

УДК 630*36

DOI: 10.15393/j2.art.2023.6703

Обзор

Перспективность дальнейших исследований по совершенствованию гусеничных лесных машин

Карасев Юрий Анатольевич

соискатель, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова (Российская Федерация), kya1105@mail.ru

Марков Виктор Александрович

кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова (Российская Федерация), mactor85@mail.ru

Дмитриев Александр Сергеевич

инженер авторского надзора АО «Гипростроймост-Санкт-Петербург» (Российская Федерация), dmitriev.nauka@mail.ru

Должиков Илья Сергеевич

кандидат технических наук, ассистент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Российская Федерация), idolzhikov222@mail.ru

Юдилевич Александр Михайлович

аспирант, Братский государственный университет (Российская Федерация), kafedra388@mail.ru

Получена: 19 января 2023 / Принята: 27 февраля 2023 / Опубликовано: 3 марта 2023

Аннотация: В обзоре на основании анализа сложившейся ситуации в отечественной лесной науке и лесном машиностроении показаны перспективы расширения выпуска и использования в лесозаготовительном производстве и лесном хозяйстве гусеничных лесных машин. Проанализированы достоинства и недостатки колесных и гусеничных баз лесных машин как с точки зрения эксплуатационной, так и экологической эффективности их использования, включая условия эксплуатации в лесах на вечной мерзлоте. Показано, что отечественные лесные машины на базе гусеничного шасси имеют очень большие перспективы широкого применения в лесном хозяйстве и в лесозаготовительном производстве. Эти машины, по сравнению с колесными, значительно экологичнее,

значительно дешевле в производстве и эксплуатации. На российских машиностроительных заводах есть большой опыт производства таких машин. За счет значительно более простой конструкции возможно обеспечить использование комплектующих отечественного производства. Обоснована необходимость нормативного регулирования последствий воздействия лесных машин на почвогрунт по следующим показателям: по допустимому давлению на почвогрунт, глубине оставляемой колеи и степени уплотнения почвогрунта.

Ключевые слова: колёсные лесные машины; гусеничные лесные машины; воздействие на почвогрунты

DOI: 10.15393/j2.art.2023.6703

Review

Prospects for further research on the improvement of tracked forest vehicles

Yuri Karasev

Applicant, St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S. M. Kirov (Russian Federation), kya1105@mail.ru

Victor Markov

Ph. D. in engineering, associate professor, St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S. M. Kirov (Russian Federation), mactor85@mail.ru

Alexander Dmitriev

author supervision engineer of JSC «Giprostroykost-St. Petersburg» (Russian Federation), dmitriev.nauka@mail.ru

Ilya Dolzhikov

Ph. D. in engineering, assistant, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation), idolzhikov222@mail.ru

Alexander Yudilevich

Ph. D. student, Bratsk State University (Russian Federation), kafedra388@mail.ru

Received: 19 January 2023 / Accepted: 27 February 2023 / Published: 3 March 2023

Abstract: The analysis of the current situation in the domestic forestry science and forestry engineering allowed the authors to describe the prospects for expanding the production and use of tracked forest vehicles in logging production and forestry. The advantages and disadvantages of wheeled and tracked forest vehicles are analyzed, both from the point of view of their operational and environmental efficiency, including operating conditions in forests in the permafrost zone. It is shown that domestic forestry machines based on tracked chassis have good prospects for wide application in forestry and in logging production. These machines, compared with the wheeled ones, are much more environmentally friendly, much cheaper to manufacture and operate. Moreover, Russian machine-building plants have extensive experience in the production of such machines. A simpler design of tracked machines ensures 100% manufacture of components within our country. The authors claim the necessity of regulatory control of the ecological environmental impact of forest machines operation, in particular,

permissible pressure on the soil, the depth of the track left, the degree of soil compaction.

Keywords: wheeled forestry machines; tracked forestry machines; impact on soils

1. Введение

Основной целью данной работы является обоснование перспективности развития исследований в области совершенствования гусеничных лесных машин в рамках научной специальности 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины». Необходимость данного обоснования связана с несколькими обстоятельствами. Во-первых, в названии данной научной специальности отсутствует прямое упоминание о лесозаготовительном производстве. Во-вторых, в результате практически полного уничтожения отечественного лесного машиностроения, традиционно базировавшегося на гусеничных тракторах, российские лесозаготовители перешли на импортные колёсные лесные машины, производящиеся в недружественных странах. За пару десятков лет доминирования в российском лесозаготовительном производстве импортных колёсных тракторов успело сформироваться мнение о не перспективности гусеничных лесных машин. С началом санкционной войны ребром встал вопрос о необходимости срочного возрождения отечественного лесного машиностроения. В этой связи авторы статьи сочли целесообразным и своевременным представить данный сравнительный анализ колёсных и гусеничных лесных машин, показывающий, что гусеничная база для лесных машин имеет свои существенные преимущества и списывать её со счетов при планировании развития лесных машин в России нельзя.

До октября 2022 г. в Российской Федерации действовали три лесотехнические специальности — 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства»; 05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»; 05.21.05 «Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки».

С октября 2022 г., согласно приказу Министерства науки и высшего образования РФ от 24.02.2021 № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утверждённое приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093», они объединены в одну научную специальность 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Как видно, из названия специальности 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины» выбыл термин «лесозаготовки». В принципе, если ориентироваться на европейскую практику, это нормально, поскольку в Европе лесозаготовки и лесное хозяйство объединены единым термином «Forestry» [1].

Согласно действующему Лесному кодексу Российской Федерации, лесопользователи, заготавливающие древесину по договорам аренды участков лесного фонда (которые заключаются на срок от 10 до 49 лет), обязаны проводить также лесовосстановительные работы, работы по уходу за лесами, а также работы, связанные с охраной и защитой леса,

включая противопожарные мероприятия. То есть такие лесопользователи проводят полный комплекс лесозаготовительных и лесохозяйственных работ, который и подразумевает термин «Forestry» [2]. Иначе говоря, современное лесозаготовительное производство в нашей стране, включающее четыре основных этапа — лесосечные работы, транспорт леса, лесоскладские работы, лесовосстановительные работы, является несколько расширенным термином «Forestry», поскольку лесоскладские работы являются переходным этапом между лесозаготовкой и деревопереработкой [3].

Достаточно распространённым видом пользования лесом в Российской Федерации, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке, является рубка линейных объектов под линии электропередач, различные трубопроводы [4]. Согласно Федеральному закону «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования воспроизводства лесов и лесоразведения» от 19.07.2018 № 212-ФЗ, такие лесопользователи обязаны проводить работы по лесовосстановлению (лесоразведению) на участках лесного фонда (не находящихся в аренде) на такой же площади, что и выведена под линейный объект, в пределах субъекта Российской Федерации, на территории которого находится этот объект. То есть при строительстве линейных объектов на землях лесного фонда также выполняются лесосечные и лесовосстановительные работы [5].

Вышесказанное позволяет утверждать, что технологические процессы, машины и оборудование рубок лесных насаждений в полной мере относятся к понятию «лесное хозяйство», указанному в названии научной специальности 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Также целесообразно обратить внимание на следующие моменты:

- Во-первых, достаточно часто для выполнения лесосечных, лесовосстановительных и других лесохозяйственных работ на лесопромышленных предприятиях задействуются одни и те же машины [6—10]. Исходя из принципа модульности построения систем машин, энергетические и транспортные модули могут использоваться на различных операциях [11], [12]. И таких примеров можно привести достаточно много — противопожарный форвардер, представляющий собой форвардер, временно оснащённый ёмкостью для воды, системами её набора и распыления на месте пожара [13]; подборщики порубочных остатков — трелёвочные тракторы, оснащённые грабельным собирающим устройством или кузовом для сбора и вывозки порубочных остатков; машины для подготовки почвы на вырубках и гарях — трелёвочные тракторы, оснащённые плугом или почвенными фрезами; мульчеры; ротоваторы и т. д. [14—16]. Такому разноплановому использованию базовых лесных машин во многом способствует сезонность проведения рубок леса, лесовосстановительных и других лесохозяйственных работ [17—19]. Ведь, по очевидным причинам, лесовосстановительные и многие другие (хотя и не все) лесохозяйственные работы проводятся в тёплый период года, а рубки леса, особенно в лесных массивах со сложными почвенно-грунтовыми условиями, предпочтительно проводить в зимний период, когда почвогрунты замёрзнут [20], [21].

▪ Во-вторых, в связи с постепенной деградацией российской глубинки (оттоком работоспособного населения (особенно молодёжи) в крупные города, а также резким снижением притока в отрасль сезонных работников из стран ближнего зарубежья) в лесозаготовительном производстве и лесном хозяйстве Российской Федерации отмечается все меньше доли ручного труда и всё больший объём работ выполняется различными машинными комплексами на базе специальных колёсных и гусеничных тракторов, которые принято называть общим термином «лесные машины» [22—24].

В этой связи необходимо уточнить терминологический аппарат, используемый в дальнейшем. Согласно публикациям [25], [26], лесными машинами называются любые специальные тракторы, конструктивно предназначенные для работы в сложных условиях лесного фонда. Прежде всего, ряд таких машин, особенно для лесосечных работ, должны быть оснащены специальными конструкциями, обеспечивающими безопасность оператора [27], [28]. Это, например, специальные стёкла на лесозаготовительных машинах (харвестерах и т. д.), защищающие оператора от отстрела пильной цепи, конструктивные укрепления кабины, которые защищают оператора при перевороте машины или падении на кабину ствола дерева — ROPS (roll-over protective structure), и т. д. [29], [30]. Пригодность машины для работы в лесу часто подтверждается специальными сертификатами безопасности [31]. Конечно, нельзя не признать, что на лесосечных работах в нашей стране, особенно на предприятиях, проводящих малообъёмные лесозаготовки, часто встречаются и обычные сельскохозяйственные тракторы (чаще всего МТЗ), обычно на трелёвке, иногда погрузке, оснащённые специальным технологическим оборудованием [32]. Но такой вариант нельзя признать удовлетворительной практикой, поскольку во главу угла в любой производственной сфере должны ставиться жизнь и здоровье персонала, а лесозаготовительная отрасль отнюдь не является безопасной, согласно статистике несчастных случаев [33—35].

Среди лесных машин выделяют класс лесозаготовительных машин [36]. К ним относят лесные машины, конструктивно предназначенные для валки деревьев и, как правило, выполнения ряда последующих операций: валочные машины (ВМ), валочно-пакетирующие машины (ВПМ), валочно-трелёвочные машины (ВТМ), валочно-сучкорезные машины (ВСМ), валочно-сучкорезно-раскряжёвочные машины (ВСРМ, или харвестеры), валочно-сучкорезно-раскряжёвочно-трелёвочные машины (ВСРТМ, или харвардеры и форвестеры), валочно-трелёвочно-процессорные машины (ВТПМ) [37—40], т. е. к лесозаготовительным машинам относят такие лесные машины, которые, прежде всего, могут валить деревья. Такое выделение связано, во-первых, с тем, что операция валки деревьев является первой во всех технологических процессах лесосечных работ. Во-вторых, с тем, что, в подавляющем большинстве случаев, это машины узкоспециализированные, которые не задействуют на других операциях лесосечных, лесовосстановительных или других лесохозяйственных работ. В виде исключения можно отметить форвестер, который может быть временно переоснащён в лесопожарный форвардер, или машину для подготовки

почвы на вырубках и гарях, или манипуляторную машину для сбора порубочных остатков, а также широкозахватную ВПМ, или гусеничный харвестер (на базе экскаватора), которые возможно переоснастить в полноповоротный погрузчик, или в посадочную машину для сеянцев (саженцев) с закрытой корневой системой [41].

Кроме лесозаготовительных, к наиболее узкоспециализированным лесным машинам можно отнести погрузчики и процессоры (сучкорезно-раскряжёвочные машины, используемые при канадском варианте сортиментной технологии лесосечных работ) [42]. Наиболее универсальными по применению являются трелёвочные машины [43].

2. Материалы и методы

В настоящее время в лесозаготовительном производстве Российской Федерации преобладают импортные лесные машины, причём, в основном, произведённые в недружественных странах. Многократные предупреждения учёных и специалистов лесной отрасли о большой опасности такой ситуации не привели к удовлетворительным результатам в области отечественного лесного машиностроения, которое так и осталось в практически полностью разгромленном состоянии к началу специальной военной операции и последовавшей за ней санкционной войне, объявленной нашей стране недружественными странами. Причём основными производителями широко используемых в нашей стране лесных машин были Финляндия, Швеция, Австрия, США, Япония, т. е. страны, объявившие России санкции. Пятый пакет этих санкций напрямую затронул лесную отрасль, как лесозаготовки с лесным хозяйством, так и деревоперерабатывающие предприятия. Это привело к значительным проблемам в области закупки новых машин, обеспечения их оригинальными запасными частями и расходными материалами. Широко используемый для решения возникшей проблемы параллельный импорт через дружественные страны удлинняет и удорожает логистику их доставки, а значит, и конечную себестоимость выполняемых этими машинами работ.

Про гибель российского лесного машиностроения и его последствия сказано и написано достаточно много. Останавливаться на этом вопросе сейчас не имеет смысла. В современной ситуации необходимо искать наиболее оптимальные выходы по цене — срокам — качеству. В связи со сложившимися реалиями предлагается применять термин «перспективные лесные машины», поскольку, по очевидным причинам, наиболее распространённые сейчас импортные лесные машины из недружественных стран не могут считаться также и перспективными, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Также отметим, что любая лесная машина представляет собой базовое шасси, агрегатированное тем или иным технологическим оборудованием для выполнения различных технологических операций [44].

