

УДК 630*308

**СИСТЕМЫ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ
РАБОТ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ
НА ПОЛУГУСЕНИЧНОМ ХОДУ**

Дмитриев Александр Сергеевич

Инженер авторского надзора АО «Гипростроймост-Санкт-Петербург»

г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: dmitriev.nauka@mail.ru

Должиков Илья Сергеевич

Кандидат технических наук

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: idolzhikov222@mail.ru

Григорьев Игорь Владиславович

Доктор технических наук, профессор

Арктический государственный агротехнологический университет

г. Якутск, Россия

e-mail: silver73@inbox.ru

Григорьева Ольга Ивановна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: grigoreva_o@list.ru

Аннотация. В статье выполнен анализ особенностей эксплуатации колесных тракторов на полугусеничном ходу на лесосечных работах. Предложены наиболее оптимальные технологические процессы для использования таких машин малого класса тяги. Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.

Ключевые слова: ЛЕСНЫЕ МАШИНЫ, ПОЛУГУСЕНИЧНЫЙ ХОД, ЛЕСОСЕЧНЫЕ РАБОТЫ, СОРТИМЕНТНАЯ ЗАГОТОВКА, СКАНДИНАВСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Санкционная война, развязанная против Российской Федерации странами Коллективного Запада с 2022 г., а также ответные санкции нашей страны (введение 80% пошлины на древесное сырье), достаточно существенно изменили ситуацию в лесозаготовительном производстве. С рынка России ушли все иностранные компании-производители лесных машин, продукцию которых традиционно приобретали крупные и средние лесопромышленные компании, а также некоторые мелкие – приобретали бывшие в употреблении машины у крупных и средних предприятий, когда те проводили обновление парка машин.

Параллельный импорт лесных машин, запасных частей и оригинальных расходных материалов к ним привел не только к их удорожанию, но и к существенному увеличению сроков их доставки, что крайне негативно сказалось на коэффициенте технической готовности машин. Постепенная девальвация рубля привела (и приводит) к еще большему удорожанию, как самих иностранных машин, так и запасных частей и оригинальных расходных материалов.

Здесь важно отметить еще и то, что санкционная война с нашей страной началась буквально сразу после пандемии Covid-19, во время которой многие отечественные лесопромышленные предприятия уже испытывали очень существенный дефицит оригинальных запасных частей и расходных материалов, связанный с существенным нарушением логистик их доставки, а также остановкой заводов, которые их производили. Из-за этого дефицита уже в 2021 г. «машинный каннибализм» на лесопромышленных предприятиях был отнюдь не редким явлением.

Скачки курсов валют – синусоидальное ослабление и усиление рубля, и ранее были обыденным явлением, но для лесопромышленных предприятий, большая часть продукции которых являлась экспортной, и реализовывалась за доллары США и Евро, эти скачки валют не сильно отражались на себестоимости приобретения и владения лесными машинами. В настоящее время около с экспортного рынка древесины и изделий из нее ушла доля, оцениваемая в 5 млн. м³ в год, которая ранее как раз и продавалась в страны Коллективного Запада, за ту же валюту, за которую приобретались лесные машины и запасные части к ним.

Эту ушедшую долю сейчас пытаются заместить увеличением экспорта на Юг и Восток, а также развитием внутреннего потребления древесины (например, за счет развития деревянного домостроения, включая многоэтажное), но ситуацию с рынком лесных машин это практически никак не улучшает.

Ввиду существенного падения спроса на древесину в лесозаготовительный зимний сезон 2022-2023 гг. многие лесозаготовительные бригады просто не вышли в лес. У многих комплексных лесопромышленных предприятий началось затаривание складов. И ранее казавшиеся очень большие преимущества крупных

лесопромышленных компаний, по сравнению с мелкими, начали достаточно существенно сглаживаться. Это касается не только лесозаготовок. Например, заводы, выпускавшие на дешевом оборудовании не очень качественные древесные пеллеты (обычно используемые в лотки для домашних животных), никаких проблем в своей работе в новых условиях не ощутили, а заводы, которые на дорогом, высокопроизводительном оборудовании выпускали высококачественные экспортные пеллеты, стали работать почти исключительно «в склад».

Многие крупные и средние лесопромышленные предприятия России в 2023 г. были вынуждены сократить объем заготовки древесины. При этом мелкие лесозаготовительные предприятия, как показывает практика многих субъектов РФ, продолжили работать в обычном режиме.

