

ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ TIMBER PROCESSING COMPLEX. TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL QUESTIONS

УДК 630*371

Д. А. Кононович¹, С. Е. Арико², С. П. Мохов²

¹ООО «ЗУМЛИОН БЕЛ-РУС»

²Белорусский государственный технологический университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ С УЧЕТОМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ МАШИНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

В статье представлены результаты анализа способов погрузки и разгрузки лесосечных отходов, влияющих на изменение распределения величин опорных реакций машины для их транспортировки. В процессе проведения теоретического исследования рассматривались различные варианты и способы укладки лесосечных отходов на грузовую платформу. В зависимости от угла поворота гидравлического манипулятора и веса поднимаемых лесосечных отходов определено перераспределение величин реакций под колесами полуприцепа при работе с аутригерами и без них. Выполнен сравнительный анализ диагональной укладки лесосечных отходов на полуприцеп, укладки на гидроуправляемый борт и центр грузовой платформы. Рассмотрены способы укладки лесосечных отходов с открытыми и закрытыми гидроуправляемыми бортами. Даны рекомендации по выбору способа укладки лесосечных отходов на грузовую платформу на основе изучения устойчивости полуприцепа. Выполнен анализ эффективности применения аутригеров на разгрузке лесосечных отходов в зависимости от изменения веса лесосечных отходов в грузовой платформе полуприцепа.

Ключевые слова: лесосечные отходы, способы погрузки, укладка, анализ, опорные реакции.

Для цитирования: Кононович Д. А., Арико С. Е., Мохов С. П. Сравнительный анализ способов выполнения погрузочно-разгрузочных операций с учетом перераспределения опорных реакций машины для транспортировки лесосечных отходов // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 1 (276). С. 105–111.

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-14.

D. A. Kononovich¹, S. Ye. Ariko², S. P. Mokhov²

¹LLC “ZOOMLION BEL-RUS”

²Belarusian State Technological University

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR PERFORMING LOADING AND UNLOADING OPERATIONS TAKEN INTO ACCOUNT OF REDISTRIBUTION OF SUPPORTS REACTIONS OF MACHINE FOR TRANSPORTING LOGGING WASTE

The article presents the results of an analysis of the methods of loading and unloading logging waste, which influence the change in the distribution of the values of the support reactions of the machine for their transportation. In the process of conducting a theoretical study, various options and methods for placing logging waste on a loading platform were considered. Depending on the angle of rotation of the hydraulic manipulator and the weight of the logging waste being lifted, the redistribution of reaction values under the wheels of a semi-trailer was determined when working with and without outriggers.

A comparative analysis of diagonal stacking of logging waste on a semi-trailer, laying on a hydraulically controlled side and the center of a loading platform was carried out. Methods for laying logging waste with open and closed hydraulically controlled sides are considered. Recommendations are given for choosing a method for placing logging waste on a loading platform based on a study of the stability of the semi-trailer. An analysis was made of the effectiveness of using outriggers for unloading logging waste depending on the change in the weight of logging waste in the cargo platform of a semi-trailer.

Keywords: logging waste, ways of loading, stowage, analysis, normal reactions.

For citation: Kononovich D. A., Ariko S. Ye., Mokhov S. P. Comparative analysis of methods for performing loading and unloading operations taken into account of redistribution of supports reactions of machine for transporting logging waste. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 1 (276), pp. 105–111 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-14.

Введение. Эффективность эксплуатации машины для транспортировки лесосечных отходов во многом зависит от их объема. Увеличение данного показателя можно достичь за счет уплотнения и рациональной укладки на грузовой платформе. Оборудование для транспортировки лесосечных отходов, устанавливаемое на полуприцеп, может оснащаться гидроуправляемыми бортами, функциональное назначение которых заключается в увеличении объема грузовой платформы и степени уплотнения лесосечных отходов путем периодического закрытия и открытия бортов [1–4]. При этом укладка должна осуществляться с возможностью наиболее эффективного и равномерного наполнения полуприцепа. Процесс погрузки и разгрузки лесосечных отходов связан с работой манипулятора и подъемом груза на его максимальном вылете, что влияет на устойчивость полуприцепа. С учетом этого существует необходимость анализа способов выполнения технологических операций с целью определения наиболее эффективных и рациональных вариантов их укладки, которые будут обеспечивать устойчивость полуприцепа и эффективное его наполнение. С учетом вышесказанного актуальным является проведение исследований различных способов погрузки и разгрузки лесосечных отходов, анализ их влияния на устойчивость транспортной системы на основе изучения изменения величин опорных реакций под колесами полуприцепа и базового трактора согласно разработанной математической модели [2] с учетом работы гидроманипулятора.

