

Научная статья
УДК 63.630

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Марат Костантинович Бедарев¹, Дарья Алексеевна Просвирина²,
Евгений Николаевич Власов³

¹⁻³ Санкт-Петербургский лесотехнический университет имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

¹ marat22082001@gmail.com

² dashaprosvirina02@gmail.com

³ vlasov-en@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые возможные направления механизации лесного хозяйства России и особенности применения моделирования этих процессов механизации.

Ключевые слова: механизации лесного хозяйства, моделирование, математическая модель

Для цитирования: Бедарев М. К., Просвирина Д. А., Власов Е. Н. О некоторых особенностях моделирования механизированных процессов в лесном хозяйстве // 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. 574–578.

Original article

ON SOME FEATURES OF MODELING MECHANIZED PROCESSES IN FORESTRY

Marat. K. Bedarev¹, Daria O. Prosvirina², Evgeny N. Vlasov³

¹⁻³ Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, St. Petersburg, Russia

¹ marat22082001@gmail.com

² dashaprosvirina02@gmail.com

³ vlasov-en@mail.ru

Abstract. The article discusses some possible directions of forestry mechanization in Russia and the features of applying modeling of these mechanization processes.

Keywords: forestry mechanization, modeling, mathematical model

For citation: Bedarev M. K., Prosvirina D. A., Vlasov E. N. (2026) О некоторых особенностях моделирования механизированных процессов в лесном хозяйстве [On some features of modeling mechanized processes in forestry]. 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. 574–578. (In Russ).

Механизация лесохозяйственных технологических процессов может включать в себя обработку почвы, расчистку лесных площадей, лесопосадочные работы, сбор и обработку семян, защиту леса от вредителей, пожаров валочно-трелевочные работы, транспортировку леса [1]. В большинстве этих процессов основой служит трактор с навесным или прицепным технологическим оборудованием.

В лесном хозяйстве эксплуатируется большое количество почвообрабатывающих, расчистных, посевных, лесопосадочных, корчевальных, лесопожарных, валочно-трелевочных и других машин. Условия выполнения этих механизированных работ крайне тяжелые: разбросанность участков, крутые склоны, бездорожья, переувлажнения почвы, не раскорчеванные площади, лесные массивы и т. д. [2]. Все это выдвигает особые требования к надежности, устойчивости, металлоемкости, проходимости машин. Поэтому основными направлениями развития лесохозяйственного производства можно назвать комплексную механизацию и автоматизацию всех производственных процессов, интенсификацию на базе комплексной механизации, повышение эффективности процессов на основе научно-технического прогресса, прогрессивной техники и технологии.

Для решения этих задач и создаются системы машин для комплексной механизации основных технологических процессов, рациональные системы управления ими, увеличиваются скорости движения и производительность машин, энергоемкость тракторов. К сожалению, с этим обозначились и технические недоработки. Например, с 60-х гг. прошлого века мощность тракторов возросла приблизительно в 2 раза, а производительность только на 15 %. Кроме избыточной мощности, это объясняется отсутствием оптимизации энергозатрат, усложнением управления и ухудшением динамики машин с увеличением скорости операции.

По зарубежным исследованиям, тракторист расходует 60 % энергии на управление, из них 40 % непроизводительно, из-за вибрации недоиспользуется 35 % мощности двигателя машины. Виброускорение оператора на сидении трактора при трелевке достигает 0,8g, а при подъеме груза стрелой – 0,9g, при опускании груза рукоятью – 0,85g и поворота манипулятора до 1,5 [3].

Все это вызывает проблемы комфортной работы оператора, снижения динамической нагруженности машин, оптимизации технологических динамических процессов. Все эти проблемы могут быть решены посредством моделирования функционирования этих машин.

Только серийное производство валочно-пакетирующих машин может обеспечить механизацию и повышение производительности лесосечных работ. К сожалению, технологическое оборудование отечественных машин обладает большой массой, малой надежностью. Так, у ЛП-17 и ЛП-19 эта масса составляет до трети массы машин, а наработка на отказ соответствует порядка нескольких десятков часов.

Перечисленные недостатки объясняются в частности использованием статистических методов расчета вместо динамических, отсутствием оптимального проектирования машин, высокой их динамической нагруженностью. Все это вызывает необходимость моделирования технологической процессов лесохозяйственных машин и их систем функционирования и управления ими как динамическими системами. Моделирование с оптимизацией систем механизации не только может обеспечить повышение качества машин, но и их более высокий технический уровень и позволит сократить сроки создания и доводки этих машин.