Это говорит о том, что проблема повышения эффективности работы мелких лесозаготовительных предприятий (проводящих малообъемные рубки), создающих рабочие места в сельской местности, становится весьма актуальной. И даже когда ситуация в лесной отрасли вернется в прежнее русло, актуальность вопросов эффективности техники и технологии малообъемных лесозаготовок не уменьшится.

Мелкие лесозаготовительные предприятия России, как и подавляющее большинство крупных и средних, работает по сортиментной технологии заготовки древесины (с трелевкой хлыстов, или скандинавским методом), но при этом практически на 100% выполняет механизированную заготовку древесины (с использованием бензиномоторных пил). Такие предприятия, в подавляющем большинстве случаев, не имеют парка специальных лесных машин, и используют сельскохозяйственные тракторы.

Это связано с рядом причин, прежде всего сельскохозяйственные тракторы дешевле в приобретении, и дешевле по стоимости владения. Запасные части и расходные материалы для них значительно доступнее. И поскольку мелкие лесозаготовительные предприятия не проводят рубку в режиме 24/7, как крупные или средние, то относительно низкая надежность сельскохозяйственных тракторов в условиях леса вполне компенсируется меньшими удельными расходами, а также их универсальностью, ведь их вполне можно использовать по прямому назначению – в сельском хозяйстве, для выполнения коммунальных или транспортных работ.

Одними из наиболее распространенных сельскохозяйственных тракторов, применяемых на лесозаготовках мелкими лесозаготовительными предприятиями, являются тракторы Минского тракторного завода – МТЗ, которые хотя и не показывают большой надежности, но по своей универсальности, а также

стоимости приобретения и владения (соотношения цена/качество) являются наиболее предпочтительными.

Колесные тракторы легко перемещаются своим ходом между лесосеками при сильно дефрагментированном лесосечном фонде, свойственном мелким лесозаготовительным предприятиям. Это позволяет существенно экономить, по сравнению с гусеничными тракторами, на тралах и тягачах. Колесные тракторы имеют значительно большие эксплуатационные скорости, что существенно повышает производительность на трелевке. Но колесные тракторы показывают значительно худшие эксплуатационные свойства при работе в сложных условиях – глубокий снег, слабонесущие почвогрунты, пересеченный рельеф лесосеки. Эта проблема достаточно просто решается за счет оперативного переоснащения колесных тракторов в полугусеничный ход.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы данной статьи получены путем анализа литературных источников и производственного опыта в области эксплуатации колесных и гусеничных лесных машин на лесосечных работах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Подавляющее большинство лесозаготовительных предприятий в России, как и в мире, выполняет лесосечные работы по одному из технологических процессов сортиментной заготовки древесины [1].

При этом крупные и средние лесозаготовительные предприятия используют, в основном, машинную заготовку, которая предусматривает использование лесозаготовительных машин (харвестеров, валочно-пакетирующих (ВПМ), и др.) [2]. Мелкие лесозаготовительные предприятия используют, в подавляющем большинстве случаев, механизированную заготовку, которая предусматривает использование на рабочих операциях (валка, обрезка сучьев, раскряжевка) бензиномоторных пил (много реже аккумуляторных) [3].

На трелевке лесоматериалов (деревьев, хлыстов, сортиментов) крупные и средние лесозаготовительные предприятия, в подавляющем большинстве случаев, используют специализированные трелевочные тракторы – форвардеры (сортиментоподборщики), скиддеры (тракторы с пачковым захватом) [4]. Анализ показывает, что на крупных и средних лесозаготовительных предприятиях практически уже не встречаются ни чокерные, ни бесчокерные трелевочные тракторы [5].

Мелкие лесозаготовительные предприятия, примерно в соотношении 50/50, используют специализированные гусеничные чокерные трелевочные тракторы, или модернизированные для чокерной трелевки сельскохозяйственные (рисунок

1), иногда строительные (бульдозеры), тракторы [6-8]. Кране редко у мелких лесозаготовителей можно встретить специализированный колесный форвардер. В большей части случаев, даже если вальщики леса работают по скандинавской технологии «под форвардер», то он сделан базе колесного сельскохозяйственного трактора (рисунок 2) [9], которые для повышения проходимости иногда переоборудуются в вариант на полугусеничном ходу (рисунок 3).