Основная часть. Теоретическими исследованиями установлено, что на устойчивость машины для транспортировки лесосечных отходов значительное влияние будет оказывать способ укладки и вес погружаемого материала. С учетом влияния поворота гидроманипулятора с грузом можно выделить несколько способов загрузки полуприцепа. Первый способ связан с загрузкой лесосечных отходов с открытыми гидроуправляемыми бортами, второй – с закрытыми.

Погрузка первым способом предусматривает несколько вариантов укладки: диагональная укладка лесосечных отходов по краям бортов, укладка с одной стороны борта и укладка центральной части грузовой платформы.

Исследованиями, проводимыми по разработанной математической модели [2], установлено, что при повороте порожнего гидроманипулятора на 90° перераспределение величин опорных реакций между левым и правым бортами порожнего полуприцепа достигает до 44,08%, а при подъеме первой пачки весом 1 кН – до 51% (рис. 1). При этом величины реакций под колесами полуприцепа снижаются до 16,2 кН с грузом в грейфере гидроманипулятора и до 17,57 кН без груза.

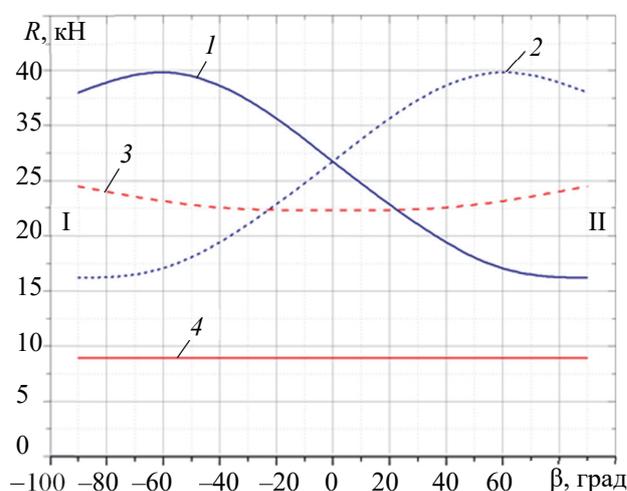


Рис. 1. Изменение реакции под колесами полуприцепа и базового шасси в зависимости от угла поворота гидроманипулятора при загрузке лесосечных отходов весом 1 кН:

1, 2 – левый и правый борта полуприцепа; 3, 4 – задняя и передняя оси базового трактора соответственно;

I – область, соответствующая повороту гидроманипулятора в левую сторону; II – область, соответствующая повороту гидроманипулятора в правую сторону

В случае диагональной укладки лесосечных отходов и размещения первой пачки весом 1 кН

на дальний угол ближайшего борта со стороны поворота гидроманипулятора устойчивость снижается на 35,20% по сравнению с расположением гидроманипулятора над грузовой платформой, а при повороте гидроманипулятора на 90° с грузом такого же веса устойчивость снижается на 40,71%. Для повышения устойчивости при таком способе загрузки рекомендуется укладку пачки начинать с противоположного по отношению к стороне погрузки борта по схеме взаимного пересечения «крест-накрест», с последующей укладкой центральной части грузовой платформы (рис. 2).