Как было отмечено ранее, лесные машины можно подразделить по универсальности их применения на операциях лесосечных, лесовосстановительных или других лесохозяйственных работ на узкоспециализированные и универсальные. Но это достаточно

условное деление. В научной литературе принято подразделять лесные машины по следующим признакам:

- *По виду движителя.* По этому конструктивному признаку, традиционно, лесные машины подразделяются на гусеничные и колёсные. Но помимо этих двух, классических, вариантов известны также шагающие машины (фото 1), разработанные финской компанией Timberjack (до её продажи американской компании John Deere). Эти машины были выпущены малой опытной партией (всего 7 шт.) и в широкую серию так и не пошли, вероятно, в связи со сменой собственников бизнеса. Кроме того, есть широко распространённый в практике лесозаготовителей вариант оснащения колёсных лесных машин колёсными гусеницами различных конструкций (рисунок 1) для повышения проходимости (при таком варианте машины часто называют колёсно-гусеничными) [45—50], а также менее распространённый, но встречаемый на практике вариант частичного использования гусеничного хода, частично колёсного — полугусеничные машины (фото 2).

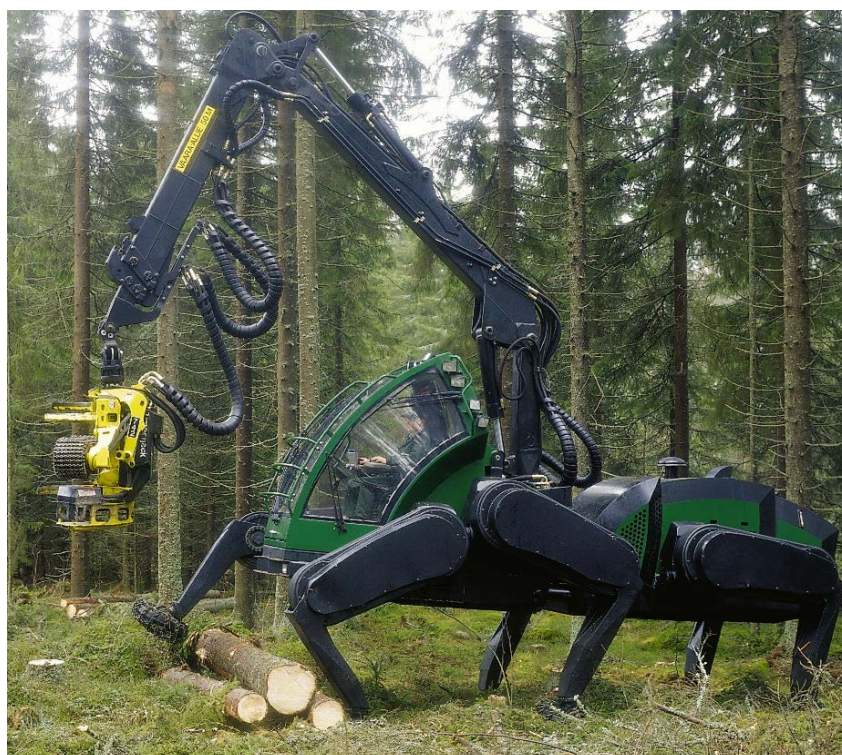


Фото 1. Харвестер с шагающим движителем компании Timberjack

Photo 1. Harvester with walking propeller, Timberjack company

Отметим, что колёсные гусеницы выпускаются не только зарубежными странами. Есть достаточно неплохие примеры аналогичной отечественной продукции, произведённой на основе собственных результатов интеллектуальной деятельности (например, компания «Timbertrack & ПКФ Форвардер»).

Также отметим, что вариант полугусеничного хода, представленный на фото 2, свойствен для лесозаготовительных предприятий, производящих малообъёмные лесозаготовки [51], [52]. Но таких предприятий, имеющих в ОКВЭД раздел «Заготовка древесины», в России большинство (различные ИП и т. д.).

Вид колёсных гусениц	Предназначение
	Колёсные гусеницы Baltic предназначены для мягких почвогрунтов. Защищают почву от повреждений.
	Колёсные гусеницы Combi-track для проходимости в труднодоступной местности. Обеспечивают хорошую сцепляемость с вязким и мягким почвогрунтом.
	Колёсные гусеницы OF предназначены для крутых, скалистых местностей. Обладают повышенной способностью к очистке.
	Колёсные гусеницы ECO-Track один из самых универсальных типов гусениц. Подходят для большинства типов машин и имеют хорошее сцепление с почвогрунтом.
	ECO-Wheel обладают широкой площадью контакта, обеспечивают хорошее сцепление, улучшают устойчивость машины и увеличивают проходимость, а также защищают резину от боковых порезов.

Рисунок 1. Колёсные гусеницы компании Olofsfors

Figure 1. Olofsfors wheeled tracks

Споры между сторонниками колёсных и гусеничных движителей для лесных машин ведутся с середины XX в. [53]. Для отечественного лесного машиностроения традиционна гусеничная модель, начиная с первого в мире специализированного трелёвочного трактора КТ-12.



Фото 2. Форвардер на полугусеничном ходу

Photo 2. Forwarder on a half-track

Онежский и Алтайский тракторные заводы — флагманские машиностроительные предприятия лесной отрасли СССР — выпускали именно гусеничные машины, известные под марками ТТ, ТДТ, ЛХТ, «Онежец». В определённой степени это было связано с тем, что на момент разработки их концептов колёсное тракторостроение в нашей стране было ещё достаточно слабо развито. Сейчас эти заводы не существуют. Как было отмечено выше, в российских лесах доминируют колёсные импортные тракторы. Но это отнюдь не значит, что эпоха гусеничных лесных машин в нашей стране прошла. Наоборот, можно сказать, что у неё наступает ренессанс. Тенденции развития лесного машиностроения в Российской Федерации будут рассмотрены ниже.

▪ *По виду выполняемых технологических операций.* В предыдущем разделе работы уже были отмечены различные виды лесозаготовительных машин (ВМ, ВТМ, ВПМ и др.), а также погрузчики, процессоры, трелёвочные тракторы, мульчеры, роторы, лесопосадочные машины, подборщики порубочных остатков, машины для подготовки почвы на вырубках и гарях, лесопожарные тракторы [54]. В принципе, это весь основной набор лесных машин, которые, подчеркнём ещё раз, могут быть узкоспециализированными или компоноваться по модульному принципу. Причём это касается даже машин одного и того же назначения. Например, на фото 3 представлен узкоспециализированный гусеничный лесопожарный трактор ТЛП-4М-031 производства ООО «Сибирь-Техника» (РФ), а на фото 4 — лесопожарный колёсный форвардер производства компании Ponsse (Финляндия) [41].



Фото 3. Гусеничный лесопожарный трактор ТЛП-4М-031

Photo. 3. Tracked forest fire tractor TLP-4M-031

ТЛП-4М-031 больше конструктивно приспособлен для борьбы с лесными пожарами, но в непожароопасный период просто занимает место в гараже и «связывает» оборотные средства предприятия. Колёсный лесопожарный форвардер не может прокладывать минерализованные полосы, имеет несколько худшую проходимость в заболоченной и переувлажнённой местности, зато в непожароопасный период, после демонтажа пожарного оборудования, может быть задействован на лесосечных работах по скандинавскому варианту сортиментной технологии заготовки древесины.



Фото 4. Лесопожарный колёсный форвардер

Photo 4. Forest fire wheel forwarder

- По направлению зоны обслуживания относительно хода машины. Первоначально этот классификационный признак применяли к лесозаготовительным машинам, однако с развитием лесной техники, увеличением количества и видов машин, агрегируемых

по модульному принципу, это признак классификации стали применять ко всем лесным машинам [55]. По данному признаку лесные машины подразделяются на: фронтальные — имеют технологическое оборудование, работающее с предметом труда перед машиной или за кормой машины (фото 5); фланговые — имеют технологическое оборудование, работающее с предметом труда с одного или двух бортов машины (фото 6); поворотные (полноповоротные) — имеют технологическое оборудование, работающее с предметом труда с флангов и спереди машины, иногда и за кормой машины (фото 7). Отметим, что многие полноповоротные лесные машины агрегируются на базе гусеничных экскаваторов [44].



Лесопосадочная машина



Мульчер

Фото 5. Фронтальные лесные машины

Photo 5. Push-type forest machines



ВТМ — ВМ 4А



ВМ — ВМ-55

Фото 6. Фланговые лесные машины

Photo 6. Flanking forest machines

▪ *По ширине обрабатываемой ленты леса.* Как и предыдущий, этот классификационный признак изначально был присущ лесозаготовительным машинам, но впоследствии стал использоваться в специальной литературе применительно к другим лесным машинам. Согласно терминам и определениям лесозаготовительного производства, лента — часть пасаки, обрабатываемая вальщиком или лесозаготовительной машиной за один проход [56]. Если технологическое оборудование крепится к корпусу лесной машины, то она будет вынуждена подъезжать отдельно к каждому предмету труда (месту выполнения дискретной операции). Тогда обрабатываемая лента будет узкой, и такие машины принято называть узкозахватными. Если технологическое оборудование у машины крепится к гидроманипулятору, позволяющему за счёт своего вылета существенно увеличивать площадь, обрабатываемую машиной с одной технологической стоянки, то лента получается широкой, и такие машины принято называть широкозахватными. То есть внешним признаком узкозахватных и широкозахватных машин является наличие или отсутствие гидроманипулятора. На фото 5 и 6 представлены узкозахватные лесные машины, а на фото 7 — широкозахватные.



Полноповоротная ВПМ



Мульчер

Фото 7. Полноповоротные лесные машины

Photo 7. Four-wheel drive forest machines

▪ *По принадлежности к виду работ (к группе технологических процессов).* В современной ситуации это достаточно условное деление, поскольку, как было показано выше, некоторые машины для лесосечных работ вполне могут быть, без больших трудозатрат, переоборудованы в машины для лесовосстановительных и других лесохозяйственных работ. Некоторые машины не могут быть переоборудованы под другие операции (см. фото 3 и 4). В этой связи, на наш взгляд, более целесообразно подразделять по принципу узкоспециализированные машины для лесосечных работ (например,

процессоры), узкоспециализированные машины для лесохозяйственных работ (например, гусеничные лесопожарные тракторы), а также универсальные машины [57].

Деление машин для лесосечных работ по группам технологических процессов (на хлыстовые и сортиментные) также в определённой мере условно. Если харвестеры, харвардеры и форвестеры — это машины только для сортиментной заготовки по скандинавскому варианту, то ВПМ, ВТМ, ВТПМ вполне могут быть задействованы как в хлыстовой заготовке, так и в сортиментной (по канадскому варианту). То же можно сказать и о трелёвочных тракторах: форвардеры (сортиментоподборщики) — для сортиментной скандинавской заготовки; чокерные, бесчокерные, с пачковым захватом (скиддеры) — для хлыстовой или сортиментной заготовки (по канадскому варианту сортиментной технологии заготовки древесины).

Погрузчики являются более специализированной техникой, замыкающей технологические процессы лесосечных работ: перекидные — только для хлыстовой заготовки; манипуляторные (полноповоротные) — могут использоваться и при хлыстовой, и при сортиментной заготовке, но при хлыстовой заготовке на них устанавливаются специальные захваты, а при погрузке сортиментов — обычные грейферные.

В полной мере деление лесных машин на узкоспециализированные и универсальные относится и к проведению лесовосстановительных и других лесохозяйственных работ [58].

3. Результаты

Как было отмечено выше, споры между сторонниками колёсных и гусеничных движителей для лесных машин продолжаются уже достаточно давно. Очевидно, что у любого технического решения есть свои достоинства и свои недостатки. Отечественные лесопромышленные и лесохозяйственные тракторы были, в основном, гусеничными. Базовые шасси для них выпускались на Алтайском тракторном (г. Рубцовск, Алтайский край) и Онежском тракторном (г. Петрозаводск, Республика Карелия) заводах. Несмотря на разницу в двигателях, трансмиссиях, кабинах, тракторы этих заводов (ТТ, ТДТ, ЛХТ, «Онежец») служили базой для самых разных лесных машин: погрузчиков (ПЛ-1Г и ЛТ-65 Б), сучкорезных (ЛП-30 Г и ЛП-33), чокерных трелёвочных (ТДТ-55 А и ТТ-4 М), бесчокерных трелёвочных (ТБ-1 М и ЛП-18), трелёвочных с пачковым захватом (ЛТ-230 и ЛТ-187), ВТМ (ЛП-17 и ЛП-49) и т. д. С точки зрения их эффективной эксплуатации была одна принципиальная рекомендация — машины на базе тракторов Алтайского тракторного (ТТ) завода рекомендовалось использовать в насаждениях со средним объёмом хлыста более $0,4 \text{ м}^3$, а машины на базе тракторов Онежского тракторного (ТДТ, «Онежец») завода рекомендовалось использовать в насаждениях со средним объёмом хлыста до $0,4 \text{ м}^3$.

В конце своего существования Онежский тракторный завод разработал и подготовил к серийному выпуску серию колёсных лесных тракторов под маркой ТЛК [48], но в широкую серию они так и не пошли. Были попытки мелкосерийного выпуска колёсных лесных машин (ЛТ-154) на базе мощных тракторов Кировского тракторного завода (г. Санкт-Петербург).

НПО «Силава» в Латвийской ССР была разработана серия лёгких колёсных лесохозяйственных тракторов на базе машин Липецкого тракторного заводов.

С тех пор прошло уже достаточно много лет. Онежский, Алтайский, Липецкий тракторные заводы не существуют, но ходовые части специальных гусеничных лесных тракторов до сих пор визуально узнаваемы по использованию технического решения, предложенного создателями уже упомянутого первого в мире специального трелёвочного трактора КТ-12, — по высоко поднятому переднему катку и задней ведущей звёздочке гусениц. Благодаря такому решению лесные гусеничные тракторы легко преодолевают специфические препятствия на лесосеке (кочки, пни, поваленные стволы, камни), не встречающиеся на сельхозугодьях или строительных площадках. Неудачный опыт эксплуатации машин Ковровского машиностроительного завода линейки МЛ показал, что гусеничный движитель обычной строительной машины плохо справляется с лесными препятствиями. На фото 8 хорошо видно различие ходовой части лесного и строительного тракторов.