При так называемом «Белорусском варианте» малообъемных лесосечных работ вместо навески для чокерной трелевки на колесный сельскохозяйственный трактор может устанавливаться небольшой грейферный захват (бревнозахват) [10] (рисунок 3), что делает из трактора, по сути, скиддер.

При помощи небольшого грейферного захвата, установленного на корме, трактор может не только трелевать деревья за комли, но и протаскивать их через делимбер, что существенно снижает трудоемкость операции очистки деревьев от сучьев, и позволяет концентрировать основную часть порубочных остатков на верхнем складе.

Необходимо отметить, что при трелевке деревьев за комли силы сопротивления перемещению волочащейся части пачки очень существенно возрастают [11-13]. Поэтому силы тяги легкого колесного трактора может при таком варианте трелевки не хватить, и его переоборудование в полугусеничный ход может оказаться оптимальным решением вопроса.



Рис. 1. Колесный сельскохозяйственный трактор, оснащенный технологическим оборудованием для чокерной трелевки



Рис. 2. Форвардер на базе трактора МТЗ



Рис. 3. Колесный сельскохозяйственный трактор, оснащенный грейферным захватом

Достаточно известное техническое решение для увеличения пятна контакта движителя колесного трактора, и, соответственно, силы тяги путем установки сдвоенных колес [14] (рисунок 4), согласно данным анализа литературных и интернет-источников, а также интервью со специалистами лесозаготовительной отрасли, распространения у лесозаготовителей не нашло.

Помимо основной операции лесосечных работ – трелевки, легкие колесные сельскохозяйственные тракторы могут оснащаться в вариант погрузчика [15] (рисунок 5), или так называемыми «трелевочными вилами», позволяющими механизировать очистку лесосек от порубочных остатков, или уборку срубленной древесно-кустарниковой растительности – при расчистке заросших площадей [16].

Колесный сельскохозяйственный трактор, помимо перечисленных вариантов, может работать в качестве мобильного привода для легко прицепного процессора (сучкорезно-раскряжевочной установки), или привода для мобильного лесопильного станка (рисунок 6), прицепной рубительной машины, в случае работы лесозаготовительного предприятия по одному из процессов работ технологии с углубленной обработкой заготовленной древесины на верхнем складе, или лесном терминале [17-20].



Рис. 4. Оснащение трактора МТЗ сдвоенными колесами



Рис. 5. Колесный сельскохозяйственный трактор, оснащенный технологическим оборудованием для погрузки круглых лесоматериалов на лесовозный транспорт, Республика Саха (Якутия), 2023 г.

Вышеперечисленные варианты технического оснащения и использования колесных сельскохозяйственных тракторов делают из них универсальные лесные машины, наиболее эффективные в условиях малообъемных лесозаготовок при дефрагментированном лесосечном фонде. А возможность их переоснащения в полугусеничный ход, делает их еще более универсальными на транспортных операциях, за счет возможности использования при глубоком снеге, а также в сложных почвенно-грунтовых и рельефных условиях.

С точки зрения технологии лесосечных работ, то ничего принципиально нового при малообъемных рубках не выделяется. С уходом в прошлое отечественных бензиномоторных пил для валки леса в равнинных условиях (с высоким расположением рукоятей) – Дружба, Урал, М-228, до 2009 г. выпускавшихся в Перми на заводе имени Ф.Э. Дзержинского, валка деревьев, обрезка сучьев, и раскряжевка выполняются при помощи универсальных бензиномоторных пил (с низким расположением рукоятей), в основном двух ведущих иностранных компаний-производителей – Штиль и Хускварна [21].