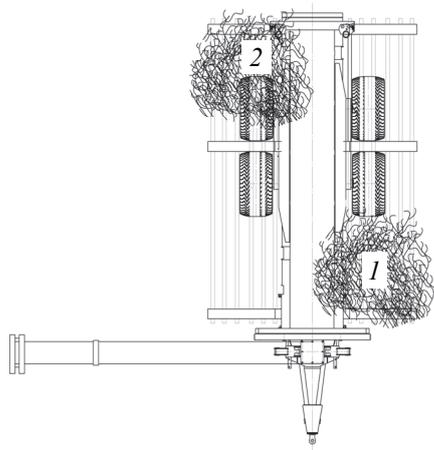


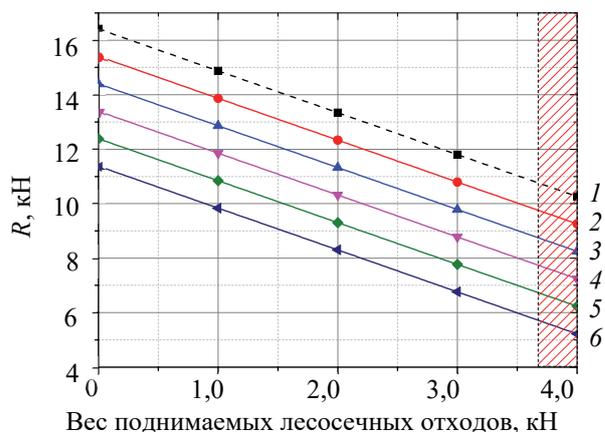
Рис. 2. Схема диагональной укладки лесосечных отходов

Повышения устойчивости полуприцепа еще до 3% можно добиться, соблюдая следующую схему укладки лесосечных отходов на грузовую платформу. Так, первая пачка должна укладываться на край борта, противоположный стороне поворота гидроманипулятора, и размещаться ближе к защитному ограждению, а вторая пачка – по диагонали на дальний край противоположного борта, ближайший к стороне поворота манипулятора. Дальнейшая погрузка осуществляется по схеме взаимного пересечения «крест-накрест», а после заполняется центральная часть грузовой платформы.

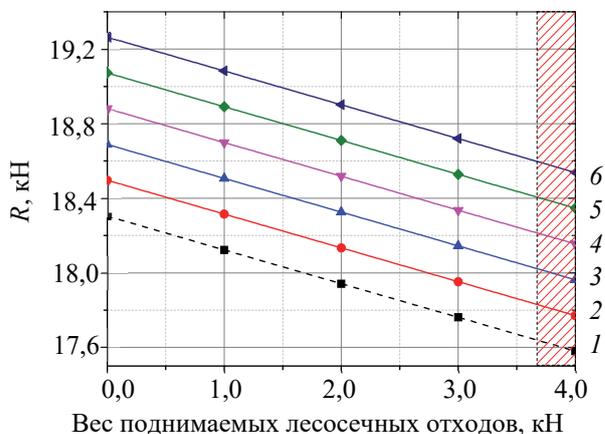
Изменения величин опорных реакций под колесами полуприцепа представлены на рис. 3.

В процессе погрузки лесосечных отходов и укладки их на гидроуправляемый борт полуприцепа (рис. 3) было установлено, что работа с аутригерами (рис. 3, б) приводит к повышению устойчивости полуприцепа на 10–64% в зависимости от веса лесосечных отходов, расположенных на грузовой платформе и веса лесосечных отходов в грейфере. Это связано с тем, что работа с аутригерами изменяет геометрию опорного контура, а погруженные лесосечные отходы на гидроуправляемый борт догружают колеса полуприцепа, увеличивая отношение

между восстанавливающим и опрокидывающим моментами [5–6].



а



б

Рис. 3. Изменение опорных реакций под колесами полуприцепа при погрузке лесосечных отходов (поворот гидроманипулятора 90°): а – работа без аутригеров; б – работа с аутригерами; 1 – $M = 0$ кН; 2 – $M = 1$ кН; 3 – $M = 2$ кН; 4 – $M = 3$ кН; 5 – $M = 4$ кН; 6 – $M = 5$ кН

Однако на практике вариант укладки лесосечных отходов с первоначальной полной загрузкой гидроуправляемого борта применяется крайне редко в связи со снижением обзорности при погрузке и увеличением высоты подъема манипулятора при погрузке последующих пачек. Аутригеры наиболее целесообразно использовать при разгрузке грузовой платформы, так как начало операции разгрузки осуществляется из центра грузовой платформы и уплотненные лесосечные отходы, цепляясь друг за друга, увеличивают вес поднимаемых отходов в грейфере [7].

Исследованиями установлено, что укладка первой пачки весом 1 кН на гидроуправляемый борт, совпадающий со стороной поворота гидроманипулятора, приводит к снижению устойчивости полуприцепа на 6,15%, а при весе пачки 5 кН – на 30,71% при повороте манипулятора

на 90° в сравнении с поворотом порожнего грейфера (рис. 3, *a*). В таком случае наибольшее влияние на устойчивость полуприцепа будет оказывать вес погружаемых лесосечных отходов. Так, при реализации максимальной грузоподъемности манипулятора ГМ-42, соответствующего подъему груза 3,63 кН, устойчивость полуприцепа снизится на 65,36%.