Фото 8. Визуальное сравнение ходовой части лесного и строительного тракторов

Photo 8. Visual comparison of the chassis of forestry and construction tractors

Первостепенным достоинством гусеничного движителя перед колёсным трактором всегда называют проходимость. При равном весе машин у гусеничного движителя значительно больше площадь пятна контакта с поверхностью движения лесосеки и соответственно меньше давление и больше сила тяги при равных мощностях двигателей и КПД трансмиссии [59—65].

Благодаря низкому давлению на почвогрунты лесосек гусеничные лесные машины, при прочих равных условиях, показывают лучшую экологическую совместимость с лесной средой [49]. Исходя из того, что более чем на половине земель лесного фонда Российской Федерации преобладают почвогрунты III и IV категорий, т.е. со слабой несущей способностью, а также исходя из постепенного, но отчётливо видного потепления климата (с 1980 по 2020 г. период устойчивой зимней вывозки древесины с лесосек сократился на три недели [66]), гусеничные лесные машины достаточно часто более предпочтительны, нежели колёсные.

Исходя из сказанного выше (согласно действующему лесному законодательству, лесопользователи обязаны заниматься вопросами лесовосстановления) себестоимость восстановительных работ входит в общую стоимость продукции лесозаготовительного производства, а более средоопадающее воздействие гусеничных лесных машин по сравнению с колёсными (при прочих равных условиях) способствует повышению не только экологической, но и экономической эффективности заготовки и восстановления лесных ресурсов [67], [68].

Безусловно, при плохих почвенно-грунтовых условиях, при глубоком снеге колёсные лесные машины можно оснастить упомянутыми выше колёсными гусеницами, но их приобретение требует дополнительных (и не малых) финансовых затрат. Причём, как показано на рисунке 1, для различных условий эксплуатации, на каждую колёсную лесную машину требуется приобретение нескольких различных комплектов таких колёсных гусениц. На начало 2023 г. средняя стоимость комплекта гусениц на колёсную лесную машину 8к8 составляет 2 млн 520 тыс. руб., т. е. если на одну колёсную лесную машину потребуется приобрести минимально разумный комплект из болотоходных и снегоходных гусениц [69], то затраты составят более 5 млн руб. Без колёсных гусениц тяжёлые колёсные лесные машины наносят ощутимый вред лесной среде, заключающийся в переуплотнении почвы, которое приводит к снижению её аэрации, ухудшению гидрологического режима, а также колееобразованию, что в дальнейшем зачастую служит очагом развития водной, а иногда и ветровой эрозии [70—75].

На фото 9 показана глубокая колея, оставленная колёсной лесной машиной за один проход. Если учитывать, что наиболее нагруженными (с самым большим весом) являются трелёвочные системы и что для трелёвки заготовленных на пасеке лесоматериалов приходится сделать по одному волоку не один десяток рейсов, то становится очевидным, что поле работы колёсной лесной машины в таких условиях лесной среде будет нанесён практически невосполнимый ущерб. Причём этот ущерб будет пролонгирован на очень длительный срок. Помимо снижения экологических функций лесного насаждения на долгие годы, будут существенно увеличены сроки лесовосстановления и снижено его качество, как по приросту, так и по товарной ценности следующей сукцессии насаждения [76—78].

Судя по результатам целенаправленного информационного поиска, ведущие позиции в вопросах экологической и эксплуатационной эффективности лесных машин сейчас занимает научная школа «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства», базирующаяся в настоящее время в Арктическом государственном агротехнологическом университете (г. Якутск). Многочисленные научные публикации участников данной научной школы позволяют сделать однозначный вывод о том, что без использования дополнительных технических средств и/или технологических решений у гусеничного движителя (при прочих равных условиях) экологическая совместимость заметно выше, по сравнению с колёсным [79—81].



Фото 9. Глубокая колея, оставленная колёсной лесной машиной за один проход (Ленинградская обл., Выборгский р-н, 2022 г.)

Photo 9. A deep track left by a wheeled forest machine in one pass (Leningrad region Vyborgsky district, 2022)

Обратим внимание на то, что корневая система деревьев состоит из двух основных типов корней: якорных, которые обеспечивают крепление дерева в почвогрунте, как консольной балки; сосущих, обеспечивающих питание дерева растворёнными в воде минеральными веществами из почвогрунта. При проведении выборочных рубок леса повреждение или угнетение (за счёт переуплотнения окружающего почвогрунта) сосущих корней крайне негативно сказывается на последующем росте оставляемых на дорастивание деревьев, подроста и молодняка. При этом сосущие корни, в основном, располагаются в верхнем почвенном слое почвогрунта [82], [83], толщина которого в бореальных лесах, особенно в лесах, расположенных на вечной мерзлоте, крайне невелика [84], [85]. На рисунках 2—7 представлены эпюры нагрузок и зависимости динамики колееобразования колёсных и гусеничных лесных машин, из которых наглядно видно подтверждение факта большей экологической совместимости гусеничных движителей с лесной средой [86—90].

Также отметим, что в Лесоводственных требованиях к технологическим процессам лесосечных работ, утверждённых Приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 29.11.1993 № 314, было регламентировано: «В целях предотвращения развития эрозийных процессов, ухудшения водно-физических свойств почвы и её плодородия <...>

необходимо использовать на лесосечных работах машины с давлением в рабочем режиме не более 70 кПа для гусеничных и 150 кПа для колёсных движителей». К сожалению, в действующих Правилах заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации, утверждённых Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.12.2020 № 993, нет никакой конкретики ни по допускаемому давлению движителей лесных машин на почвогрунты, ни, что было бы более рациональным, по допускаемой глубине колеи.

Следует также иметь в виду, что уплотнение почвогрунта происходит не только непосредственно под движителем, но и на определённом расстоянии вбок от трелёвочного волока или технологического коридора [91—93].

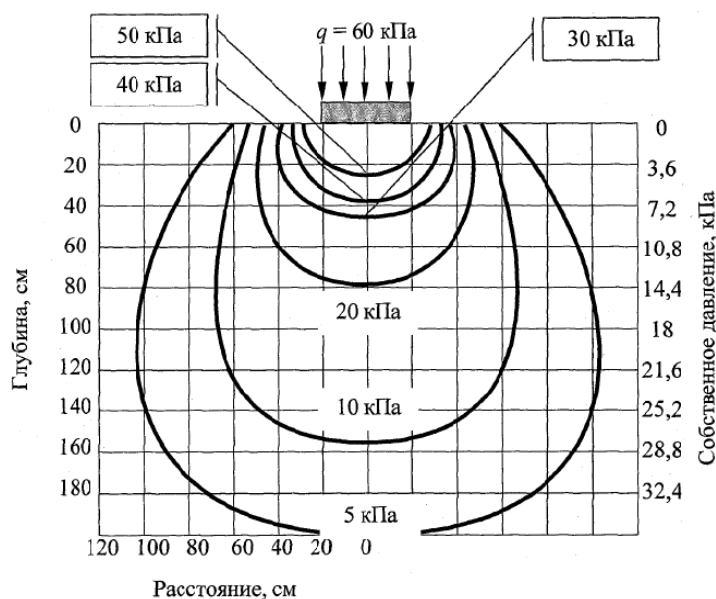


Рисунок 2. Эпюра дополнительных напряжений в идеальном почвогрунте и его собственное давление при плотности $1,8 \text{ г/см}^3$

Figure 2. Diagram of additional stresses in an ideal soil and its own pressure at a density of $1,8 \text{ g/cm}^3$

Как показано на рисунке 6, динамика колееобразования может быть разной [94—96]. На прочных почвогрунтах за первые проходы движитель проминает верхний слой почвогрунта, после чего колея практически не увеличивается, динамика похожа на логарифмический закон (вариант 1, рисунок 6). В варианте 2 (рисунок 6) закон изменения динамики колеи, в принципе, тот же, только глубина проминаемого верхнего слоя почвогрунта больше. На слабых почвогрунтах (вариант 3, рисунок 6) процесс колееобразования не стабилизируется, глубина колеи постоянно растёт, пока ездая возможность волока не будет исчерпана, т. е. глубина колеи сравнивается клиренсом лесной

машины. Интенсивность такого процесса может быть разной, что показывает разница между кривыми 3 и 4 на рисунке 6. При многократных проходах и большом давлении на почвогрунт, что характерно для колёсных машин, несущая способность прочного подстилающего слоя почвогрунта в определённый момент оказывается исчерпанной, после чего идёт резкий рост глубины колеи (вариант 5, рисунок 6), и машина может начать «тонуть» (фото 10).

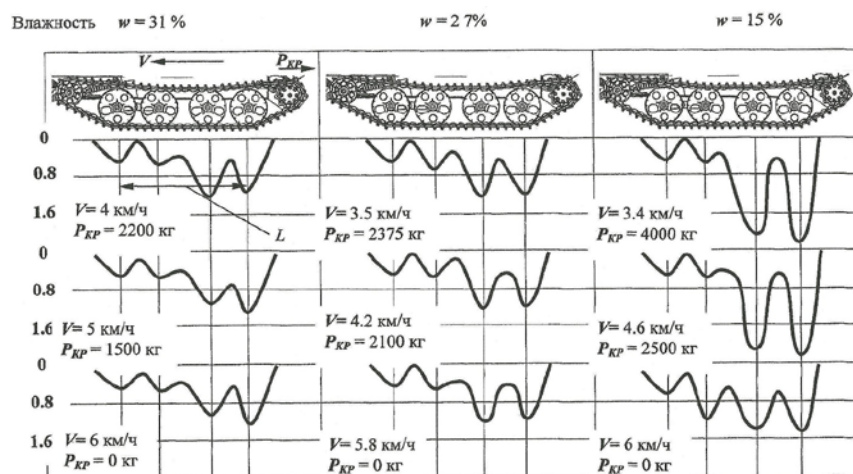


Рисунок 3. Распределение давления на почвогрунт (МПа) по длине опорной поверхности в зависимости от влажности, скорости движения и тягового усилия гусеничного трактора

Figure 3. Distribution of pressure on the soil (MPa) along the length of the support surface depending on humidity, speed and traction of the crawler tractor

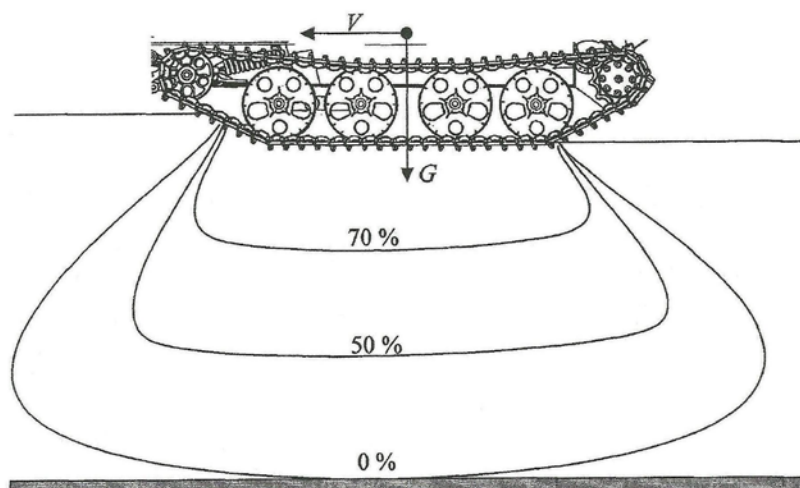


Рисунок 4. Эпюра напряжений в почвогрунте под гусеницами

Figure 4. Stress diagram of stresses in the soil under the tracks

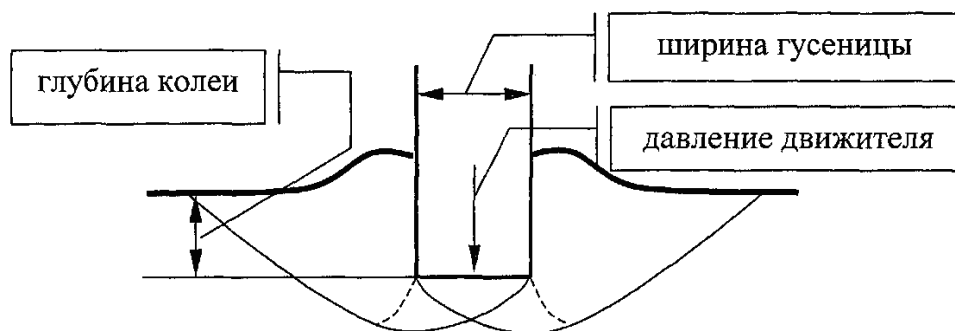


Рисунок 5. Схема колееобразования под воздействием движителя

Figure 5. The scheme of track formation under the mover impact

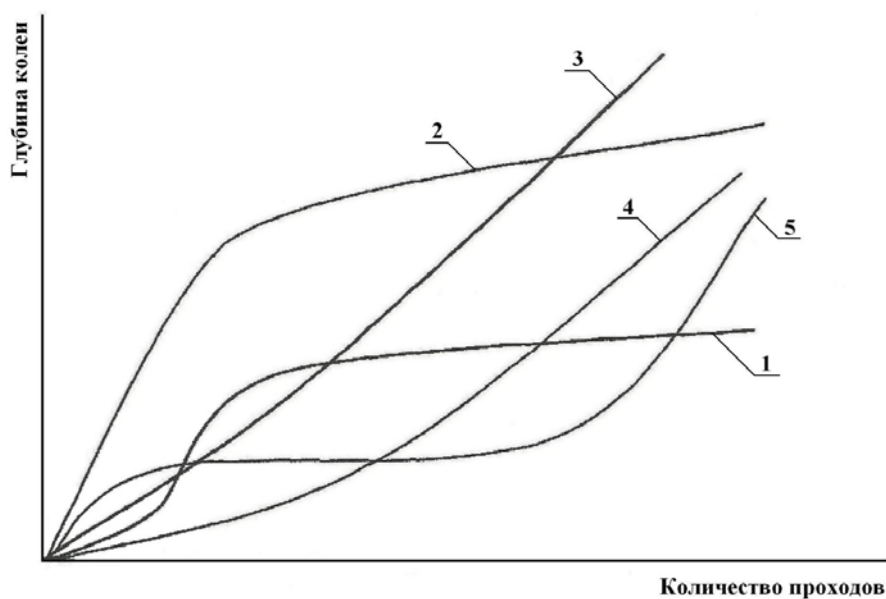


Рисунок 6. Типовые варианты динамики колееобразования: **1** — изменение колееобразования по логарифмическому закону; **2** — изменение колееобразования по логарифмическому закону с ускоренным проминанием колеи; **3** — нестабилизирующийся рост глубины колеи; **4** — нестабилизирующийся рост глубины колеи небольшой интенсивности; **5** — изменение колееобразования по логарифмическому закону с последующим резким ростом

Figure 6. Typical variants of the dynamics of track formation: **1** — change of track formation according to the logarithmic law; **2** — change of track formation according to the logarithmic law with accelerated track penetration; **3** — unstable growth of track depth; **4** — unstable growth of track depth of low intensity; **5** — change of track formation according to the logarithmic law followed by a sharp increase

Как видно из рисунка 7, тяжёлый колёсный лесопромышленный трактор ЛТ-154 значительно интенсивнее образует колею (в равных условиях эксплуатации), нежели гусеничные тракторы.