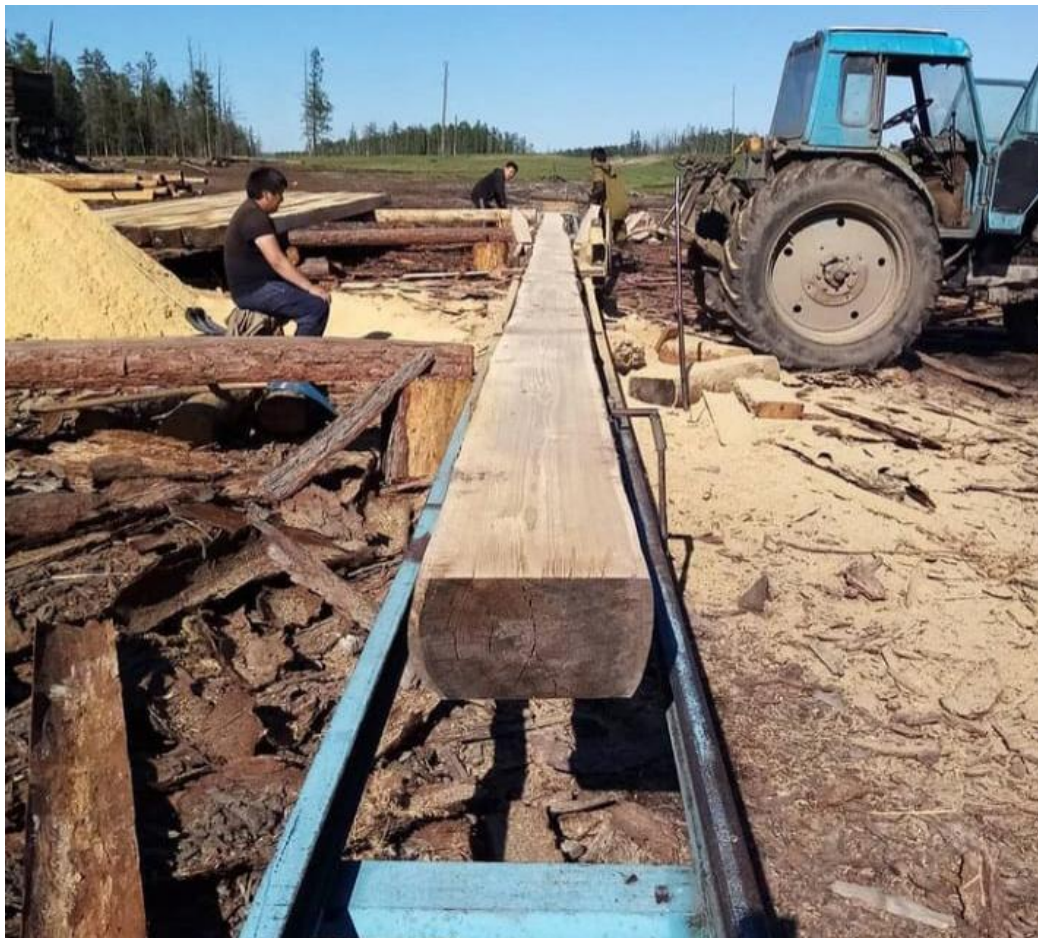


Рис. 6. Колесный сельскохозяйственный трактор, используемый в качестве привода для мобильного лесопильного станка, Республика Саха (Якутия), 2023 г.

При работе по скандинавской технологии «под форвардер» вальщики леса производят направленную валку деревьев, их последующую очистку от сучьев, с одновременной разметкой, и раскряжевку, иногда с последующим окучиванием сортиментов [22]. Вершина, сучья, ветви, ассимиляционный аппарат (крупная часть) могут одновременно укладываться на трелевочный волок для укрепления его проезжей части [23, 24]. Хотя при использовании легких колесных тракторов так обычно не делают, поскольку крупные порубочные остатки мешают проходам такого трактора.

Такой вариант работы предусматривает очень большое количество тяжелого ручного труда, и достаточно малопродуктивен (максимально 15-18 м³ на вальщика леса в смену) [25]. Форвардер, даже на базе легкого колесного трактора, даже при значительном расстоянии трелевки, может показать значительно большую производительность [26]. Поэтому, обычно, на расстоянии зоны безопасности, в разных пасеках, работают два, а то и три, вальщика леса. А форвардер (рисунок 2) курсирует между ними и погрузочным пунктом, собирает

(одновременно сортирует), трелюет, и штабелирует заготовленные сортименты [27].

Наименее трудозатратный вариант – когда вальщик только производит валку деревьев, трактор при помощи небольшого грейферного захвата (рисунок 3) трелюет его на верхний склад, протаскивает через установленный там делимбер, а затем двое рабочих на разделочно-раскаточной эстакаде производят раскряжевку, сортировку и укладку сортиментов в штабели. Но такой вариант мало распространен в России, поскольку требует приобретения и периодического перемещения делимбера.

Наиболее распространенным вариантом технологии лесосечных работ при малообъемных заготовках древесины является следующий: вальщик леса производит валку деревьев вершинами на волок, выполняет очистку от сучьев и обрезку вершин. Затем трактор с чокерным технологическим оборудованием (рисунок 1) формирует пачку полученных на пасеке хлыстов, и трелюет ее на верхний склад, на котором, как и в предыдущем варианте двое рабочих на разделочно-раскаточной эстакаде производят раскряжевку, сортировку и укладку сортиментов в штабели [27].