Наиболее рациональным вариантом укладки лесосечных отходов по распределению опорных реакций под колесами полуприцепа будет являться первоначальная загрузка центральной части грузовой платформы (рис. 4).

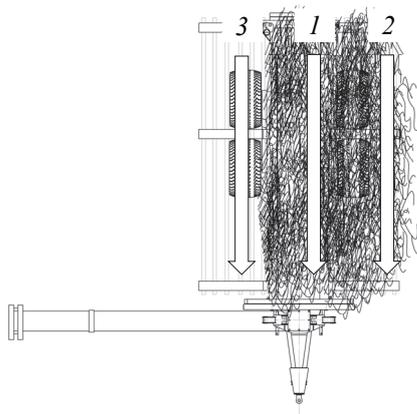
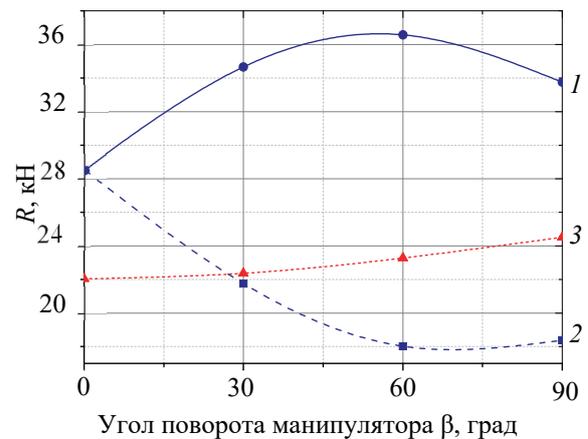


Рис. 4. Схема укладки лесосечных отходов в центральной части грузовой платформы

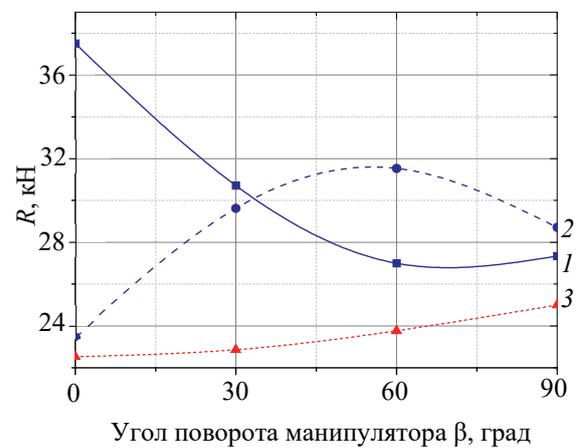
Следует отметить, что погрузка должна осуществляться рядами. Укладка первого ряда должна начинаться с задней части грузовой платформы и заполняться по всей ее длине [8]. Такая укладка лесосечных отходов приведет к дозагрузке реакций под колесами полуприцепа, что позволит на 42,50% увеличить его устойчивость при повороте гидроманипулятора на 90° (рис. 5, *a*). Исследованиями установлено, что второй ряд укладки лесосечных отходов должен осуществляться на гидроуправляемый борт, противоположный повороту манипулятора. Укладка также должна проводиться с задней части гидроуправляемого борта и заполняться по всей его длине. Такой вариант загрузки позволит повысить устойчивость полуприцепа при загрузке на 32,77% (рис. 5, *b*).

После погрузки второго ряда третьим рядом будет являться другой гидроуправляемый борт, расположенный со стороны поворота манипулятора. Так происходит выравнивание величин опорных реакций под колесами правого и левого бортов полуприцепа, в результате повышается его устойчивость и появляется возможность обеспечивать эффективный сбор лесосечных отходов по обе стороны полуприцепа. Дальнейшая погрузка грузовой платформы повторяется согласно схеме рядов и производится до полной

загрузки полуприцепа с периодическим уплотнением лесосечных отходов.



a



b

Рис. 5. Изменение опорных реакций под колесами полуприцепа при укладке центра грузовой платформы:

a – укладка центра грузовой платформы;

b – укладка центра грузовой платформы и противоположного повороту гидроманипулятора борта;

1, 2 – левый и правый борта полуприцепа;