Представленный на фото 10 производственный случай — далеко не редкость при эксплуатации колёсных лесных машин, но достаточно редок для гусеничных. При этом после подобного «затопления» колёсного трактора его придётся везти в тёплый бокс, мыть, прочищать манжеты, сальники и т. д. [36]. В то время как для гусеничного трактора, даже если он попадёт в подобную неприятную ситуацию, такого большого количества работ по обслуживанию выполнять не придётся.

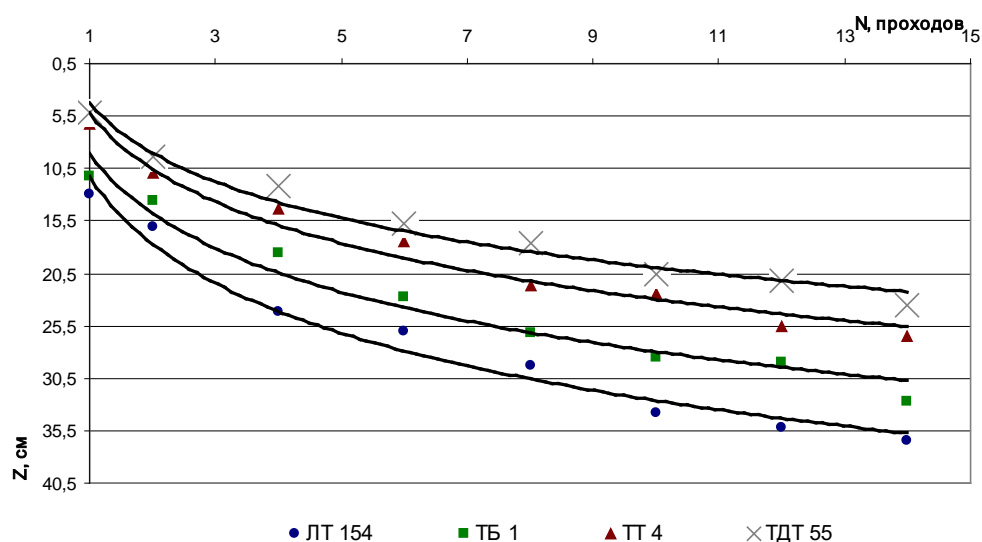


Рисунок 7. Динамика колееобразования гусеничных и колёсного трелёвочных тракторов в зависимости от количества проходов

Figure 7. Dynamics of track formation of tracked and wheeled skidding tractors depending on the number of passes

Для снижения давления на почвогрунты лесосек (увеличения площади контакта с ездовой поверхностью), повышения проходимости на современные гусеничные лесозаготовительные машины (харвестеры на базе экскаваторов) устанавливают уширенную гусеничную ленту с уменьшенным числом грунтозацепов [97] (фото 11).

По сравнению с современными колёсными лесными машинами у гусеничных тракторов значительно проще в устройстве и обслуживании трансмиссия, она заметно менее требовательна к качеству и соблюдению сроков технического обслуживания [98], что в условиях лесозаготовительных предприятий России, особенно мелких, достаточно часто сложно обеспечить [99], [100].



Фото 10. «Затопление» колёсного форвардера при плохих почвенно-грунтовых условиях

Photo 10. «Flooding» of the wheel forwarder under poor soil conditions



Заводской трак экскаватора
(600 мм, три гребнезацепа)



Лесной трак гусеничного харвестера
(700 мм, два гребнезацепа)

Фото 11. Экскаваторный и харвестерный траки

Photo 11. Excavator and harvester trucks

При эксплуатации в условиях значительных отрицательных температур колёсные лесные машины предпочтительно не глушить (хотя это достаточно заметно увеличивает расход топлива, которое стоит сейчас достаточно дорого), поскольку большое количество резиновых уплотнителей и сальников в трансмиссии современного колёсного лесного трактора существенно снижает её надёжность при пуске машины в мороз [101].

Кроме того, в сильный мороз у колёсных машин падает давление в шинах, и его приходится контролировать, резина становится менее эластичной, что вкупе с падением давления в шине может привести к быстрому выходу колеса из строя [102], [103]. Ярким

тому примером служат застревающие на трассах зимой в Якутии грузовики из-за лопнувших на морозе шин. А стоимость одного колеса (шины) современного лесопромышленного трактора на начало 2023 г. составляет 200—280 тыс. руб. У гусеничных лесных машин таких проблем нет. Комплект гусениц на лесной трактор типа ТТ стоит на начало 2023 г. около 200—250 тыс. руб. При этом, как уже было упомянуто, только один комплект колёсных гусениц стоит в 10 раз дороже, а на одну колёсную лесную машину желательно иметь два комплекта.

Если касаться стоимости колёсных и гусеничных машин в целом, помня о том, что лесозаготовительные предприятия одни из самых небогатых в лесном комплексе, а в связи с падением объёмов и закупочных цен на круглые лесоматериалы в последнее время (из-за введённых санкций) — совсем небогатых, то очень полезно отметить, что при прочих равных условиях стоимость колёсной лесной машины составляет на 40—50 % больше, нежели гусеничной того же класса тяги и назначения [36].

Безусловно, у гусеничных лесных машин, по сравнению с колёсными, есть и ряд существенных недостатков. Прежде всего, это повышенный расход топлива (до 40 % при прочих равных условиях) и значительно меньшие скорости движения (при хороших почвенно-грунтовых условиях, неглубоком снеге), что существенно снижает производительность, особенно на транспортных операциях (прежде всего трелёвке) [48].

При сильно дефрагментированном лесосечном фонде приходится часто и на большие расстояния перевозить комплексы лесных машин (с лесосеки на лесосеку или с одного участка лесовосстановления/проведения других видов лесохозяйственных работ на другой) [104]. Колёсные лесные машины в принципе могут перемещаться при этом своим ходом, а гусеничные приходится перевозить только на трале, задействуя при этом дополнительную технику — тягачи. При этом ещё и не по любой лесной дороге трал сможет пройти. Перемещение гусеничных машин своим ходом по дорогам может привести к разрушению дорожного покрытия, особенно твёрдого. Поэтому в отличие от колёсных движителей гусеничные машины не могут своим ходом перемещаться по дорогам общего пользования. Правда, нельзя забывать о том, что конструкция гидравлической трансмиссии колёсных лесных машин не предназначена для перемещения на длинные дистанции — она начинает перегреваться, разве что форвардер Ponsse-Bison конструктивно предназначен для переездов на длинные расстояния [36].

У гусеничного движителя лесной машины очень большие динамические (ударные) нагрузки во время движения, особенно у трелёвочных тракторов, которые должны на возможно больших скоростях совершать холостые рейсы — к месту набора пачки и грузовые рейсы — к верхнему складу. При наездах на различные препятствия и съездах с них гусеничная лента то натягивается, то провисает, соединительные пальцы бьются в посадочных гнездах, иногда работая как насос, который засасывает в соединение жидкую грязь. Это приводит к достаточно быстрому износу.

Достаточно большой проблемой современного лесного машиностроения в России является очень низкое качество металла, из которого изготавливаются гусеницы для лесных машин [105]. Исходя из приведённого выше понятия «лесные и лесозаготовительные машины», следует уделить внимание вопросу, какие виды гусениц на них используют.

Обратим внимание на то, что лесные машины разного назначения совершают на лесосеке различное количество перемещений, что сказывается не только на конструкции технологического оборудования и движителя, но даже на ёмкости топливного бака. К примеру, ёмкость топливного бака харвестера или ВПМ значительно больше, чем у трелёвочных тракторов [106]. Это связано с тем, что лесозаготовительные машины должны валить деревья, перемещаясь между технологическими стоянками. Большой топливный бак им нужен, чтобы как можно реже им приходилось перемещаться к площадке верхнего склада (или погрузочного пункта) для дозаправки. В то же время трелёвочные тракторы регулярно доставляют на верхний склад (погрузочный пункт) лесоматериалы, и им проще лишний раз заправиться, чем возить на себе большой объём топлива, увеличивая тем самым коэффициент тары трактора, со всеми вытекающими из этого негативными последствиями.

В принципе можно подразделять лесные машины на транспортные и технологические. Транспортные лесные машины, прежде всего трелёвочные тракторы, в меньшей степени погрузчики, совершают большое количество перемещений (грузовой работы), технологические машины перемещаются меньше и выполняют рабочие или смешанные операции — лесозаготовительные машины, процессоры, сучкорезные, и т. д. Есть, правда, транспортно-технологические машины — харвардеры, ВТПМ [107], но в российском лесозаготовительном производстве в настоящее время они не используются.

Гусеничные лесозаготовительные машины (ВПМ, харвестеры), а также лесные машины — процессоры и погрузчики делаются на базе строительных манипуляторных машин — экскаваторов [108].

Как было отмечено выше, для трелёвочных тракторов желательно иметь меньший вес — для снижения удельной энергоёмкости первичного перемещения заготовленных лесоматериалов. В связи с этим гусеничные трелёвочные тракторы оснащаются самыми простыми и лёгкими гусеницами с одноцевочным зацеплением, у которых последовательными шарнирами являются трак и палец, представляющие собой отливки. И всё это собирается с минимальными требованиями к точности, никаких уплотнений со смазкой в таких гусеницах нет. Такая гусеница стоит значительно дешевле, чем гусеницы для строительных машин, но срок её службы достаточно мал. И в связи с уже упомянутым выше существенным снижением качества металла, из которого эти гусеницы изготавливаются, срок службы их ещё более снижается.

Гусеница на строительных тракторах представляет собой цепь с закрытыми звеньями, с уплотнениями, в которые закладывается консистентная смазка, и к этой цепи на болты крепятся траки. Такие гусеницы стоят достаточно дорого, но имеют длительный срок эксплуатации. Благодаря смазке интенсивность их износа снижается достаточно

существенно — до 20 %. На фото 12 приведено визуальное сравнение экскаваторной гусеницы и гусеницы трелёвочного трактора.

По вариантам смазки шарниров также гусеницы подразделяют [109]:

- сухие (с открытым металлическим шарниром);
- закрытые (смазка закладывается в шарнир сразу на весь срок эксплуатации);
- с жидкой смазкой (имеются уплотнения, обеспечивающие герметичность шарнира для сохранения смазки);
 - с резино-металлическим шарниром (между пальцем и звеном гусеницы устанавливается резиновая втулка);
 - с игольчато-подшипниковым шарниром.

При установке на трактор металлических гусениц ведущие колёса имеют форму звёздочки, зубья которой входят в зацепление с гусеничной лентой. Если же на трактор устанавливают резино-металлические гусеницы, то они обычно имеют гладкую поверхность контакта с гладким колесом, у них передача крутящего момента осуществляется трением.



Гусеница экскаватора



Гусеница трелёвочного трактора

Фото 12. Визуальное сравнение экскаваторной гусеницы и гусеницы трелёвочного трактора

Photo 12. Visual comparison of the excavator track and the track of the skidder tractor

В настоящее время Правительство Российской Федерации уделяет большое внимание развитию арктических регионов. Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики определяет Арктическую зону как крупнейшую особую экономическую зону в мире, где инвесторы пользуются специальными режимами налогового и административного регулирования.

В Арктическую зону входят девять регионов России (четыре относятся к ней полностью, пять — частично). Площадь арктических территорий составляет 4,8 млн км² (28 % территории России). Ряд арктических регионов России имеет очень большой лесной потенциал: Архангельская область, Республика Саха (Якутия), Республика Карелия.

С экономической точки зрения арктические территории России представляют собой пояс, ориентированный на Северный морской путь, — очень активно развиваемый сейчас Россией транспортный коридор. С климатической точки зрения достаточно часто к арктическим территориям относят леса криолитозоны, являющиеся особо экологически ранимыми и выполняющие крайне важную экологическую функцию — депонирования больших запасов углерода [110]. Проведение лесосечных работ в лесах на вечной мерзлоте (а на них приходится более 50 % всей площади лесного фонда Российской Федерации) очень желательно приурочивать к зимнему периоду, дабы избежать повреждений мерзлотных почвогрунтов [111—116]. Но криолитозона известна своим резко континентальным климатом, длительными, сильными морозами и коротким, жарким летом.