В данном варианте, при использовании на трелевке специально оснащенного легкого колесного трактора, вальщику леса необходимо тщательно обрезать сучья, что часто с нижней стороны хлыста затруднено. В противном случае торчащий и цепляющийся за почвогрунт обрезок сука (или сучьев) будеткратно увеличивать силу сопротивления перемещению пачки.

Погрузка сортиментов на лесовозный транспорт, или их дальнейшая обработка на верхнем складе (если таковая предусмотрена) никак не будут отличаться у рассмотренных выше технологических процессов.

Но при первом рассмотренном технологическом процессе (скандинавская технология) в принципе возможна, и иногда в сельской местности применяется, прямая вывозка заготовленной древесины. Когда при помощи форвардера сразу с пасек сортименты доставляются на двор потребителя. Например, при заготовке дровяной древесины недалеко от населенного пункта.

При плохом состоянии дорог, часто свойственном сельской местности, транспортная машина на базе колесного трактора может оказаться значительно эффективнее автолесовоза. Причем для уменьшения коэффициента тары, что предпочтительнее по удельному расходу топлива, можно осуществлять не прямую вывозку заготовленной древесины, а сделать отдельный «автолесовоз» на базе колесного сельскохозяйственного трактора (рисунок 7).

А если дорожные условия совсем плохие, то эта транспортная машина может быть переоборудована под полугусеничный ход.

Также отметим, что В СССР также был опыт создания лесных машин из колесных тракторов, путем их переоборудования на полугусеничный, в случаях, когда силы тяги колесного трактора не хватало для выполнения технологических операций. Например, в [28] приведено описание оригинальной машины для механизации и процесса сбора, пакетирования и вывозки тонкомерной древесины и порубочных остатков единого пакета на колесной базе малогабаритных тракторов Т-25 А и Т-40 М. (рисунок 8).



Рис. 7. Транспортная машина на базе колесного сельскохозяйственного трактора

И такой вариант конструкции совершенно оправдан по следующим соображениям: использование тяжелых гусеничных тракторов для очистки лесосек – очень затратное мероприятие, кроме того, их еще надо перемещать между вырубками; с другой стороны, тяги малогабаритного колесного трактора для сбора подтаскивания по вырубке пакета тонкомерной древесины и порубочных остатков вполне может не хватить, поскольку такой пакет оказывает значительное сопротивление при волочении. Полугусеничный же вариант позволил создать оптимальную машину, совмещающую легкость перемещения между вырубками, малый расход топлива, и достаточную эксплуатационную эффективность.

Надо отметить, что в настоящее время интерес к разработке и совершенствованию технических решений машин повышенной проходимости, в том числе и на полугусеничном ходу для различных отраслей промышленности по-прежнему достаточно высок [29-42].