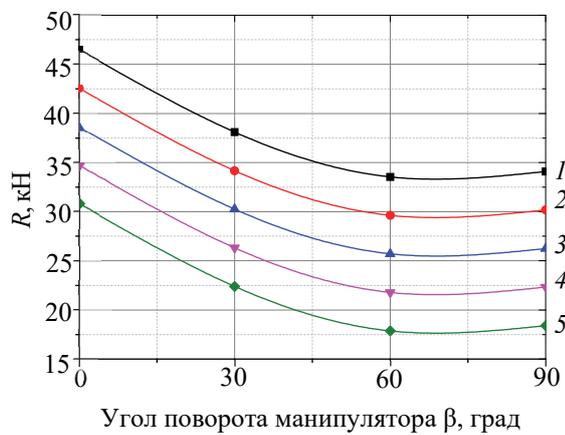
3 – задняя ось базового трактора

Второй способ загрузки лесосечных отходов не имеет существенных отличий от загрузки с открытыми гидроуправляемыми бортами. Основное отличие заключается в отсутствии возможности осуществлять укладку лесосечных отходов на гидроуправляемые борта. Однако такая погрузка значительно снижает рейсовую нагрузку, что приводит к падению производительности транспортировки лесосечных отходов.

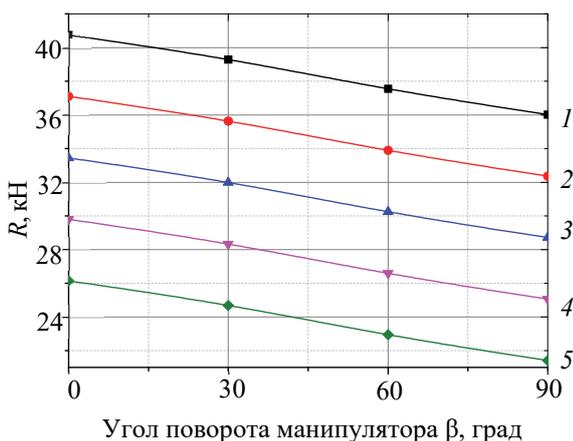
Разгрузка лесосечных отходов согласно теоретическим исследованиям должна осуществляться в обратном порядке. Первым разгружается ряд лесосечных отходов с ближайшего гидроуправляемого борта к стороне поворота

гидроманипулятора. Вторым будет являться ряд отходов, расположенный на противоположном борту к стороне поворота гидроманипулятора. Это приведет к выравниванию величин опорных реакций под колесами полуприцепа на разгрузке лесосечных отходов. Третьей разгружается центральная часть грузовой платформы полуприцепа. При таком способе разгрузки происходят наименьшие перераспределения опорных реакций под колесами полуприцепа, что позволяет повысить устойчивость машины для транспортировки лесосечных отходов. Далее технологические приемы повторяются до полной разгрузки грузовой платформы полуприцепа [9, 10].

Установлено, что с увеличением загрузки грузовой платформы лесосечными отходами до 50 кН устойчивость полуприцепа возрастает на 46% при повороте манипулятора на 90° (рис. 6, а).



а



б

Рис. 6. Изменение опорных реакций под колесами полуприцепа при разгрузке лесосечных отходов
 а – без аутригеров; б – с аутригерами;
 1 – $M = 50$ кН; 2 – $M = 40$ кН; 3 – $M = 30$ кН;
 4 – $M = 20$ кН; 5 – $M = 10$ кН

Это связано с дозагрузкой опорных реакций под колесами левого и правого бортов

полуприцепа машины для транспортировки лесосечных отходов [11–15]. Однако по мере разгрузки грузовой платформы устойчивость полуприцепа будет снижаться, в связи с чем на разгрузке лесосечных отходов целесообразно использовать аутригеры (рис. 6, б).

Так, применение аутригеров на разгрузке лесосечных отходов позволит повысить устойчивость полуприцепа на 5,32% при весе отходов в полуприцепа 50 кН и повороте манипулятора на 90°, а при весе 10 кН – на 14%.

