

**А.А. Борозна², Ф. В. Свойкин¹, К. В. Россихин²,
И. С. Фролов¹, Е. И. Игнатова¹,**

¹ СПбГМТУ,

² СПбГЛТУ имени С. М. Кирова
Санкт-Петербург

МОДУЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН НА ПНЕВМАТИКАХ СВЕРХНИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. Сфера заготовки круглого лесоматериала является основным элементом для Лесопромышленного комплекса страны, поэтому сейчас активно ведется научно-исследовательская деятельность по изучению совершенствования технологических процессов лесосечных работ. В условиях стремительно изменяющейся конъюнктуры рынка особую актуальность приобретает научно обоснованный подход к формированию парка лесозаготовительной техники. Российский рынок специализированного оборудования исторически сложился с высокой зависимостью от импортных поставок (John Deere, Ponsse, Komatsu и др.), что в новых реалиях создает существенные технологические риски для отрасли. Современные требования к лесопользованию акцентируют необходимость минимизации антропогенного воздействия на лесные экосистемы в процессе заготовки древесины. Ключевой проблемой остается негативное влияние тяжелой техники, приводящее к деградации почвенного покрова, нарушению гидрологического режима и снижению биоразнообразия. Интенсивность такого воздействия определяется совокупностью факторов, включая: почвенные характеристики (гранулометрический состав, влажность, содержание органических веществ); технические параметры оборудования (масса и давление на грунт). Наибольшую уязвимость демонстрируют малонарушенные лесные массивы с грунтами III-IV категорий несущей способности, где традиционные технологии лесозаготовки вызывают наиболее существенные экологические последствия. Это требует разработки специализированных технологических решений, сочетающих производственную эффективность с принципами экологической безопасности. В результате исследования изучены конструктивные особенности техники и опыт её эксплуатации на территории Республики Коми и ХМАО Югра, помимо этого приведены данные экономической эффективности.

Ключевые слова: технологический процесс, совершенствование, техника, модульная платформа, пневматики сверхнизкого давления, лесосечные работы, колесный сортиментоподборщик, первичная вывозка, экономическая эффективность, минимизация антропогенного воздействия.

**A.A. Borozna², F. V. Svoikin¹, K. V. Rossikhin^{2*},
I. S. Frolov¹, E. I. Ignatova¹**

¹ St. Petersburg state Marine Technical University,

² St. Petersburg state Forestry university
St. Petersburg, Russia

MODULAR PLATFORM OF MODERN DOMESTIC LOGGING MACHINES POWERED BY ULTRA-LOW PRESSURE PNEUMATICS

Abstract. *The round timber harvesting sector is the main element for the country's forest industry complex, therefore, research and development activities are currently actively underway to study the improvement of technological processes for logging operations. In the context of rapidly changing market conditions, a scientifically based approach to the formation of a fleet of logging equipment is becoming especially relevant. The Russian market for specialized equipment has historically developed with a high dependence on imported supplies (John Deere, Ponsse, Komatsu, etc.), which in the new reality creates significant technological risks for the industry. Modern requirements for forest management emphasize the need to minimize the anthropogenic impact on forest ecosystems in the process of timber harvesting. The key problem remains the negative impact of heavy equipment, leading to soil degradation, disruption of the hydrological regime and a decrease in biodiversity. The intensity of such impact is determined by a combination of factors, including: soil characteristics (particle size distribution, humidity, organic matter content); technical parameters of the equipment (weight and ground pressure). The greatest vulnerability is demonstrated by intact forest areas with soils of III-IV categories of bearing capacity, where traditional logging technologies cause the most significant environmental consequences. This requires the development of specialized technological solutions that combine production efficiency with the principles of environmental safety. As a result of the study, the design features of the equipment and the experience of its operation in the Komi Republic and the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug Yugra were studied, in addition, economic efficiency data are provided.*

Keywords: *technological process, improvement, technology, modular platform, ultra-low pressure tires, logging operations, wheeled timber picker, primary haulage, economic efficiency, minimization of anthropogenic impact.*

Традиционно для освоения территорий применялись классическая гусеничная техника и тяжелый колесный спецтранспорт. Также привлекались традиционные методы, вроде создания зимников. Однако, в свете климатических изменений, эти технологии и средства часто становятся неработоспособными, не соответствуя современным требованиям в развитии науки и техники. Климатические проблемы работы техники представлены далее (рис.1).