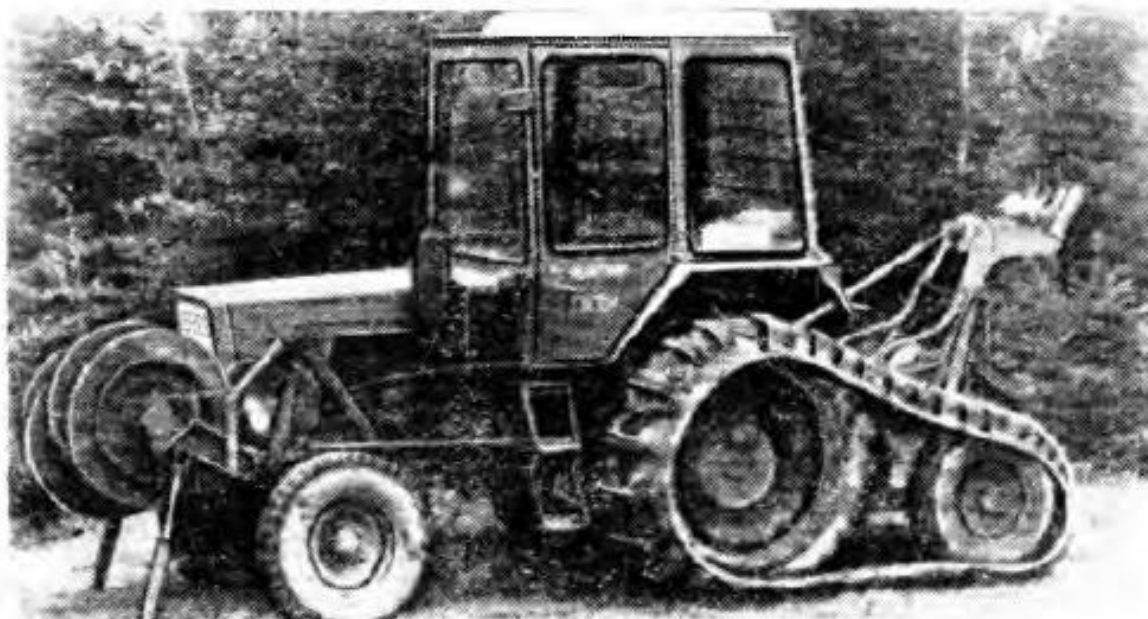


Рис. 8. Машина на полугусеничном ходу для механизации и процесса сбора, пакетирования и вывозки тонкомерной древесины и порубочных остатков методом единого пакета на базе малогабаритного трактора Т-25 А [28]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конструкция полугусеничного трактора подразумевает возможность использования и чисто колесного хода, например при перемещении по дороге. Для этого есть конструктивная возможность поднимать задние гусеничные тележки выше опорной поверхности, при установке на трактор задних колес. То есть в рассматриваемой конструкции трактора полугусеничный ход является опцией, которую можно подключать и отключать, в зависимости от природно-производственных условий. Следовательно, трактор на полугусеничном ходу полностью соответствует концепции универсальных машин, которые наиболее предпочтительны для малообъемных лесозаготовок.

Литература

1. Григорьев И.В., Редькин А.К., Валяжонков В.Д., Матросов А.В. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ. Учебное пособие. СПб: Издательство ЛТА, 2010. - 330 с.
2. Куницкая О.А. Проактивный сервис для лесных машин // Повышение эффективности лесного комплекса. материалы Шестой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2020. С. 86-87.
3. Гончаров А.В., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьев М.Ф. Основные ошибки вальщиков, приводящие к выходу из строя бензиномоторных пил // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 10. С. 17-21.

4. Бурмистрова О.Н., Просужих А.А., Хитров Е.Г., Куницкая О.А., Лунова Е.Н. Теоретические исследования производительности форвардеров при ограничениях воздействия на почвогрунты // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3 (381). С. 101-116.
5. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Процессы лесосечных работ. Хлыстовая и сортиментная технологии // Лесозаготовка. Бизнес и профессия. 2015. № 1. С. 18-22.
6. Куницкая О.А., Степанова Д.И., Григорьев М.Ф. Перспективные направления развития транспортно-технологических систем лесного комплекса России // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Гулевского. 2018. С. 109-114.
7. Куницкая О.А., Макуев В.А., Стородубцева Т.Н., Калита Г.А., Ревяко С.И., Тимохов Р.С. Проблемы повышения качества отечественного лесного машиностроения // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 57-63.
8. Григорьев И.В., Куницкая О.А. Перспективные направления опытно-конструкторских работ в лесном машиностроении // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 53-56.
9. Григорьев И.В., Чураков А.А. Совершенствование конструкции активного полуприцепа форвардера на базе сельскохозяйственного колесного трактора // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. ред. Н. С. Захаров. 2018. С. 84-88.
10. Бурмистрова О.Н., Просужих А.А., Хитров Е.Г., Рудов С.Е., Куницкая О.А., Калита О.Н. Влияние переменных коэффициентов сопротивления движению и сцепления на производительность форвардера // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 1. С. 3-16.
11. Григорьев И.В. Влияние способа трелевки на эксплуатационную эффективность трелевочного трактора / автореферат дис. ... кандидата технических наук / Санкт-Петербургская гос. лесотехн. акад. им. С. М. Кирова. Санкт-Петербург, 2000. – 20 с.
12. Рудов С.Е., Куницкая О.А. Теоретические исследования экологической совместимости колесных лесных машин и мерзлотных почвогрунтов лесов криолитозоны // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Н.С. Захаров. 2020. С. 323-326.
13. Рудов С.Е., Хитров Е.Г., Рудов М.Е., Устинов В.В. Расчет тяговых и сцепных свойств колесного скиддера с использованием данных зарубежных коллег // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 1 (12). С. 223-228.
14. Григорьев И.В., Афоничев Д.Н., Куницкая О.А., Просужих А.А., Рудов С.Е. Дополнительные технические опции для повышения безопасности, надёжности и энергоэффективности сельскохозяйственных машин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 4 (67). С. 44-54.
15. Степанова Д.И., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьев М.Ф. Энергоэффективное оборудование для лесоперевалки // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Гулевского. 2018. С. 181-192.
16. Григорьева О.И., Давтян А.Б. Эффективная технология расчистки древесно-кустарниковой растительности // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 34-35.

