуют специализированные программные платформы, позволяющие строить сценарии развития лесных территорий на столетия вперед с учетом климатических изменений и хозяйственной деятельности.

Заключение

Компьютерное моделирование является эффективным инструментом, позволяющим увеличить возможности научных исследований и найти эффективное решение задач производства. Современное моделирование лесопромышленных операций основывается на гибридных подходах, объединяющих методы дискретно-событийного и агентного моделирования.

Фундаментальным требованием к данным системам является учет пространственно-временной неоднородности объектов моделирования, а также мультимасштабность и стохастическая природа настоящих процессов. Популярной тенденцией становится создание комплексных цифровых двойников лесных экосистем и предприятий. Такие виртуальные копии, аккумулирующие в реальном времени биологические, технологические и экономические параметры, позволяют не только анализировать текущее состояние, но и предсказывать последствия управленческих решений, выбирая оптимальный путь для устойчивого и рентабельного ведения лесного хозяйства.

Список источников

1. Виртуальная лесосека для имитационного моделирования / В. В. Побединский, Н. Н. Теринов, Э. Ф. Герц, А. В. Мехренцев // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 374–380.
2. Григорьев И. В. Моделирование и оптимизация лесозаготовительных производств. М. : Лесная промышленность, 2010. 320 с.
3. Медведев С. О. Применение агентного моделирования в лесной экологии // Лесной вестник. 2018. Т. 22, № 4. С. 45–52.
4. Чубинский В. В. Системная динамика в управлении природными ресурсами. СПб. : Лань, 2015. 288 с.
5. Шутов И. В., Катаев О. А. Цифровые двойники в лесном комплексе: концепция и перспективы // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3. С. 112–125.