Для освоения территорий применяют классическую гусеничную технику по типу трелевочного трактора ТДТ-55А или тяжелый колесный спецтранспорт, например, форвардеры Ponsse Buffalo 8W или Амкодор 2661.



а)



б)

Рисунок 1 – Климатические проблемы работы техники: а – колесный сортиментоподборщик, б – валочно-сучкорезно-раскряжевальная машина

В освоении труднодоступных лесосек со слабонесущими грунтами III–IV категорий, а также при проведении санитарных рубок (сплошных и выборочных) вышеуказанные решения не работают, т.к. традиционные движатели способствуют разрушению земляного покрова и возникновению колеи (рис. 2), что в дальнейшем сказывается на переувлажнении территорий, повторных проездах машин, лесовосстановлении и состоянии почвы. Как следствие, целевые породы находятся в условиях заболоченных лесных участков и рискуют попасть в категорию фауных насаждений.



Рисунок 2 – Образование колеи на погрузочном пункте

На данный момент не представляется возможным закупить машины зарубежных и некоторых отечественных производителей по причинам высокой стоимости техники и наличия зарубежных комплектующих в составе машин российских производителей, а часть эксплуатационных лесов участков лесничеств находится на заболоченных территориях.

Для достижения высокой проходимости в проектировании трансмиссии облегченного шасси снегоболотохода ТРОМ используют привода Робсона (роликовый привод), что позволило сделать привод на все 8 колес, имея на борту 1 раздаточную коробку и два моста. Балансирная подвеска позволила данному шасси всегда иметь равномерное сцепление с поверхностью земли всеми восемью

колесами независимо от рельефа местности. Учитывая, что вся техника ТРОМ плавающая, шасси состоит из двух сочлененных герметичных лодок. Двигатель, КПП, раздаточная коробка, два моста и все агрегаты размещены внутри герметичных лодок, что не позволяет проливаться маслам и другим техническим жидкостям в почву. Благодаря этому возможно применение машин с минимальным воздействием на экосистему в природных парках, родовых угодьях, заповедниках, заказниках, национальных парках, где, помимо минимального удельного давления на почву и отсутствию возможных утечек жидкостей, учитывается и количество выхлопных газов.

Для лесной промышленности с использованием этой технологии были созданы колесные сортиментоподборщики (далее – КС) разных видов. Например, КС ТРОМ 20 УЭС и КС ТРОМ 20 с двигателем ЯМЗ-534. На ближайшего по стоимости конкурента Амкодор установлен другой агрегат, а именно двигатель Д-260.1. По сравнению с ним Ярославский мотор имеет более современную экологическую норму: ЕВРО-5 против ЕВРО-3. Такая существенная разница сказывается на расходе потребляемого топлива [2].

Анализируя графики (рис. 3), заметна разница в технических показателях вышеуказанных двигателей. При большей мощности на более высоких оптимальных оборотах ЯМЗ-534 вырабатывает больший крутящий момент, что положительно сказывается на динамике разгона даже при низких оборотах вращения коленчатого вала и увеличит тяговые характеристики, т.е. повысит грузоподъемность и проходимость машины.

Эксплуатация транспортных средств ТРОМ на протяжении многих лет подтверждает их благоприятное воздействие на ПГУ. Корневая система травяного покрова остается неповрежденной, а стебли поднимаются через два дня после проезда вездехода. Уплотнение почвы под колесами в два раза меньше, чем при движении человека. Удельное давление вездехода ТРОМ с полной загрузкой составляет $0,12 \text{ кг/см}^2$, в то время как человек оказывает давление $0,25-0,3 \text{ кг/см}^2$ на слабом грунте. Итогом таких значений является отсутствие разрушения почвы на погрузочном пункте (рис. 4).