При работе в сильный мороз у любых машин возникают проблемы, связанные с морозной хрупкостью — «охрупчиванием» (Embrittlement) металлов, резины, других используемых в их конструкциях конструкционных материалов. Ведущие производители лесных машин рекомендуют прекращать их эксплуатацию при морозе более $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Да, сейчас несложно приобрести специальную жидкость для гидравлической системы, которая не замёрзнет и при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, но металлическая конструкция лесных машин «сдаётся» значительно раньше.

Совершенно своеобразные условия эксплуатации лесных машин возникают при снежном покрове, который в определённых случаях создаёт столь же неудобные условия работы, как слабые почвогрунты в тёплый период года. Также приходится использовать схемы транспортного освоения лесосек с большей плотностью трелёвочных волоков и технологических коридоров. С одной стороны, снежный покров укрывает различные единичные препятствия — в виде брёвен, пней, кочек, камней и т. д. С другой стороны, он увеличивает коэффициент сопротивления перемещению машины, при поворотах гусеничной машины снег норовит забиться в гусеницы, и при этом полезно помнить, что большую часть ездового времени гусеничный трелёвочный трактор движется в режиме поворота.

4. Обсуждение и заключение

Результаты вышеприведённого анализа сложившейся ситуации в современном состоянии лесного машиностроения Российской Федерации, а также с импортом лесных машин, запасных частей и расходных материалов к ним из недружественных стран показывают, что отечественные лесные машины на базе гусеничного шасси имеют очень большие перспективы широкого применения в лесном хозяйстве и в лесозаготовительном производстве. Эти машины, по сравнению с колёсными, значительно экологичнее, дешевле в производстве и эксплуатации, на российских машиностроительных заводах есть большой опыт производства такой техники. За счёт значительно более простой конструкции нет проблем обеспечить 100 %-ю локализацию комплектующих внутри нашей страны. Определённую, но значимую проблему производства лесных машин вообще (и гусеничных,

в частности) вызывает резко ухудшившееся, со времён СССР, качество металлов, поставляемых с отечественных металлургических комбинатов.

Совершенствование конструкции и повышение эффективности эксплуатации гусеничных лесных машин напрямую относится к научной специальности 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Авторы выражают глубокую признательность участникам и руководителю ведущей российской научной школы лесного комплекса «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета за ценные замечания и ряд фактических данных, существенно способствовавших подготовке данной работы.

Список литературы

1. Сравнение подходов к типологии лесных насаждений России и европейских стран / О. И. Григорьева, А. С. Старовойтова, В. А. Макуев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 3 (55). С. 71—77.
2. Метод оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий с учётом параметров лесотранспортной сети / Р. Н. Ковалев, И. М. Еналеева-Бандура, А. Н. Баранов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 64—71.
3. Куницкая О. А., Помигуев А. В. Повышение эффективности лесопользования за счёт использования непостоянных лесных складов // Управление земельными ресурсами, землеустройство, кадастр, геодезия и картография. Проблемы и перспективы развития: Сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 255-летию Землеустройству Якутии и Году науки и технологий. Якутск, 2021. С. 314—320.
4. Технология и система машин для разубки трасс линейных объектов / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов [и др.] // Энергия: экономика, техника, экология. 2019. № 10. С. 62—68.
5. Перспективы импортозамещения систем машин для искусственного лесовосстановления / О. И. Григорьева, В. А. Макуев, Е. В. Барышникова [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 3 (55). С. 78—84.
6. Григорьев И. В., Давтян А. Б., Григорьева О. И. Выбор системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // Управление земельными ресурсами, землеустройство, кадастр, геодезия и картография. Проблемы и перспективы развития: Сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 255-летию Землеустройству Якутии и Году науки и технологий. Якутск, 2021. С. 271—278.
7. Лучшие практики подготовки операторов лесных машин / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов [и др.] // Строительные и дорожные машины. 2020. № 10. С. 42—48.
8. Концепция универсальной машины для выполнения лесохозяйственных работ и тушения лесных пожаров / О. И. Григорьева, А. Б. Давтян, О. И. Гринько [и др.] // Машиностроение: новые концепции и технологии. Всерос. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. Красноярск, 2020. С. 45—49.

9. *Тетеревлева Е. В., Гринько О. И., Григорьева О. И.* Транспортно-технологические машины для тушения лесных пожаров на базе колёсных вездеходов // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2020. С. 374—377.
10. Перспективная лесохозяйственная машина / А. Ю. Мануковский, М. В. Зорин, О. И. Григорьева [и др.] // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: Сб. науч. ст. по итогам Шестой междунар. науч. конф. Казань, 2020. С. 141—143.
11. *Григорьев И. В.* Параметры и показатели работы перспективного форвардера для малообъёмных лесозаготовок // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6. № 4 (40). С. 21—25.
12. Статистический анализ параметров колёсных трелёвочных машин / А. М. Хахина, И. В. Григорьев, А. М. Газизов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36, № 2. С. 189—197.
13. *Григорьева О. И., Давтян А. Б., Гринько О. И.* Перспективы импортозамещения в производстве лесохозяйственных и лесопожарных машин в России // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: Сб. ст. Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2020. С. 66—69.
14. Математическая модель выбора системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций / О. Б. Марков, Р. В. Воронов, А. Б. Давтян [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 1. С. 16—26.
15. Математическая модель модульного принципа подбора системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций / Р. В. Воронов, О. Б. Марков, И. В. Григорьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 5 (371). С. 125—134.
16. Численное исследование показателей заготовки древесины на лесных плантациях / Г. Д. Гаспарян, А. Б. Давтян, И. В. Григорьев [и др.] // Resources and Technology. 2021. Т. 18, № 4. С. 17—45.
17. *Григорьева О. И., Давтян А. Б.* Эффективная технология расчистки древесно-кустарниковой растительности // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Седьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2021. С. 34—35.
18. Технология и машины лесовосстановительных работ: Учеб. пособие / Р. Р. Сафин, И. В. Григорьев, О. И. Григорьева [и др.] / М.: Деревообрабатывающая пром-сть, 2015. 230 с.
19. Основы лесного хозяйства: Учеб. пособие / Р. Р. Сафин, И. В. Григорьев, О. И. Григорьева [и др.]. М.: Деревообрабатывающая пром-сть, 2015. 170 с.
20. Пути повышения эффективности работы лесных машин / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов [и др.] // Энергия: экономика, техника, экология. 2020. № 1. С. 55—63.
21. Теоретические исследования производительности форвардеров при ограничениях воздействия на почвогрунты / О. Н. Бурмистрова, А. А. Просужих, Е. Г. Хитров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3 (381). С. 101—116.
22. Efficiency improvement of forest machinery exploitation / I. Grigorev, O. Kunickaya, A. Prosuzhih [et al.] // Diagnostyka. 2020. Vol. 21, no. 2. P. 95—109.
23. *Григорьев И. В., Григорьева О. И.* Перспективные направления повышения качества подготовки специалистов в области лесопользования // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-2 (13-2). С. 205—208.

24. Григорьева О. И., Григорьев И. В. Повышение эффективности кадрового обеспечения лесного комплекса Российской Федерации // Архитектура университетского образования: построение единого пространства знаний: Сб. тр. IV Национал. научно-метод. конф. с междунар. участием. СПб., 2020. С. 123—130.
25. Скобцов И. Г., Куницкая О. А. Требования стандартов по безопасности при работе на лесных машинах // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 1. С. 51—56.
26. Технология и машины лесосечных работ: Учебник для вузов / В. И. Пятакин, И. В. Григорьев, А. К. Редькин [и др.]; Под ред. В. И. Пятакина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. 362 с.
27. Скобцов И. Г., Куницкая О. А. Обзор конструктивных решений защитных устройств кабин лесных машин // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 1. С. 60—69.
28. Григорьев И. В., Григорьева О. И. Постановка задачи экономической оценки улучшения условий труда и безопасности работы операторов лесных машин // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 4. С. 43—48.
29. Скобцов И. Г., Куницкая О. А. Математическая модель оценки энергопоглощающих свойств устройства защиты оператора лесной машины // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 3. С. 40—50.
30. Скобцов И. Г., Куницкая О. А. Исследование динамических нагрузок, действующих на кабину лесной машины при различных вариантах возникновения аварийных ситуаций // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 3. С. 28—39.
31. Григорьев И. В., Григорьева О. И. Общие методические вопросы эргономической оценки системы «оператор — производственная среда — машина» // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 5. С. 17—22.
32. Григорьев И. В., Григорьева О. И., Чураков А. А. Эффективные технологии и системы машин для малообъемных заготовок древесины // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 2. С. 61—66.
33. Никифоров О. А., Григорьева О. И. Основные трудовые требования в схемах добровольной лесной сертификации в рамках стандартов цепочки поставок // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 4. С. 53—63.
34. Григорьева О. И., Данилов Д. А., Григорьев И. В. Безопасность и охрана труда в свете требований международных систем добровольной лесной сертификации // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 1. С. 4—20.
35. Современные технические решения для обеспечения безопасной работы лесных машин на горных склонах / В. А. Каляшов, Т. А. До, О. И. Григорьева [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 2. С. 11—25.
36. Машинная заготовка древесины по скандинавской технологии / О. А. Куницкая, Н. А. Чернуцкий, М. В. Дербин [и др.] / СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. 192 с.

37. Перспективные направления развития технологических процессов лесосечных работ / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Никифорова [и др.] // Труды БГТУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2016. № 2 (184). С. 109—116.
38. *Григорьев И. В., Григорьев М. Ф., Степанова Д. И.* Перспективы модульных систем машин для лесозаготовительного производства в Якутии // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5, № 9 (35). С. 74—77.
39. Совершенствование конструкции полноповоротных лесозаготовительных машин на экскаваторных базах / А. П. Мохирев, И. В. Григорьев, О. А. Куницкая [и др.] // Строительные и дорожные машины. 2018. № 6. С. 43—49.
40. *Григорьев И. В., Куницкая О. А.* Перспективные направления опытно-конструкторских работ в лесном машиностроении // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Третьей Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2017. С. 53—56.
41. *Григорьева О. И., Гринько О. И., Николаева Ф. В.* Лесопожарные транспортно-технологические комплексы на базе колёсных форвардеров // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2021. С. 55—58.
42. *Григорьев И. В., Куницкая О. А.* Эффективное использование погрузочной техники на лесных складах // Энергия: экономика, техника, экология. 2021. № 6. С. 42—57.
43. *Григорьев И. В., Чураков А. А.* Совершенствование конструкции активного полуприцепа форвардера на базе сельскохозяйственного колёсного трактора // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2018. С. 84—88.
44. *Григорьев И. В., Григорьева О. И.* Лесозаготовительные машины на экскаваторной базе // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы IV Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2018. С. 45—46.
45. Theoretical approaches to logging trail network planning: increasing efficiency of forest machines and reducing their negative impact on soil and terrain / S. E. Rudov, A. M. Voronova, J. M. Chemshikova [et al.] // Asian Journal of Water, Environment and Pollution. 2019. Vol. 16, no. 4. P. 61—75.
46. *Добрецов Р. Ю., Григорьев И. В., Газизов А. М.* Пути улучшения управляемости лесных и транспортных гусеничных машин // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (43). С. 97—106.
47. *Рудов С. Е., Григорьев И. В.* Пути повышения эффективности работы систем машин для сортиментной заготовки древесины // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Седьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2021. С. 168—169.
48. *Григорьев И. В.* Снижение отрицательного воздействия на почву колёсных трелёвочных тракторов обоснованием режимов их движения и технологического оборудования. СПб.: ЛТА, 2006. 236 с.
49. Средооадающие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации / И. В. Григорьев, А. И. Жукова, О. И. Григорьева [и др.]. СПб.: Изд-во ЛТА, 2008. 176 с.
50. *Рудов С. Е., Швецова В. В.* Инновационные направления научных исследований в лесопользовании // Современные инновации: фундаментальные и прикладные исследования: Сб. науч. тр. по материалам VIII Междунар. научно-практич. конф. М., 2018. С. 6—9.

51. Михайлова Л. М., Куницкая О. А., Мотовилов А. И. Перспективы систем машин на базе средств малой механизации для малообъёмных лесозаготовок и лесохозяйственных работ // Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года: Сб. науч. ст. по материалам Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС (Я) М. Е. Николаева (Николаевские чтения). Якутск, 2022. С. 735—742.
52. Григорьев И. В., Винокуров С. Л. Сравнение вариантов систем машин для малообъёмных лесозаготовок // Вестник АГАТУ. 2021. № 3 (3). С. 51—62.
53. Григорьев И. В., Никифорова А. И., Лисов В. Ю. Достоинства и недостатки колёсной и гусеничной баз лесопромышленных тракторов // Леспроектинформ. 2014. № 4 (102). С. 82—87.
54. Выращивание и эксплуатация лесных плантаций / А. Вагвелди, Ш. Фехер, Б. Хорват [и др.]. Ужгород: University of West Hungary Press, 2016. 132 с.
55. Рего Г. Э., Воронов Р. В., Григорьев И. В. Алгоритм локального поиска для задачи покрытия полигона лесом корневых деревьев // Инженерный вестник Дона. 2022. № 10 (94). С. 240—259.
56. Ильющенко Д. А., Песков В. Б., Григорьев И. В. Современные лесозаготовительные машины: анализ взаимосвязей их характеристик // Февральские чтения: Сб. материалов научно-практич. конф. профессорско-преподавательского состава Сыктывкар. лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2015 году. Сыктывкар, 2016. С. 127—130.
57. Григорьев И. В., Чураков А. А. Перспективный машинный комплекс для заготовки древесины // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: Материалы II междунар. научно-практич. форума. Хабаровск: Изд-во ТАГУ, 2017. С. 170—175.
58. Григорьева О. И. Эффективность транспортно-технологических систем для лесного хозяйства // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2018. С. 79—83.
59. Теоретическое обоснование параметров средооадающего движителя гусеничного вездехода / О. Н. Бурмистрова, Ю. М. Чемшикова, И. В. Григорьев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2019. № 3 (43). С. 81—88.
60. Добрецов Р. Ю., Григорьев И. В. Оценка энергоэффективности шасси гусеничных лесных машин // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы междунар. научно-техн. конф. Тюмень, 2017. С. 145—149.
61. Григорьев И. В., Чураков А. А., Григорьева О. И. Перспективная конструкция гусеничного форвардера // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы междунар. научно-техн. конф. Тюмень, 2017. С. 140—144.
62. Григорьев И. В., Чураков А. А., Григорьева О. И. Перспективная конструкция вездехода для лесного хозяйства // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы междунар. научно-техн. конф. Тюмень, 2017. С. 136—139.
63. Добрецов Р. Ю., Григорьев И. В., Иванов В. А. Увеличение подвижности гусеничных вездеходов для вахтовых лесозаготовок // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 2 (30). С. 114—119.
64. Добрецов Р. Ю., Григорьев И. В. Взаимодействие гусеничного движителя с почвогрунтом при значительном продольном смещении центров давления // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы научно-техн. конф. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. С. 124—127.