Несколько слов об особенностях моделирования механизированных процессов в лесном хозяйстве.

Моделирование представляет метод изучения динамических систем и реализации ими технологических процессов. Моделирование – это отображение или воспроизведение закономерностей следуемым процессам. При этом, как правило, отбрасываются побочные факторы, усложняющие расчеты, и выделяются основные закономерности функционирования динамических систем. В итоге модель отражает характерные свойства сложного оригинала и дает основную информацию о его функционировании.

При проектировании и создании лесных машин используются физическое, математическое или смешанное моделирование. При физическом моделировании сохраняется физическая природа оригинала процесса и выполняются подобию геометрических и физических параметров моделируемых машин. В этом случае процессы воспроизводятся лишь в другом, как правило уменьшенном, масштабе. При этом имеется возможность изучать процессы, неподдающиеся математическому описанию. Изготовление физических моделей зачастую бывает трудоемкой операцией, но из этого следует обычно значительно меньше затрат на изготовление опытного образца, особенно при выборе оптимального варианта машины.

В настоящее время более широкое применение находит математическое моделирование. Под математической моделью процесса понимается его математическое описание в конкретных условиях функционирования машин. Для математических моделей лесных машин исходными являются

системы уравнений, связывающие выходные показатели качества со входными воздействиями.

Модели на ЭВМ основываются на разработке алгоритма, устанавливающего с помощью логических и математических операций связь между входными и выходными переменными системы.

Смешанное моделирование используется при затруднении математического описания отдельных процессов машин и внешнего воздействия, при учете работы оператора и т. д.

Функционирование машинно-тракторных агрегатов (МТА) можно рассматривать как реакцию на входные возмущающие и управляющие воздействия. Первые отражают условия работы машины (воздействие среды), а вторые – управления оператором или устройством. В задаче управления вектор управляющих воздействий является выходным сигналом. Выходные переменные образуют вектор-функцию показателей качества функционирования машины, характеризующих динамические и (или) тяговые качества, энергетические или технико-экономические затраты. Таким образом, структура МТА может задаваться в виде расчетной схемы, системы уравнения и передаточных функций.

Например, структура функционирования МТА задается силовой передачей. В этом случае входными параметрами являются силовые воздействия от двигателя и почвы через навесное оборудование, а выходными величинами – крутящий моменты на наиболее гибком звене машины. Управление реализуется оператором путем заглубления в почву навесного оборудования (плуга, например) и регулирования топливоподачи в двигатель. Возникающие крутильные колебания в силовой передаче определяют ее динамическую загруженность и долговечность, а также экономичность работы двигателя. Поэтому конечной целью моделирования является установление оптимальной структуры и оптимальных параметров силовой передачи, минимизирующих динамическую нагруженность МТА.

Таким образом, процесс моделирования МТА с помощью ЭВМ можно разделить на следующие логические этапы, перечислим основные из них:

- обоснование кинематической схемы по технологическим и конструктивным требованиям проектирования и разработка расчетной модели;
- расчет и идентификация параметров функционирования машины и аппроксимация внешнего воздействия;
- разработка математической модели машины и выбор критерия качества ее функционирования.

Формализация механической системы, как объекта моделирования, осуществляется с учетом ее основных особенностей, упрощающих решение задачи. К ним можно отнести:

- характер управления, внешнего воздействия и упруго-диссипативных связей в МТА;

– дискретизация системы с распределенными параметрами и линеаризацией квазилинейных характеристик связей;

– различные способы упрощения расчетной модели.

После этого может оказаться, что поставленная задача может быть решена качественными методами аналитического расчета без использования численных методов ЭВМ.

Список источников

1. Зима И. М., Малюгин Т. Т. Механизация лесохозяйственных работ. М. : Лесная промышленность, 1976. 416 с.

2. Анисимов Г. М. Условия эксплуатации и нагруженности трелевочного трактора. М. : Лесная промышленность, 1975. 166 с.

3. Александров В. А. Нагруженность лесосечных машин на лесозаготовках. СПб. : СПбГЛТУ им. С. М. Кирова, 2021. 256 с.