17. Куницкая О.А., Помигуев А.В., Бурмистрова Д.Д., Тихонов Е.А. Теоретический анализ процесса брикетирования измельченных древесных материалов в условиях лесного терминала // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. № 9. С. 25-33.

18. Помигуев А.В., Куницкая О.А., Григорьев И.В., Тихонов Е.А., Иванов В.А. Обоснование технологии производства и экспериментальные исследования свойств топливных брикетов, предназначенных для использования в условиях лесных терминалов // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 1 (49). С. 59-66.

19. Никитина Е.И., Куницкая О.А., Николаева Ф.В. Проект организации лесозаготовок в условиях Алданского лесничества с применением многооперационных лесозаготовительных комплексов // Современные проблемы и достижения аграрной науки в Арктике. Сборник научных статей по материалам Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием в рамках «Северного форума – 2020» (29–30 сентября 2020 г., Якутск) и Международной научной онлайн летней школы – 2020 (6–20 июля 2020 г., Якутск). 2020. С. 138-148.

20. Григорьев И.В., Григорьева О.И., Куницкая О.А. Переработка древесины на лесосеке: перспективы развития // Энергия: экономика, техника, экология. 2017. № 2. С. 27-33.

21. Галактионов О.Н., Гаспарян Г.Д., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Куницкая О.А., Лапшин С.О., Перский С.Н., Суханов Ю.В., Сыромаха С.М., Шегельман И.Р. Бензиномоторные пилы. Устройство и эксплуатация. Учебник. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2017. 206 с.

22. Куницкая О.А., Щетнева Я.А. Снижение экологического ущерба от работы лесных машин // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 140-143.

23. Рудов С.Е. Способы повышения работоспособности трелевочных волоков на слабонесущих почвогрунтах // Инновационные процессы в науке и технике XXI века. материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков. Тюмень, 2021. С. 292-295.

24. Григорьев И.В., Зорин М.В., Григорьев Г.В., Рудов С.Е., Швецова В.В., Калита Г.А. Анализ способов укрепления временных транспортных путей для трелевки и вывозки древесины // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 2. С. 10-29.

25. Гроянов И.Н., Абрамов В.В., Бухтояров Л.Д., Афоничев Д.Н., Черных А.С., Максименков А.И. Исследование технологических вариантов выполнения обрабатывающих операций лесосечных работ бензопилами // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 3 (35). С. 114-130.

26. Бухтояров Л.Д., Абрамов В.В., Просужих А.А., Рудов С.Е., Куницкая О.А., Григорьев И.В. Анализ конструкций и технологий работы форвардеров на лесозаготовках // Resources and Technology. 2020. Т. 17. № 3. С. 1-35.

27. Пятакин В.И., Григорьев И.В., Редькин А.К., Иванов В.И., Пошарников Ф.В., Шегельман И.Р., Ширнин Ю.А., Кацадзе В.А., Валяжонков В.Д., Бит Ю.А., Матросов А.В., Куницкая О.А. Технология и машины лесосечных работ. Санкт-Петербург, 2012. - 362 с.

28. Лосицкий В.Ф., Прокопчук В.Д., Мысько Н.З. По программе безотходной технологии // Лесная промышленность. 1986. № 7. С. 17-18.

29. Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г., Васильев А.И., Канинский А.О., Телятников Д.Э., Комаров И.А. Механизм распределения мощности в трансмиссии транспортного средства: пат. 2763002 Рос. Федерация МПК В60К 17/35, F16H 48/30, F16H 37/08; заявитель и патентообладатель Р.Ю. Добрецов, А.Г. Семенов. – №2021124995; заявл. 23.08.2021; опубл. 24.12.2021, Бюл. № 36.

30. Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г. Способ увеличения тягового класса трактора или дорожно-строительной машины на его шасси и устройство для его осуществления (варианты) Патент на изобретение 2741850 С1, 29.01.2021. Заявка № 2020115242 от 30.04.2020.