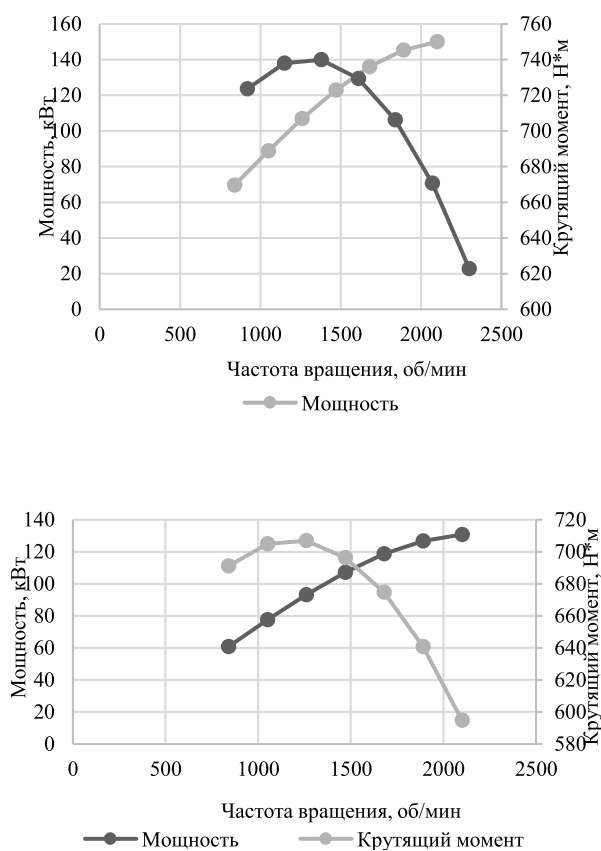


Рисунок 3 – Соотношение крутящего момента и частоты вращения двигателя: а) ЯМЗ-534, б) Д-260.1

Последняя модификация форвардеров представлена моделью ТРОМ 4 (рис. 5), которая имеет более классическую компоновку и улучшенные технические характеристики по сравнению с предыдущими моделями.



Рисунок 4 – Состояние почвы на погрузочном пункте при вывозке древесины с использованием техники ТРОМ



Рисунок 5 – КС ТРОМ модель 4

Данная машина проходила испытания в условиях незамерзших болот зимой 2024-25 года в районе пос. Салым ХМАО-Югра в ООО «Лесные технологии». Большой опыт предыдущих разработок позволил создать машину, приближенную по скорости работы, удобству, надежности к импортным аналогам. В сегодняшней геополитической ситуации важным аспектом становится комплектация техники отечественными узлами и агрегатами, техника ТРОМ на 80 % состоит из отечественных комплектующих, что позволяет снизить затраты на эксплуатацию (расходники) и ремонт подобной техники.

Производство лесной техники не останавливается на производстве колесных сортиментоподборщиков, на данный момент ведутся работы по разработке валочно-сучкорезно-раскряжевой машины на базе данной технологии с собственной харвестерной головкой.

Помимо этого, предлагается на базе отечественной модульной системы, по аналогии с советскими гусеничными решениями, в процессе эволюции проекта покрытие всех кластеров лесной отрасли на основании пневматики сверхнизкого давления (рис. 6).

На данный момент имеются работоспособные экземпляры форвардера, которые проходят испытания на лесозаготовительных производствах.

На этапе разработки находится сразу несколько машин, а именно:

- грузопассажирская платформа («летучка»);
- мульчер;
- дробилка;
- посевной агрегат для минерализованных полос;
- лесовоз;
- автопоезд.

Одними из основных аргументов внедрения подобной техники является опыт эксплуатации и расчет экономической эффективности. Модель 4 внедрена в технологические процессы в организациях, чья деятельность осуществляется в Республике Коми и ХМАО Югра. По опытам эксплуатации имеются технические данные (табл. 1-2).

Таблица 1 – Технические данные при трелевке древесины на расстояние 400 метров в Республике Коми

Наименование параметра	Значение искомого параметра
Объем трелюемой пачки, м ³	10
Расстояние вывозки, км	0,4
Время цикла, мин	44
Часовая производительность, м ³ /ч	13,63
Сменная производительность, м ³ /см	139,03
Производительность за 1 моточас, м ³ /мч	11,59

Таблица 2 – Технические данные при трелевке древесины на расстояние 12 километров в Ханты-Мансийском автономном округе

Наименование параметра	Значение искомого параметра
Объем вывозимого КЛМ, м ³	280
Расстояние вывозки, км	12
Работа двигателя при оборотах коленвала в пределах 1500-1600 об/мин, мч	500
Часовая производительность, м ³ /ч	0,66
Сменная производительность, м ³ /см	6,72
Производительность за 1 моточас, м ³ /мч	0,56

В условиях слабонесущих грунтов III–IV категорий возникает сложность в освоении лесных территорий. В связи с этим принято решение осуществлять вывозку шестиметрового круглого лесоматериала (далее – КЛМ) на расстояние от 4 до 17 км, так как на вышеуказанных территориях машина вынуждена работать в сложных почвенно-грунтовых условиях (далее – ПГУ), которые представлены в виде болота, болотных кочек, крупной гальки и глины. Рельеф местности встречается разнообразный – от затяжных подъемов и спусков до боковых уклонов. Однако на некоторых лесосеках расстояние первичной вывозки составляет 400 метров. Техника проходит как порожней, так и с грузом.