Заключение. В результате сравнительного анализа различных способов погрузки и разгрузки лесосечных отходов установлено, что наполнение центральной части грузовой платформы при открытых гидроуправляемых бортах приводит к повышению устойчивости полуприцепа на 42,50% за счет перераспределения опорных реакций. При этом наиболее эффективным является осуществление укладки лесосечных отходов в начальный период с задней части грузовой платформы. Заполнение первого ряда грузовой платформы в таком случае проводится по всей ее длине до защитного ограждения. Вторым рядом укладки лесосечных отходов должен являться гидроуправляемый борт, расположенный на противоположной стороне поворота гидроманипулятора, который также заполняется по всей его длине начиная с задней части. Этот способ приведет к снижению распределения опорных реакций под колесами полуприцепа до 32,77%, что позволит повысить его устойчивость при погрузке. Продолжается погрузка лесосечных отходов по третьему ряду – ближайшему гидроуправляемому борту к стороне поворота гидроманипулятора. Далее процесс погрузки повторяется по такой же схеме до полной загрузки полуприцепа, при этом осуществляется уплотнение лесосечных отходов гидроуправляемыми бортами. Такой способ укладки кроме повышения устойчивости позволит повысить производительность за счет отсутствия необходимости затрат времени на опускание и подъем аутригеров.

Загрузка лесосечных отходов без открытия гидроуправляемых бортов должна осуществляться также от задней части платформы к защитному ограждению. Данный способ загрузки может использоваться в определенных природно-производственных условиях, например на рубках ухода, где использование гидроуправляемых бортов затруднительно. Уплотнение лесосечных отходов в таком случае осуществляется непосредственно гидроманипулятором за счет придавливания.

При использовании диагональной укладки лесосечных отходов для повышения устойчивости полуприцепа рекомендуется размещать первую пачку лесосечных отходов на краю борта,

противоположного к стороне поворота гидроманипулятора. Причем укладывать ее необходимо ближе к защитному ограждению. Вторая пачка укладывается на дальний противоположный край борта. Дальнейшая погрузка должна осуществляться по схеме укладки взаимного пересечения «крест-накрест», после чего заполняется центральная часть грузовой платформы.

Разгрузка полуприцепа лесосечными отходами осуществляется рядами по схеме в

обратном порядке, причем первым рядом разгрузки должен являться последний загружаемый ряд. Также установлено, что по мере увеличения интенсивности разгрузки устойчивость полуприцепа будет снижаться. А так как при разгрузке отсутствует необходимость переездов, то для выполнения данных технологических операций целесообразно использовать аутригеры, позволяющие повысить устойчивость до 14%.

Список литературы

1. Перспективный комплекс машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов / С. П. Мохов [и др.] // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы Международ. науч.-техн. конф., Минск, 26–28 апр. 2017 г. Минск, 2017. С. 178–181.
2. Математическая модель работы комплекса машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов / Д. А. Кононович [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2020. № 2. С. 192–198.
3. Федоренчик А. С., Ледницкий А. В. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов. Минск: БГТУ, 2010. 446 с.
4. Оценка компоновочной схемы и технологического оборудования проектируемой погрузочно-транспортной машины / С. П. Мохов [и др.] // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревообработ. пром-сть. С. 48–49.
5. Семенов Ю. П. Лесная биоэнергетика. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 350 с.
6. Жуков А. В. Теория лесных машин. Минск: БГТУ, 2001. 640 с.
7. Методика и оценка эффективности эксплуатации погрузочно-транспортной машины в условиях Республики Беларусь / С. А. Голякевич [и др.] // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревообработ. пром-сть. С. 30–32.
8. Леонов Е. А. Оценка влияния вида перевозимого груза на статическую загрузку погрузочно-транспортных машин // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. 2010. Вып. XVIII. С. 108–111.
9. Федоренчик А. С. Оценка влияния формы и размеров кониковых устройств погрузочно-транспортных машин на их грузоподъемность // Труды БГТУ. Сер. 2, Лесная и деревообработ. пром-сть. 2007. Вып. XV. С. 47–51.
10. Методика оценки эффективности применения комплекса машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов / С. П. Мохов [и др.] // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2020. Вып. 231. С. 76–90. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.231.76-90.
11. Леонов Е. А., Федоренчик А. С., Ледницкий А. В. Определение коэффициентов полндревесности отходов лесозаготовок // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. 2008. Вып. № XVI. С. 57–60.
12. Матвейко А. П., Федоренчик А. С. Технология и машины лесосечных работ. Минск: Технопринт, 2002. 479 с.
13. Исаченков В. С., Симанович В. А. Обоснование параметров прицепного технологического оборудования колесных трелевочных машин // Труды БГТУ. 2016. № 2, Лесная и деревообработ. пром-сть. С. 23–27.
14. Кочегаров В. Г., Бит Ю. А., Меньшиков В. Н. Технология и машины лесосечных работ. М.: Лесная пром-сть, 1990. 392 с.
15. Кононович Д. А. Технологии очистки лесосек от лесосечных отходов // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2017. № 2. С. 245–250.