65. Увеличение подвижности гусеничных и колёсных машин / Р. Ю. Добрецов, И. В. Григорьев, С. Е. Рудов [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 11. С. 4—10.
66. Методика последовательного анализа и определения стандартов отклонений от проектных параметров лесовозных автомобильных дорог / П. В. Тихомиров, А. В. Скрыпников, В. Г. Козлов [и др.] // Resources and Technology. 2022. Т. 19, № 3. С. 69—82.
67. Обоснование методики оценки экологической эффективности лесопользования / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Никифорова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2012. № 6 (69). С. 72—77.
68. Определение энергоёмкости продуктов лесопользования в рамках методики оценки экологической эффективности лесопользования / И. В. Григорьев, Е. Г. Хитров, А. И. Никифорова [и др.] // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19, № 5. С. 1499—1502.
69. Григорьев И. В., Рудов С. Е. Особенности эксплуатации колёсных лесных машин в сложных почвенно-грунтовых и рельефных условиях // Forest Engineering: Материалы научно-практич. конф. с междунар. участием. Якутск, 2018. С. 67—71.
70. Оценка экологической безопасности работы лесных машин / А. И. Никифорова, О. И. Григорьева, Д. С. Киселев [и др.] // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: Материалы Междунар. научно-практич. форума. Хабаровск, 2013. С. 134—138.
71. Определение осадки при движении лесозаготовительной машины по двуслойному основанию / А. И. Никифорова, Е. Г. Хитров, А. А. Пелымский [и др.] // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 2 (139). С. 87—91.
72. Никифорова А. И., Рудов М. Е., Григорьева О. И. Экспериментальные исследования уплотнения боковых полос трасс трелёвки волочащейся частью трелюемой пачки лесоматериалов // Проблемно-ориентированные исследования: теория и практика: Материалы республикан. научно-практич. конф. Петрозаводск, 2014. С. 37—39.
73. Поиск новых технических решений для повышения экологической совместимости лесных машин с лесной средой / И. В. Григорьев, И. И. Тихонов, О. И. Григорьева [и др.] // Интенсификация формирования и охраны интеллектуальной собственности: Материалы республикан. научно-практич. конф., посвящённой 75-летию ПетрГУ. Петрозаводск, 2015. С. 9—11.
74. Никифорова А. И., Григорьева О. И. Моделирование воздействия движителей лесных машин на почвы лесосек // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 5-4 (16-4). С. 320—323.
75. Modelling of indenter pressed into heterogeneous soil / A. Yu. Zhuk, A. M. Nahina, I. V. Grigorev [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13, no. S8. P. 6419—6430.
76. Измайлова В. С., Григорьева О. И. Оценка успешности естественного возобновления ели после сплошных рубок в Лисинском лесничестве // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: Материалы молодёжной междунар. научно-практич. конф. СПб.: Политехн. ун-т, 2017. С. 31—34.
77. Григорьева О. И. Особенности естественного лесовосстановления в условиях криолитозоны // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6, № 4 (40). С. 25—29.
78. О важности исследований экологической эффективности процесса трелёвки / А. В. Калистратов, О. И. Григорьева, Г. В. Григорьев [и др.] // Наука, образование,

- инновации в приграничном регионе: Материалы республикан. научно-практич. конф. Петрозаводск, 2015. С. 7—9.
79. Теоретические исследования работы лесных машин с гусеничным двигателем на склонах / Т. А. До, Г. В. Григорьев, В. А. Каляшов [и др.] // Resources and Technology. 2022. Т. 19, № 3. С. 1—29.
80. Обоснование технологических параметров, связанных с тягово-цепными свойствами гусеничной машины, работающей на склоне / Т. А. До, Н. И. Злобина, В. А. Каляшов [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2022. № 2. С. 3—12.
81. Хитров Е. Г., Котенев Е. В. Сравнение показателей взаимодействия с грунтом и проходимости колёсных и колёсно-гусеничных движителей // Resources and Technology. 2019. Т. 16, № 4. С. 1—24.
82. Беляева Н. В., Григорьева О. И., Ищук Т. А. Влияние рубок ухода разной интенсивности на общую производительность ельников кисличных // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 3 (11). С. 140—148.
83. Беляева Н. В., Григорьева О. И., Кузнецов Е. Н. Влияние рекреационной нагрузки на развитие подроста древесных пород в городском парке «Сосновка» // Аграрный научный журнал. 2014. № 9. С. 6—11.
84. Результаты экспериментальных исследований влияния температуры почвогрунтов криолитозоны на их физико-механические свойства / С. Е. Рудов, В. Я. Шапиро, И. В. Григорьев [и др.] // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10, № 4 (40). С. 197—207.
85. Методика и аппаратура экспериментальных исследований динамики температур слоёв лесного почвогрунта криолитозоны / М. С. Новиков, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов [и др.] // Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года: Сб. науч. ст. по материалам Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС (Я) М. Е. Николаева (Николаевские чтения). Якутск, 2022. С. 760—767.
86. Хитров Е. Г., Фролов И. И. Подбор допустимого давления движителя колёсных лесных машин в зависимости от грунтовых условий // Сборник статей по материалам научно-технической конференции Института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2018 года / Отв. ред. В. А. Соколова. СПб.: ЛТУ, 2019. С. 90—100.
87. Comparing approaches of calculating soil pressure of forestry machines / E. Khitrov, A. Andronov, D. Pliushenko [et al.] // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Conference proceedings. Soils; forest ecosystems. Sophia, 2019. P. 649—656.
88. Хитров Е. Г. Анализ составляющих глубины колеи, образующейся под воздействием движителя лесной машины на почвогрунт // Resources and Technology. 2019. Т. 16, № 4. С. 76—93.
89. Theoretical model for evaluation of tractive performance of forestry machine's wheel / V. Ivanov, M. Stepanishcheva, E. Khitrov [et al.] // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Conference proceedings. Sophia, 2018. P. 997—1004.
90. Linking the deformation moduli and cone indices of forest and peatland soils / E. Khitrov, V. Ivanov, M. Stepanishcheva [et al.] // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Conference proceedings. Sophia, 2018. P. 297—304.
91. Модель для оценки радиальной деформации колеса лесной машины с учётом деформации почвогрунта / Е. Г. Хитров, И. В. Григорьев, В. А. Макуев [и др.] // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2015. Т. 19, № 6. С. 87—90.

92. Моделирование уплотнения почвогрунта в боковых полосах трелёвочного волока с учётом изменчивости трассы движения / В. Я. Шапиро, И. В. Григорьев, Д. В. Лепилин [и др.] // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. 2010. № 6 (111). С. 61—64.
93. Расчёт показателей процесса уплотнения почвогрунта при трелёвке пачки хлыстов / И. В. Григорьев, В. А. Макуев, В. Я. Шапиро [и др.] // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2013. № 2. С. 112—118.
94. Исследование экологичности и вопросы сертификации движителей лесных машин / Е. Г. Хитров, Е. В. Котенев, А. В. Андронов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 2 (46). С. 100—105.
95. *Хитров Е. Г., Ильюшенко Д. А., Ермакова Е. К.* Линейные функции коэффициентов сопротивления движению и сцепления движителей лесных машин с грунтом // Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 2019 года: Сб. ст. по материалам конф. / Отв. ред. В. А. Соколова. СПб.: ЛТУ, 2020. С. 88—94.
96. *Хитров Е. Г., Ильюшенко Д. А., Ермакова Е. К.* Расчёт касательного напряжения с учётом снижения удельного сцепления лесного грунта при буксовании движителя // Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 2019 года Сб. ст. по материалам конф. / Отв. ред. В. А. Соколова. СПб.: ЛТУ, 2020. С. 105—110.
97. *Шэнь Ю., Москаленко М. Б., Добрецов Р. Ю.* Принципы построения шасси экстремальной проходимости для эксплуатации в лесном комплексе // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Восьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2022. С. 208—209.
98. *Кузнецов Д. А., Добрецов Р. Ю.* Вально-планетарный трансформирующий механизм для лесных и транспортных машин // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Восьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2022. С. 92—94.
99. *Куницкая О. А.* Проактивный сервис для лесных машин // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Шестой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2020. С. 86—87.
100. *Григорьев И. В., Куницкая О. А., Фам Н. Л.* Применение мобильных технологий для мониторинга, контроля и управления процессами сервиса лесных машин // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития: Сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. / Отв. ред.: Ю. А. Безруких, Е. В. Мельникова. Красноярск, 2020. С. 143—146.
101. *Григорьев И. В.* Особенности эксплуатации лесных машин в сильные морозы // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: Материалы междунар. научно-техн. конф. молодых учёных / Гл. ред. И. С. Сазонов. Могилев, 2018. С. 102.
102. Модернизация системы контроля давления в шинах лесных и сельскохозяйственных машин / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, Ю. В. Ланских [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. № 2. С. 21—30.
103. *Григорьев И. В., Просужих А. А., Рудов С. Е.* Перспективы использования систем контроля давления в шинах лесных и сельскохозяйственных машин // Машиностроение: новые концепции и технологии. Всерос. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. Красноярск, 2020. С. 40—45.
104. *Григорьев И. В., Куницкая О. А., Беляев Н. Л.* Актуальные проблемы лесозаготовительного производства в России на рубеже 2022 года // Комплексные вопросы аграрной науки и образования: Сб. науч. ст. по материалам Внутривузов. научно-практич. конф., посвящённой 65-летию высш. аграрного образования Республики

- Саха (Якутия) и Всерос. студ. научно-практич. конф. с междунар. участием в рамках «Северного форума — 2021». Якутск, 2021. С. 265—271.
105. Проблемы повышения качества отечественного лесного машиностроения / О. А. Куницкая, В. А. Макуев, Т. Н. Стородубцева, [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 57—63.
106. Совершенствование конструкции валочно-пакетирующей машины / И. В. Григорьев, И. И. Тихонов, А. И. Никифорова [и др.] // Леса России в XXI веке: Материалы Девятой междунар. научно-техн. интернет-конференции. СПб., 2012. С. 53—56.
107. Григорьев И. В., Никифорова А. И., Григорьева О. И. Сравнение одномашинных комплексов для сортиментной заготовки древесины // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 9-2 (20-2). С. 125—128.
108. Перспективы создания лесозаготовительных комплексов на базе отечественных строительных и сельскохозяйственных машин / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, А. А. Просужих [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 10. С. 3—10.
109. Гуревич А. М., Болотов А. К., Судницын В. И. Конструкция тракторов и автомобилей. М.: Агропромиздат, 1989. 368 с.
110. Экологические и лесоводственные аспекты работы лесных машин в лесах криолитозоны / М. Е. Рудов, О. А. Куницкая, М. Ф. Григорьев [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 57. С. 14—17.
111. Рудов С. Е., Куницкая О. А. Теоретические исследования экологической совместимости колёсных лесных машин и мерзлотных почвогрунтов лесов криолитозоны // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2020. С. 323—326.
112. Specific features of accounting of state of the massive of the frozen soil grounds under cyclic loads / S. E. Rudov, I. V. Grigorev, O. A. Kunickaya [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 25, no. Suppl. 2. P. 191—205.
113. The mathematical model of forestry machines impact on cryolitozone forest soils / S. Rudov, O. Kunickaya, I. Grigorev [et al.] // Asian Journal of Water, Environment and Pollution. 2020. Vol. 17, no. 4. P. 89—95.
114. Исследование процесса разрушения мёрзлых и оттаивающих почвогрунтов при воздействии трелёвочной системы / С. Е. Рудов, В. Я. Шапиро, И. В. Григорьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 2 (374). С. 101—117.
115. Особенности контактного взаимодействия трелёвочной системы с мёрзлым почвогрунтом / С. Е. Рудов, В. Я. Шапиро, И. В. Григорьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 1 (367). С. 106—119.
116. Проблемы и перспективы лесозаготовительного производства в условиях районов распространения вечной мерзлоты / Г. В. Григорьев, И. Н. Дмитриева, И. В. Григорьев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 3 (51). С. 59—67.

References

1. Grigoreva O. I., Starovoitova A. S., Makuev V. A., Tikhonov E. A., Kolominova M. V., Grigorev I. V. Comparison of approaches to the typology of forest plantations in Russia and European countries. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 3 (55), pp. 71—77. (In Russ.)
2. Kovalev R. N., Enaleeva-Bandura I. M., Baranov A. N., Lozovoy V. A., Grigoreva O. I., Grigorev I. V. Method of assessing the effectiveness of reforestation measures taking into account the parameters of the forest transport network. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 4 (56), pp. 64—71. (In Russ.)