Опираясь на опытные данные и методику расчета [4,5], составлена таблица показателей экономической эффективности (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели экономической эффективности

Показатель	Республика Коми	ХМАО Югра
Годовая производительность, м3	28887,13	1396,26
Сменная производительность, м3	139,03	6,72
Капитальные вложения, тыс. руб.	25000,00	25000,00
Себестоимость заготовки сортиментов, заготовки руб. на м3	1157,66	24714,24

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования руб. / маш.	316,07	6969,57
Годовой текущий эффект (сальдо потока), тыс. руб.	8798,70	9278,38
Чистый дисконтированный доход (Т = 5 лет, а = 20%) тыс. руб.	8347,08	10165,05
Индекс доходности дисконтированных инвестиций	1,33	1,40
Срок окупаемости инвестиций с учетом дисконтирования, лет	3,52	3,31

По данным расчета срок окупаемости каждого варианта находится в районе 3,5 лет, что допустимо и укладывается в период полезного использования техники. В связи с этим использование ТРОМ 20 УЭС модель 4 на разных расстояниях вывозки древесины считается экономически эффективным. Стоит отметить, что себестоимость услуг зависит от нескольких факторов, поскольку, в зависимости от региона, изменяется МРОТ и региональный коэффициент, влияющие на затраты на оплату труда основных рабочих. В технологическом плане имеются различия в расстоянии вывозки, что напрямую влияет на производительность техники и годовую выработку.

Список использованных источников

1. Россихин, К. В. Усовершенствование первичной вывозки древесины методом замены техники на зарубежных комплектующих на отечественную / К. В. Россихин, Ф. В. Свойкин, С. А. Угрюмов // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2021. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 80–85.
2. Россихин, К. В. Совершенствование технологического процесса первичной вывозки древесины путем применения отечественных решений на базе снегоболотоходной техники ТРОМ / К. В. Россихин, Ф. В. Свойкин, В. А. Кацадзе // Материалы XX Международной научно-технической конференции "Актуальные проблемы развития лесного комплекса". – Вологда: ВоГУ, 2022. – С. 328–332.
3. Россихин, К. В. Изучение конструктивных особенностей отечественной техники ТРОМ для работы в условиях труднодоступных лесосек / К. В. Россихин // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и

транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2023 года. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2024. – С. 94–99.

4. Svoikin, F. V. Modernization of skidding and primary removal of wood in the Vologda Region through the use of relevant domestic solutions / F. V. Svoikin, V. F. Svoikin, K. V. Rossikhin [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 515. – P. 03022. – DOI: 10.1051/e3sconf/202451503022.

5. Determining the economic efficiency of operating modern forestry machines / F. V. Svoikin, K. V. Rossikhin, M. V. Taraban [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – P. 05012. – DOI: 10.1051/bioconf/202414505012.

УДК 630.6

А.А. Борозна, А.Ю. Разумовский

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени

С.М. Кирова,

Санкт-Петербург, Российская Федерация

К ВОПРОСУ НЕОБХОДИМОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОНОМНОГО ЛЕСОПИЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСЕКИ

***Аннотация.** Для получения наибольшей эффективности от этого вида лесопользования предлагается создание производственных холдингов, как вариант оптимальной формы хозяйствования в лесной отрасли на основе применения автономного лесопиления и сушки древесины. Как известно, производительность труда можно увеличить двумя способами: экстенсивным и интенсивным. В проекте возможно использовать оба способа. Интенсивный рост достигается за счет внедрения инноваций и модернизации технологий, совершенствования управления. Экстенсивный рост происходит за счет роста темпов производства, то есть работа производится в две смены.*

A.A. Borozna, A.Yu. Razumovsky

St. Petersburg State Forest Technical University

St. Petersburg, Russian Federation

***Abstract.** To maximize the efficiency of this type of forest management, the creation of production holdings is proposed as an optimal form of forest management based on the use of autonomous sawmilling and wood drying. Labor productivity can be increased in two ways: extensively and intensively. The project can utilize both methods. Intensive growth is achieved through the implementation of innovations and*