References

1. Mokhov S. P., Korobkin V. A., Golyakevich S. A., Kononovich D. A. Perspective complex machines for collection and transportation logging waste. *Lesozagotovitel'noye proizvodstvo: problemy i resheniya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Logging industry: problems and solutions: materials of the International Scientific and Technical Conference]. Minsk, 2017, pp. 178–181 (In Russian).
2. Kononovich D. A., Ariko S. Ye., Mokhov S. P., Asmolovskiy M. K. Mathematical model of work of the complex of machines for collection and transportation of forestry wastes. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series 2, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2020, no. 2, pp. 192–198 (In Russian).
3. Fedorenchik A. S., Lednitskiy A. V. *Energeticheskoye ispol'zovaniye nizkokachestvennoy drevesiny i drevesnykh otkhodov* [Energy use of low-quality wood and wood waste]. Minsk, BSTU Publ., 2010. 446 p. (In Russian).

4. Mokhov S. P., Golyakevich S. A., Pishchov S. N., Golyakevich S. A. Assessment of the layout diagram and technological equipment of the designed loading and transporting machine. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 48–49 (In Russian).
5. Semenov Yu. P. *Lesnaya bioenergetika* [Forest bioenergetics]. Moscow, MGUL Publ., 2008. 350 p. (In Russian).
6. Zhukov A. V. *Teoriya lesnykh mashin* [The theory of forest machines]. Minsk, BGTU Publ., 2001. 640 p. (In Russian).
7. Golyakevich S. A., Mokhov S. P., Pishchov S. N., Ariko S. Ye. Methodology and assessment of the effectiveness of operating a loading and transporting machine in the conditions of the Republic of Belarus. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 30–32 (In Russian).
8. Leonov E. A. Assessment of the influence of the type of cargo transported on the static loading of loading and transport vehicles. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2010, issue XVIII, pp. 108–111 (In Russian).
9. Fedorenchik A. S. Assessment of the influence of the shape and size of conical devices of loading and transport machines on their load capacity. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2007, issue XV, pp. 47–51 (In Russian).
10. Mokhov S. P., Ariko S. Ye., Kononovich D. A., Protas P. A. Method of evaluating the efficiency of application complex machines for collection and transportation logging waste. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 2020, issue, 231, pp. 76–90. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.231.76-90 (In Russian).
11. Leonov E. A., Fedorenchik A. S., Lednitskiy A. V. Determination of full wood coefficients of logging waste. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2008, issue XVI, pp. 57–60 (In Russian).
12. Matveyko A. P., Fedorenchik A. S. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Technology and machines logging activities]. Minsk, Tekhnoprint Publ., 2002. 479 p. (In Russian).
13. Isachenkov V. S., Simanovich V. A. Substantiation of the parameters of tow technology equipment wheeled skidders. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 23–27 (In Russian).
14. Kocheharov V. G., Bit Yu. A., Men'shikov V. N. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Technology and machines logging activities]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1990. 392 p. (In Russian).
15. Kononovich D. A. Technologies cleaning cutting areas form logging waste. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2017, no. 2, pp. 245–250 (In Russian).

Информация об авторах

Кононович Денис Александрович – специалист по послепродажному обслуживанию отдела сервиса. ООО «ЗУМЛИОН БЕЛ-РУС» (222205, Китайско-Белорусский индустриальный парк “Беликий Камень”, пр-т Пекинский, 16, Республика Беларусь). E-mail: denkon_92@mail.ru

Арико Сергей Евгеньевич – кандидат технических наук, заместитель декана факультета заочного образования. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sergeyariko@mail.ru

Мохов Сергей Петрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lmditlp@belstu.by

Information about the authors

Kononovich Denis Aleksandrovich – After-Sales Service Specialist. LLC “ZOOMLION BEL-RUS” (16, Pekinskiy Ave., 222205, Chinese-Belarusian Industrial Park “Great Stone”, Republic of Belarus). E-mail: denkon_92@mail.ru

Ariko Sergey Yevgen'evich – PhD (Engineering), Deputy Dean of Faculty of Extramural Studies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sergeyariko@mail.ru

Mokhov Sergey Petrovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, Head of the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lmditlp@belstu.by

Поступила 18.10.2023