31. Добрецов Р.Ю., Лозин А.В., Семенов А.Г., Увакина Д.В. Гусеница с резинометаллическим шарниром параллельного типа и цевочным зацеплением с ведущим колесом Патент на изобретение 2761974 С1, 14.12.2021. Заявка № 2021119563 от 05.07.2021.

32. Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г., Васильев А.И., Канинский А.О., Комаров И.А., Телятников Д.Э. Механизм распределения мощности в трансмиссии транспортного средства Патент на изобретение 2763002 С1, 24.12.2021. Заявка № 2021124995 от 23.08.2021.

33. Добрецов Р.Ю., Лозин А.В., Семенов А.Г. Гусеничная машина. Патент на изобретение RU 2711105 С1, 15.01.2020. Заявка № 2019123553 от 25.07.2019.

34. Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г. Электромеханический двухпоточный привод транспортной машины с бортовым способом поворота. Патент на изобретение 2726881 С2, 16.07.2020. Заявка № 2018112300 от 05.04.2018.

35. Добрецов Р.Ю., Лозин А.В., Семенов А.Г. Гусеничная машина. Патент на изобретение RU 2710511 С1, 26.12.2019. Заявка № 2019123554 от 25.07.2019.

36. Добрецов Р.Ю., Лозин А.В., Семенов А.Г. Гибридный механизм распределения мощности в трансмиссии транспортной машины. Патент на изобретение RU 2658486 С1, 21.06.2018. Заявка № 2017113638 от 19.04.2017.

37. Добрецов Р.Ю., Лозин А.В., Семенов А.Г. Бесфлаттерная многодисковая фрикционная муфта для соединения валов привода с возможностью разнонаправленного их вращения. Патент на изобретение RU 2618661 С1, 05.05.2017. Заявка № 2016112846 от 04.04.2016.

38. Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г., Дидиков Р.А. Механизм распределения мощности в трансмиссии автомобиля. Патент на изобретение RU 2634062 С1, 23.10.2017. Заявка № 2016136252 от 08.09.2016.

39. Добрецов Р.Ю., Семёнов А.Г., Дидиков Р.А. Механизм распределения мощности в трансмиссии автомобиля. Патент на изобретение RU 2618830 С, 11.05.2017. Заявка № 2014144666 от 05.11.2014.

40. Добрецов Р.Ю., Лозин А.В., Семенов А.Г., Шеломов В.Б. Двухпоточная трансмиссия транспортной машины с бортовым способом поворота. Патент на изобретение RU 2599855 С1, 20.10.2016. Заявка № 2015126137/11 от 30.06.2015.

41. Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г. Гусеничная цепь ходовой части снегоболотоходного транспортного средства. Патент на изобретение RU 2538650 С1, 10.01.2015. Заявка № 2013130420/11 от 02.07.2013.

42. Добрецов Р.Ю., Семёнов А.Г. Гусеничная цепь ходовой части транспортного средства. Патент на изобретение RU 2385815 С1, 10.04.2010. Заявка № 2009109923/11 от 18.03.2009.

MACHINE SYSTEMS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES OF LOGGING OPERATIONS FOR THE USE OF WHEELED TRACTORS ON A HALF-TRACK

Dmitriev Alexander Sergeevich

Engineer of author supervision of JSC "Giprostroymost-St. Petersburg"

St. Petersburg, Russia

e-mail: dmitriev.nauka@mail.ru

Dolzhikov Ilya Sergeevich

Candidate of Technical Sciences

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

St. Petersburg, Russia

e-mail: idolzhikov222@mail.ru

Grigorev Igor Vladislavovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Arctic State Agrotechnological University

Yakutsk, Russia

e-mail: silver73@inbox.ru

Grigoreva Olga Ivanovna

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov

St. Petersburg, Russia

e-mail: grigoreva_o@list.ru

Abstract. The article analyzes the features of the operation of wheeled tractors on a half-track at logging operations. The most optimal technological processes for the use of such small-class traction machines are proposed. The work was carried out within the framework of the scientific school "Innovative developments in the field of logging industry and forestry" of the Arctic State Agrotechnological University. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.

Keywords: FORESTRY MACHINES, HALF-TRACK RUNNING, LOGGING, GRADING, SCANDINAVIAN TECHNOLOGY

© Дмитриев А.С., Должиков И.С., Григорьев И.В., Григорьева О.И., 2023