

УДК 629

ОПТИМИЗАЦИЯ МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПРИ СОХРАНЕНИИ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Диана Юрьевна Стурова

студент

urasturov@yandex.ru

Михаил Сергеевич Колдин

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию проблемы оптимизации массогабаритных характеристик транспортно-технологических машин (ТТМ) в современном сельскохозяйственном машиностроении. Рассматривается влияние оптимизации на экономические показатели, топливную экономичность и экологическую безопасность. Представлена методология исследования, основанная на современных методах оптимизации, включая математическое моделирование и системный анализ. Результаты сравнительного анализа двух конструктивных решений демонстрируют существенное улучшение эксплуатационных показателей при снижении массы машины на 15%. Показаны перспективы совершенствования ТТМ через внедрение адаптивных конструкций и интеллектуальных систем управления.

Ключевые слова: транспортно-технологические машины (ТТМ), оптимизация массогабаритных характеристик, сельскохозяйственное машиностроение, интеллектуальные системы управления, эксплуатация.

В современных условиях развития сельскохозяйственного машиностроения особую актуальность приобретает проблема оптимизации массогабаритных характеристик транспортно-технологических машин (ТТМ) [1]. Данная проблема имеет комплексный характер, поскольку массогабаритные параметры существенно влияют на экономические показатели эксплуатации, топливную экономичность и экологическую безопасность машин [2].

Ключевая сложность оптимизации заключается в необходимости одновременного достижения двух противоречивых целей: минимизации массы и габаритов машины при сохранении или повышении её функциональных возможностей [3]. Существующие технические решения часто приводят к ухудшению показателей производительности, надёжности или манёвренности при снижении массы [4]. При этом необходимо учитывать определенные ограничения применения: потребность в дополнительных инвестициях, сложность внедрения новых материалов, необходимость квалифицированного персонала и модернизацию производственной базы. Методология исследования базируется на современных методах оптимизации, включающих математическое моделирование, компьютерную оптимизацию, экспериментальные исследования и прочностные расчёты. Особое внимание уделяется применению методов системного анализа, позволяющих учитывать взаимосвязь всех параметров машины [7, 11].

Особое внимание уделяется применению методов системного анализа, позволяющих учитывать взаимосвязь всех параметров машины. В рамках этой методологии особое внимание уделяется разработке интеллектуальных систем диагностики, способных прогнозировать износ узлов и агрегатов. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые возможности для поиска оптимальных решений.

Современные тенденции развития ТТМ требуют постоянного совершенствования методов оптимизации с учётом новых технологических возможностей (рисунок 1) [8].

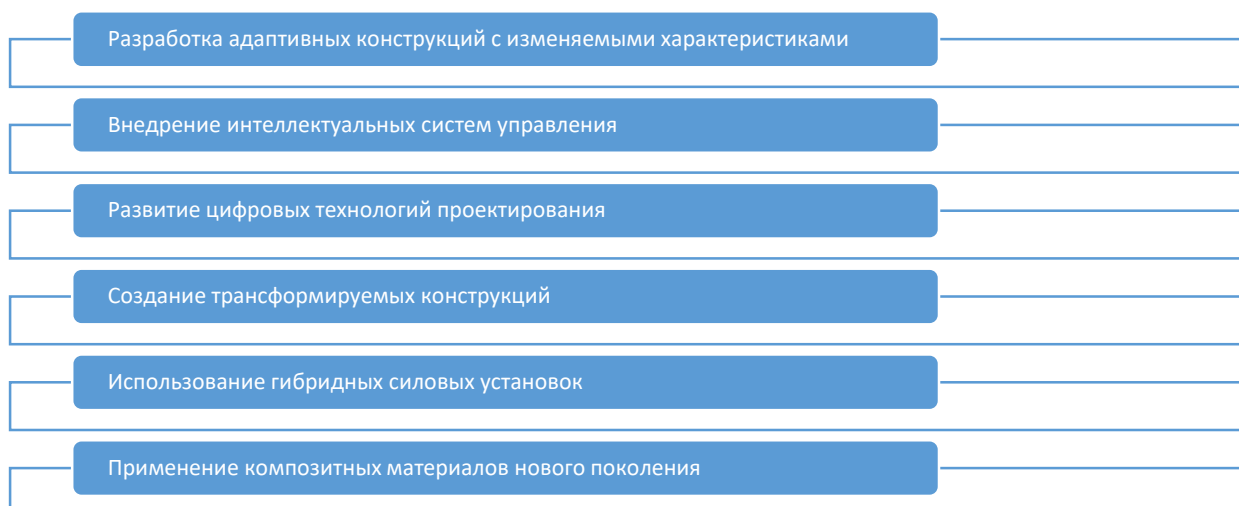


Рисунок 1 - Перспективные направления совершенствования методов оптимизации ТТМ.

Достижение высоких показателей оптимизации является возможным благодаря комплексному применению современных материалов и технологий (рисунок 2). В конструкции могут быть использованы высокопрочные стали нового поколения с улучшенными механическими характеристиками, композитные материалы для несущих конструкций, алюминиевые сплавы в некритичных узлах, а также современные защитные покрытия от коррозии. Для второстепенных элементов необходимо применять облегченные сплавы, что позволит снизить массу без ущерба для прочности и надежности [5].

Процесс оптимизации включает анализ исходных данных, постановку задачи оптимизации, выбор критериев оптимизации, разработку математической модели, проведение расчётов, оценку результатов и корректировку параметров.