3. Kunitskaya O. A., Pomiguyev A. V. Improving the efficiency of forest management through the use of non-permanent forest warehouses. *Land management, land management, cadastre, geodesy and cartography. Problems and prospects of development. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 255th anniversary of Land Management in Yakutia and the Year of Science and Technology*. Yakutsk, 2021, pp. 314—320. (In Russ.)
4. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Rudov S. E., Davtyan A. B. Technology and system of machines for cutting tracks of linear objects. *Energy: economics, technology, ecology*, 2019, no. 10, pp. 62—68. (In Russ.)
5. Grigoreva O. I., Makuev V. A., Baryshnikova E. V., Burmistrova O. N., Shvetsova V. V., Grigorev I. V., Ivanov V. A. Prospects of import substitution of machine systems for artificial reforestation. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 3 (55), pp. 78—84. (In Russ.)
6. Grigorev I. V., Davtyan A. B., Grigoreva O. I. The choice of a system of machines for the creation and operation of forest plantations. *Land management, land management, cadastre, geodesy and cartography. Problems and prospects of development. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 255th anniversary of Land Management in Yakutia and the Year of Science and Technology*. Yakutsk, 2021, pp. 271—278. (In Russ.)
7. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Rudov S. E., Grigoreva O. I., Voynash S. A. The best practices of training operators of forest machines. *Construction and road vehicles*, 2020, no. 10, pp. 42—48. (In Russ.)
8. Grigoreva O. I., Davtyan A. B., Grinko O. I., Voynash S. A. The concept of a universal machine for performing forestry work and extinguishing forest fires. *Mashinostroenie: new concepts and technologies. All-Russian Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists*. Krasnoyarsk, 2020, pp. 45—49. (In Russ.)
9. Teterevleva E. V., Grinko O. I., Grigoreva O. I. Transport-technological machines for extinguishing forest fires on the basis of wheeled all-terrain vehicles. *Transport and transport-technological systems. Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Editor N. S. Zakharov. Tyumen, 2020, pp. 374—377. (In Russ.)
10. Manukovsky A. Yu., Zorin M. V., Grigoreva O. I., Davtyan A. B., Kunitskaya O. A., Grigorev I. V. Perspective forestry machine. *Priority directions of innovation activity in industry. Collection of scientific articles on the results of the sixth international scientific conference*. Kazan, 2020, pp. 141—143. (In Russ.)
11. Grigorev I. V. Parameters and performance indicators of a promising forwarder for low-volume logging. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2018, vol. 6, no. 4 (40), pp. 21—25. (In Russ.)
12. Khakhina A. M., Grigorev I. V., Gazizov A. M., Kunitskaya O. A. Statistical analysis of parameters of wheeled skidding machines. *Coniferous boreal zones*, 2018, vol. 36, no. 2, pp. 189—197. (In Russ.)
13. Grigoreva O. I., Davtyan A. B., Grinko O. I. Prospects of import substitution in the production of forestry and forest fire fighting machines in Russia. *Forest exploitation and integrated use of wood. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Krasnoyarsk, 2020, pp. 66—69. (In Russ.)
14. Markov O. B., Voronov R. V., Davtyan A. B., Grigorev I. V., Kalita G. A. Mathematical model of choosing a system of machines for the creation and operation of forest plantations. *Woodworking industry*, 2021, no. 1, pp. 16—26. (In Russ.)
15. Voronov R. V., Markov O. B., Grigorev I. V., Davtyan A. B. Mathematical model of the modular principle of selecting a system of machines for the creation and operation of forest

- plantations. *News of higher educational institutions. Forest Magazine*, 2019, no. 5 (371), pp. 125—134. (In Russ.)
16. Gasparyan G. D., Davtyan A. B., Grigorev I. V., Markov O. B., Grigoreva O. I. Numerical study of wood harvesting indicators on forest plantations. *Resources and Technology*, 2021, vol. 18, no. 4, pp. 17—45. (In Russ.)
 17. Grigoreva O. I., Davtyan A. B. Effective technology of clearing wood and shrub vegetation. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2021, pp. 34—35. (In Russ.)
 18. Safin R. R., Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Razumov E. Y. *Technology and machines of reforestation works. Textbook*. Moscow, Woodworking industry, 2015. 230 p. (In Russ.)
 19. Safin R. R., Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Razumov E. Y. *Fundamentals of forestry. Textbook*. Moscow, Woodworking industry, 2015. 170 p. (In Russ.)
 20. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Rudov S. E., Davtyan A. B. Ways to improve the efficiency of forest machines. *Energy: economics, technology, ecology*, 2020, no. 1, pp. 55—63. (In Russ.)
 21. Burmistrova O. N., Prosuzhikh A. A., Khitrov E. G., Kunitskaya O. A., Luneva E. N. Theoretical studies of forwarders' productivity under restrictions of impact on soils. *News of higher educational institutions. Forest Magazine*, 2021, no. 3 (381), pp. 101—116. (In Russ.)
 22. Grigorev I., Kunickaya O., Prosuzhikh A., Kruchinin I., Shakirzyanov D., Shvetsova V., Markov O., Egipko S. Efficiency improvement of forest machinery exploitation. *Diagnostyka*, 2020, vol. 21, no. 2, pp. 95—109.
 23. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Promising directions for improving the quality of training of specialists in the field of forest management. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 2-2 (13-2), pp. 205—208. (In Russ.)
 24. Grigoreva O. I., Grigorev I. V. Improving the efficiency of staffing of the forest complex of the Russian Federation. *Architecture of university education: building a unified knowledge space. proceedings of the IV National Scientific and Methodological Conference with international participation*. St. Petersburg, 2020, pp. 123—130. (In Russ.)
 25. Skobtsov I. G., Kunitskaya O. A. Requirements of safety standards when working on forest machines. *Occupational safety and health in logging and woodworking industries*, 2022, no. 1, pp. 51—56. (In Russ.)
 26. Patyakin V. I., Grigorev I. V., Redkin A. K., Ivanov V. A., Posharnikov F. V., Shegelman I. R., Shirnin Yu. A., Katsadze V. A., Valyazhonkov V. D., Bit Yu .A., Matrosov A. V., Kunitskaya O. A. *Technology and machines of logging operations. Textbook for universities*. Edited by V. I. Patyakin. St. Petersburg, Publishing House of SPbGPU, 2012. 362 p. (In Russ.)
 27. Skobtsov I. G., Kunitskaya O. A. Review of design solutions of protective devices of cabins of forest machines. *Occupational safety and health in logging and woodworking industries*, 2022, no. 1, pp. 60—69. (In Russ.)
 28. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Formulation of the task of economic assessment of improving working conditions and safety of operators of forest machines. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 4, pp. 43—48. (In Russ.)
 29. Skobtsov I. G., Kunitskaya O. A. Mathematical model for assessing the energy-absorbing properties of the protection device of the operator of the forest machine. *Occupational safety and health in logging and woodworking industries*, 2022, no. 3, pp. 40—50. (In Russ.)
 30. Skobtsov I. G., Kunitskaya O. A. Investigation of dynamic loads acting on the cabin of a forest machine in various variants of emergency situations. *Occupational safety and health in logging and woodworking industries*, 2022, no. 3, pp. 28—39. (In Russ.)

31. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. General methodological issues of ergonomic evaluation of the system «operator — production environment — machine». *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 5, pp. 17—22. (In Russ.)
32. Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Churakov A. A. Effective technologies and systems of machines for low-volume wood blanks. *Energy: economics, technology, ecology*, 2018, no. 2, pp. 61—66. (In Russ.)
33. Nikiforov O. A., Grigoreva O. I. Basic labor requirements in voluntary forest certification schemes within the framework of supply chain standards. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 4, pp. 53—63. (In Russ.)
34. Grigoreva O. I., Danilov D. A., Grigoriev I. V. Safety and labor protection in the light of the requirements of international systems of voluntary forest certification. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 1, pp. 4—20. (In Russ.)
35. Kalyashov V. A., Do T. A., Grigoreva O. I., Guryev A. Yu., Novogorodov D. V. Modern technical solutions for ensuring the safe operation of forest machines on mountain slopes. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 2, pp. 11—25. (In Russ.)
36. Kunitskaya O. A., Chernutsky N. A., Derbin M. V., Rudov S. E., Grigorev I. V., Grigoreva O. I. *Machine harvesting of wood by Scandinavian technology*. St. Petersburg, Publishing and Printing Association of Higher Educational Institutions, 2019. 192 p. (In Russ.)
37. Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Nikiforova A. I., Glukhovskiy V. M. Perspective directions of development of technological processes of logging operations. *Proceedings of BSTU. No. 2. Forestry and woodworking industry*, 2016, no. 2 (184), pp. 109—116. (In Russ.)
38. Grigorev I. V., Grigorev M. F., Stepanova D. I. Systems of machines for logging production in Yakutia Prospects of modular systems of machines for logging production in Yakutia. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2017, vol. 5, no. 9 (35), pp. 74—77. (In Russ.)
39. Mohirev A. P., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Grigorieva O. I., Voynash S. A. Improving the design of full-turn logging machines on excavator bases. *Construction and road vehicles*, 2018, no. 6, pp. 43—49. (In Russ.)
40. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A. Promising directions of experimental design work in forest engineering. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the third All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Petrozavodsk, 2017, pp. 53—56. (In Russ.)
41. Grigoreva O. I., Grinko O. I., Nikolaeva F. V. Forest fire transport and technological complexes based on wheel forwarders. *Transport and transport-technological systems. Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. N. S. Zakharov. Tyumen, 2021, pp. 55—58. (In Russ.)
42. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A. Effective use of loading equipment in forest warehouses. *Energy: economics, technology, ecology*, 2021, no. 6, pp. 42—57. (In Russ.)
43. Grigorev I. V., Churakov A. A. Improving the design of an active forwarder semi-trailer based on an agricultural wheeled tractor. *Transport and transport-technological systems. Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. N. S. Zakharov. Tyumen, 2018, pp. 84—88. (In Russ.)
44. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Logging machines on an excavator base. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the IV All-Russian Scientific and Practical conference with international participation*. Petrozavodsk, 2018, pp. 45—46. (In Russ.)
45. Rudov S. E., Voronova A. M., Chemshikova Y. M., Teterevleva E. V., Kruchinin I. N., Dondokov Yu. Zh., Khaldeeva M. N., Burtseva I. A., Danilov V. V., Grigoriev I. V. Theoretical approaches to planning a network of logging trails: increasing the efficiency of logging

- machines and reducing their negative impact on the soil and relief. *Asian Journal of Water Resources, Environment and Pollution*, 2019, vol. 16, no. 4, pp. 61—75.
46. Dobretsov R. Yu., Grigorev I. V., Gazizov A. M. Ways to improve the controllability of forest and transport tracked vehicles. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*, 2017, no. 3 (43), pp. 97—106. (In Russ.)
47. Rudov S. E., Grigorev I. V. Ways to improve the efficiency of machine systems for sorting wood harvesting. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2021, pp. 168—169. (In Russ.)
48. Grigorev I. V. *Reducing the negative impact on the soil of wheeled skidding tractors by substantiating their movement modes and technological equipment*. St. Petersburg, LTA, 2006. 236 p. (In Russ.)
49. Grigorev I. V., Zhukova A. I., Grigoreva O. I., Ivanov A. V. *Environmental technologies for the development of cutting areas in the conditions of the North-Western region of the Russian Federation. Scientific edition*. St. Petersburg, LTA Publishing House, 2008. 176 p. (In Russ.)
50. Rudov S. E., Shvetsova V. V. Innovative directions of scientific research in forest management. *Modern innovations: fundamental and applied research. Collection of scientific papers based on the materials of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Moscow, 2018, pp. 6—9. (In Russ.)
51. Mikhailova L. M., Kunitskaya O. A., Motovilov A. I. Prospects of machine systems based on small-scale mechanization for low-volume logging and forestry work. *Strategy and prospects for the development of agrotechnologies and the forest complex of Yakutia until 2050. Collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the formation of the Yakut ASSR and the 85th anniversary of the First President of the RS (Ya) M. E. Nikolaev (Nikolaev readings)*. Yakutsk, 2022, pp. 735—742. (In Russ.)
52. Grigorev I. V., Vinokurov S. L. Comparison of variants of machine systems for low-volume logging. *Bulletin of AGATU*, 2021, no. 3 (3), pp. 51—62. (In Russ.)
53. Grigorev I. V., Nikiforova A. I., Lisov V. Y. Advantages and disadvantages of wheeled and tracked bases of timber tractors. *Lesprominform*, 2014, no. 4 (102), pp. 82—87. (In Russ.)
54. Vagveldi A., Feher Sh., Horvat B., Koman S., Kovach G., Szabo L., Tsupi I., Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Danilov D., Kunitskaya O. A., Krivash E. *Cultivation and exploitation of forest plantations*. Uzhgorod, Publishing house: University of West Hungary Press, 2016. 132 p. (In Russ.)
55. Rego G. E., Voronov R. V., Grigorev I. V. A local search algorithm for the problem of covering a polygon with a forest of root trees. *Engineering Bulletin of the Don*, 2022, no. 10 (94), pp. 240—259. (In Russ.)
56. Ilyushenko D. A., Peskov V. B., Grigorev I. V. Modern logging machines: analysis of interrelations of their characteristics. *February readings. Collection of materials of the scientific and practical conference of the faculty of Syktyvkar Forest Institute based on the results of research work in 2015*. Syktyvkar, 2016, pp. 127—130. (In Russ.)
57. Grigorev I. V., Churakov A. A. Perspective machine complex for wood harvesting. *Natural resources and ecology of the Far Eastern region. Materials of the II International Scientific and Practical Forum*. Khabarovsk, TAGU Publishing House, 2017, pp. 170—175. (In Russ.)
58. Grigoreva O. I. Efficiency of transport-technological systems for forestry. *Transport and transport-technological systems. Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. N. S. Zakharov. Tyumen, 2018, pp. 79—83. (In Russ.)