Анализ взаимосвязей между параметрами показал следующие закономерности. Существует степенная зависимость между массой машины и мощностью двигателя, которую можно представить в виде [6]:

$$N \sim m^{\alpha}, \quad (1)$$

где $\alpha < 1$;

Например, при снижении массы на 15% мощность уменьшилась пропорционально, но в меньшей степени - на 8,3%. Нагрузка на почву обычно демонстрирует практически линейную зависимость от массы машины [2, 6]:

систем неразрушающего контроля, испытательных стендов и диагностического оборудования [2]. Экономический эффект от оптимизации проявляется в существенной экономии топлива.

Эксплуатационные факторы также могут оказывать влияние на итоговые показатели. Условия работы машины, качество технического обслуживания и квалификация обслуживающего персонала способствуют сохранению высоких показателей производительности при сниженной массе. При этом удастся сохранить работоспособность машины на требуемом уровне, обеспечив необходимый запас прочности и надежности [4, 11].

Технико-экономические показатели оптимизации демонстрируют высокую эффективность примененного подхода. Годовой экономический эффект E_T можно рассчитать по формуле $E_T = E \cdot C_T$, где C_T - стоимость топлива за литр [3].

Энергоэффективность машины повышается за счет снижения массы конструкции, оптимизации мощности двигателя и улучшения аэродинамических характеристик [7, 10, 12]. Экологический эффект проявляется в уменьшении выбросов CO_2 на 12%, снижении механического воздействия на почву и уменьшении шумового загрязнения.

Перспективные направления дальнейшего совершенствования включают внедрение адаптивных систем управления, применение интеллектуальных материалов, использование гибридных силовых установок и разработку модульных конструкций. Критические факторы успешной оптимизации определяются правильным выбором оптимальных материалов, точностью математических моделей, качеством производственных процессов и строгим соблюдением технологических параметров [3].

Для масштабирования полученных результатов рекомендуется разработка методических указаний, создание типовых решений, формирование базы данных материалов и внедрение системы мониторинга эффективности. Потенциал дальнейших улучшений оценивается в следующих пределах:

дополнительное снижение массы до 10%, уменьшение расхода топлива на 8-10%, повышение производительности до 102% от исходного уровня и улучшение маневренности на 15%.

Таким образом, проведённая оптимизация ТТМ подтверждает эффективность комплексного подхода с применением современных технологий и материалов. Это позволяет создавать более производительные машины нового поколения, как при разработке, так и при модернизации, обеспечивая оптимальное сочетание массогабаритных характеристик и эксплуатационных показателей [9-14].

Список литературы:

1. Машиностроение для сельского хозяйства: современные тенденции развития / Под ред. А.И. Завражнова. М.: Росинформагротех, 2023. 324 с.
2. Оптимизация конструкций сельскохозяйственных машин / В.А. Новиков, С.И. Богомолов. СПб.: Лань, 2024. 284 с.
3. Цифровые технологии в сельскохозяйственном машиностроении / Под ред. Н.В. Краснощёкова. М.: ИНФРА-М, 2023. 312 с.
4. Композитные материалы в современном машиностроении / А.В. Петров, М.И. Сидоров. М.: КолосС, 2024. 296 с.
5. Интеллектуальные системы управления в агроинженерии / В.Г. Фомин, А.С. Иванов. М.: РУСАВИА, 2024. 348 с.
6. Современные методы оптимизации сельскохозяйственной техники / С.А. Васильев, П.И. Михайлов. СПб.: Политехника, 2023. 278 с.
7. Экологические аспекты сельскохозяйственного машиностроения / Под ред. И.Г. Горячкина. М.: ИНФРА-М, 2024. 368 с.
8. Проектирование энергоэффективной сельскохозяйственной техники / В.М. Николаев, А.П. Орлов. М.: Росинформагротех, 2023. 320 с.
9. Инновационные материалы в сельскохозяйственном машиностроении / Е.А. Смирнов, В.В. Кузнецов. СПб.: Лань, 2024. 294 с.

10. Автоматизация и цифровизация сельскохозяйственной техники / Под ред. М.А. Иванова. М.: ИНФРА-М, 2023. 316 с.

11. Стурова, Д. Ю., Колдин М. С. Модульный принцип проектирования в машиностроении // Наука и Образование. 2024. Т. 7. № 4. EDN RJSTJZ.

12. Контроль качества продукции на стадиях ее жизненного цикла / С. В. Бородкина, А. Е. Хубаева, Д. С. Невзоров, М. С. Колдин // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 2. EDN EXH1NB.

13. Хубаева А. Е., Бородкина С. В., Колдин М. С. САПР в компьютерно-интегрированном производстве (КИП) // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2. EDN UDJEBZ.

14. Хубаева А. Е., Колдин М. С., Ланцев В. Ю. Роль САПР в жизненном цикле продукта // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. EDN BAABHP.

UDC 629

**OPTIMIZATION OF MASS AND DIMENSIONAL
CHARACTERISTICS OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL
MACHINES WHILE PRESERVING THEIR PERFORMANCE**

Diana Yu. Sturova

Student

urasturov@yandex.ru

Mikhail S. Koldin

candidate of technical sciences, associate professor

koldinms@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. This article is devoted to the study of the problem of optimizing the mass and dimensional characteristics of transport and technological machines (TTM) in modern agricultural engineering. The impact of optimization on economic indicators, fuel efficiency, and environmental safety is examined. The research methodology, based on modern optimization methods, including mathematical modeling and system analysis, is presented. The results of a comparative analysis of two design solutions demonstrate a significant improvement in performance indicators while reducing the machine's mass by 15%. The prospects for improving TTM through the implementation of adaptive structures and intelligent control systems are shown.

Keywords: transport and technological machines (TTM), optimization of mass and dimensional characteristics, agricultural engineering, intelligent control systems, operation.

Статья поступила в редакцию 24.10.2025; одобрена после рецензирования 20.12.2025; принята к публикации 29.12.2025.

The article was submitted 24.10.2025; approved after reviewing 20.12.2025; accepted for publication 29.12.2025.