59. Burmistrova O. N., Chemshikova Yu. M., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Tambi A. A. Theoretical substantiation of the parameters of the medium-sparing propulsion of a tracked all-terrain vehicle. *Systems. Methods. Technologies*, 2019, no. 3 (43), pp. 81—88. (In Russ.)
60. Dobretsov R. Yu., Grigorev I. V. Assessment of the energy efficiency of the chassis of tracked forest machines. *Transport and transport-technological systems. Materials of the international scientific and technical conference*. Tyumen, 2017, pp. 145—149. (In Russ.)
61. Grigorev I. V., Churakov A. A., Grigoreva O. I. Perspective design of a tracked forwarder. *Transport and transport-technological systems. Materials of the international scientific and technical conference*. Tyumen, 2017, pp. 140—144. (In Russ.)
62. Grigorev I. V., Churakov A. A., Grigoreva O. I. Perspective design of an all-terrain vehicle for forestry. *Transport and transport-technological systems. Materials of the international scientific and technical conference*. Tyumen, 2017, pp. 136—139. (In Russ.)
63. Dobretsov R. Yu., Grigorev I. V., Ivanov V. A. Increasing the mobility of tracked all-terrain vehicles for shift logging. *Systems. Methods. Technologies*, 2016, no. 2 (30), pp. 114—119. (In Russ.)
64. Dobretsov R. Yu., Grigorev I. V. The interaction of a caterpillar mover with a soil with a significant longitudinal displacement of pressure centers. *Forests of Russia: politics, industry, science, education. Materials of the scientific and technical conference*. St. Petersburg, SPbGLTU, 2016, pp. 124—127. (In Russ.)
65. Dobretsov R. Yu., Grigorev I. V., Rudov S. E., Teterevleva E. V., Chemshikova Yu. M. Increasing the mobility of tracked and wheeled vehicles. *Repair. Recovery. Modernization*, 2019, no. 11, pp. 4—10. (In Russ.)
66. Tikhomirov P. V., Skrypnikov A. V., Kozlov V. G., Tveritnev O. N., Grigorev I. V. Methodology of sequential analysis and determination of standards of deviations from the design parameters of logging highways. *Resources and technologies*, 2022, vol. 19, no. 3, pp. 69—82. (In Russ.)
67. Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Nikiforova A. I., Kunitskaya O. A. Substantiation of the methodology for assessing the ecological efficiency of forest management. *Bulletin of KrasGAU*, 2012, no. 6 (69), pp. 72—77. (In Russ.)
68. Grigorev I. V., Khitrov E. G., Nikiforova A. I., Grigoreva O. I., Kunitskaya O. A. Determination of the energy intensity of forest management products within the framework of the methodology for assessing the environmental efficiency of forest management. *Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences*, 2014, vol. 19, no. 5, pp. 1499—1502. (In Russ.)
69. Grigorev I. V., Rudov S. E. Features of the operation of wheeled forest machines in difficult soil-soil and relief conditions. *Forest Equipment. Materials of the scientific and practical conference with international participation*. Yakutsk, 2018, pp. 67—71. (In Russ.)
70. Nikiforova A. I., Grigoreva O. I., Kiselev D. S., Khakhina A. M., Rudov M. E. Assessment of ecological safety of forest machinery. *Natural resources and ecology of the Far Eastern region. Materials of the International Scientific and Practical Forum*. Khabarovsk, 2013, pp. 134—138. (In Russ.)
71. Nikiforova A. I., Khitrov E. G., Pelymsky A. A., Grigoreva O. I. Determination of precipitation during the movement of a logging machine on a two-layer base. *Scientific notes of Petrozavodsk State University*, 2014, no. 2 (139), pp. 87—91. (In Russ.)
72. Nikiforova A. I., Rudov M. E., Grigoreva O. I. Experimental studies of compaction of side lanes of skidding tracks by the dragging part of a trellised bundle of timber. *Problem-oriented research: theory and practice. Materials of the Republican scientific and practical conference*.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Petrozavodsk State University». Petrozavodsk, 2014, pp. 37—39. (In Russ.)

73. Grigorev I. V., Tikhonov I. I., Grigoreva O. I., Rudov M. E. Search for new technical solutions to improve the ecological compatibility of forest machines with the forest environment. *Intensification of the formation and protection of intellectual property. Materials of the republican scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of PetrSU*. Petrozavodsk, Petrozavodsk State University, 2015, pp. 9—11. (In Russ.)
74. Nikiforova A. I., Grigoreva O. I. Modeling of the impact of forest machinery movers on the soils of cutting areas. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 5-4 (16-4), pp. 320—323. (In Russ.)
75. Zhuk A. Yu., Khakhina A. M., Grigorev I. V., Ivanov V. A., Gasparyan G. D., Manukovsky A. Yu., Kunitskaya O. A., Danilenko O. K., Grigoreva O. I. Modeling indentation of an indenter in an inhomogeneous soil. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, vol. 13, no. S8, pp. 6419—6430.
76. Izmailova V. S., Grigoreva O. I. Evaluation of the success of the natural renewal of spruce after continuous logging in Lisinsky forestry. *Current issues in forestry. Materials of the youth international scientific and practical conference*. St. Petersburg, 2017, pp. 31—34. (In Russ.)
77. Grigoreva O. I. Features of natural reforestation in the conditions of the cryolithozone. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2018, vol. 6, no. 4 (40), pp. 25—29. (In Russ.)
78. Kalistratov A. V., Grigoreva O. I., Grigorev G. V., Dmitrieva I. N. On the importance of research on the ecological efficiency of the skidding process. *Science, education, innovations in the border region. Materials of the Republican scientific and practical conference*. Petrozavodsk, Petrozavodsk State University, 2015, pp. 7—9. (In Russ.)
79. Do T. A., Grigorev G. V., Kalyashov V. A., Guryev A. Yu., Grigoreva O. I., Khitrov E. G. Theoretical studies of the work of forest machines with a caterpillar engine on slopes. *Resources and technologies*, 2022, vol. 19, no. 3, pp. 1—29. (In Russ.)
80. Do T. A., Zlobina N. I., Kalyashov V. A., Novgorodov D. V., Grigoreva O. I., Khitrov E. G. Substantiation of technological parameters related to traction-coupling properties of a tracked vehicle operating on a slope. *Woodworking industry*, 2022, no. 2, pp. 3—12. (In Russ.)
81. Khitrov E. G., Kotenev E. V. Comparison of indicators of interaction with the ground and the patency of wheeled and wheeled-tracked propellers. *Resources and technologies*, 2019, vol. 16, no. 4, pp. 1—24. (In Russ.)
82. Belyaeva N. V., Grigoreva O. I., Ishchuk T. A. The influence of logging of different intensity on the overall productivity of sour spruce forests. *Systems. Methods. Technologies*, 2011, no. 3 (11), pp. 140—148. (In Russ.)
83. Belyaeva N. V., Grigoreva O. I., Kuznetsov E. N. Influence of recreational load on the development of undergrowth of tree species in the city park «Sosnovka». *Agrarian Scientific Journal*, 2014, no. 9, pp. 6—11. (In Russ.)
84. Rudov S. E., Shapiro V. Ya., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Grigoreva O. I., Storodubtseva T. N. Results of experimental studies of the influence of the temperature of cryolithozone soils on their physical and mechanical properties. *Forestry Journal*, 2020, vol. 10, no. 4 (40), pp. 197—207. (In Russ.)
85. Novikov M. S., Kunitskaya O. A., Rudov S. E., Kalyashov V. A. Methodology and equipment of experimental studies of temperature dynamics of layers of forest soil of the cryolithozone. *Strategy and prospects of development of agrotechnologies and the forest complex of Yakutia until 2050. Collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary*

- of the formation of the Yakut ASSR and the 85th anniversary of the First President of the RS (Ya) M. E. Nikolaev (Nikolaev readings)*. Yakutsk, 2022, pp. 760—767. (In Russ.)
86. Khitrov E. G., Frolov I. I. Selection of the permissible pressure of the mover of wheeled forest vehicles depending on ground conditions. *Collection of articles based on the materials of the scientific and technical conference of the Institute of Technological Machines and Transport of Forests based on the results of research works in 2018*. Ed. V. A. Sokolov. St. Petersburg, LTU, 2019, pp. 90—100. (In Russ.)
87. Khitrov E., Andronov A., Ilyushenko D., Kotenev E. Comparison of approaches to calculating the pressure on the ground of logging machines. *19th International Interdisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019. Conference materials. Soils; forest ecosystems*. Sophia, 2019, pp. 649—656.
88. Khitrov E. G. Analysis of the components of the depth of the track formed under the influence of the propulsion of the forest machine on the soil. *Resources and technologies*, 2019, vol. 16, no. 4, pp. 76—93. (In Russ.)
89. Ivanov V., Stepanishcheva M., Khitrov E., Ilyushenko D. Theoretical model for estimating the traction force of a logging machine wheel. *18th International Interdisciplinary Scientific Geoconference SGEM. 2018. Conference materials*. Sophia, 2018, pp. 997—1004.
90. Khitrov E., Ivanov V., Stepanishcheva M., Kochnev A. Interrelation of deformation modules and taper indices of forest and peat soils. *18th International Interdisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018. Conference materials*. Sophia, 2018, pp. 297—304.
91. Khitrov E. G., Grigorev I. V., Makuev V. A., Khakhina A. M., Kalinin S. Y. A model for assessing the radial deformation of the wheel of a forest machine taking into account the deformation of the soil. *Bulletin of the Moscow State University of Forests — Lesnoy Vestnik*, 2015, vol. 19, no. 6, pp. 87—90. (In Russ.)
92. Shapiro V. Ya., Grigorev I. V., Lepilin D. V., Zhukova A. I. Modeling of soil compaction in the side lanes of the skidding portage taking into account the variability of the traffic route. *Scientific notes of Petrozavodsk State University*, 2010, no. 6 (111), pp. 61—64. (In Russ.)
93. Grigorev I. V., Makuev V. A., Shapiro V. Ya., Rudov M. E., Nikiforova A. I. Calculation of indicators of the soil compaction process when skidding a pack of whips. *Bulletin of the Moscow State University of the Forest — Forest Bulletin*, 2013, no. 2, pp. 112—118. (In Russ.)
94. Khitrov E. G., Kotenev E. V., Andronov A. V., Zhang S. A., Nikiforova V. A. Research of environmental friendliness and issues of certification of forest machinery movers. *The system. Methods. Technologies*, 2020, no. 2 (46), pp. 100—105. (In Russ.)
95. Khitrov E. G., Ilyushenko D. A., Ermakova E. K. Linear functions of coefficients of resistance to movement and coupling of propellers of forest machines with the ground. *Scientific and technical conference on the results of scientific research in 2019. Collection of articles based on the conference materials*. Ed. V. A. Sokolova. St. Petersburg, LTU, 2020, pp. 88—94. (In Russ.)
96. Khitrov E. G., Ilyushenko D. A., Ermakova E. K. Calculation of tangential stress taking into account the decrease in the specific adhesion of forest soil when the mover is slipping. *Scientific and technical conference on the results of scientific research in 2019. Collection of articles based on the conference materials*. Ed. V. A. Sokolova. St. Petersburg, LTU, 2020, pp. 105—110. (In Russ.)
97. Shen Yu., Moskalenko M. B., Dobretsov R. Yu. Principles of construction of extreme terrain chassis for operation in the forest complex. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the Eighth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2022, pp. 208—209. (In Russ.)

98. Kuznetsov D. A., Dobretsov R. Yu. Valno-planetary transforming mechanism for forest and transport machines. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the Eighth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation.* Petrozavodsk, 2022, pp. 92—94. (In Russ.)
99. Kunitskaya O. A. Proactive service for forest machines. *Improving the efficiency of the forest complex. materials of the Sixth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation.* Petrozavodsk, 2020, pp. 86—87. (In Russ.)
100. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Fam N. L. Application of mobile technologies for monitoring, control and management of forest machinery service processes. *Innovations in the chemical-forest complex: trends and prospects of development. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference.* Responsible ed. Yu. A. Bezrukikh, E. V. Melnikova. Krasnoyarsk, 2020, pp. 143—146. (In Russ.)
101. Grigorev I. V. Features of operation of forest machines in severe frosts. *New materials, equipment and technologies in industry. Materials of the international scientific and technical conference of young scientists.* Ed. I. S. Sazonov. Mogilev, 2018, p. 102. (In Russ.)
102. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Lanskih Yu. V., Sandakov S. Yu., Prosuzhikh A. A., Rudov S. E. Modernization of the tire pressure monitoring system for forest and agricultural machines. *Repair. Recovery. Modernization*, 2021, no. 2, pp. 21—30. (In Russ.)
103. Grigorev I. V., Prosuzhikh A. A., Rudov S. E. Prospects of using pressure monitoring systems in tires of forest and agricultural machines. *Mashinostroenie: new concepts and technologies. All-Russian Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists.* Krasnoyarsk, 2020, pp. 40—45. (In Russ.)
104. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Belyaev N. L. Actual problems of logging production in Russia at the turn of 2022. *Complex issues of agrarian science and education. Collection of scientific articles based on the materials of the Intra-university scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of Higher Agricultural Education of the Republic of Sakha (Yakutia) and the All-Russian Student Scientific and Practical Conference with international participation in the framework of the «Northern Forum — 2021».* Yakutsk, 2021, pp. 265—271. (In Russ.)
105. Kunitskaya O. A., Makuev V. A., Storodubtseva T. N., Kalita G. A., Revyako S. I., Timokhov R. S. Problems of improving the quality of domestic forest engineering. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 4 (56), pp. 57—63. (In Russ.)
106. Grigorev I. V., Tikhonov I. I., Nikiforova A. I., Grigorieva O. I. Improving the design of the felling-packing machine. *Forests of Russia in the XXI century. Materials of the ninth International Scientific and Technical Internet conference.* St. Petersburg, 2012, pp. 53—56. (In Russ.)
107. Grigorev I. V., Nikiforova A. I., Grigoreva O. I. Comparison of single-machine complexes for sorting wood harvesting. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 9-2 (20-2), pp. 125—128. (In Russ.)
108. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Prosuzhikh A. A., Davtyan A. B., Rudov S. E. Prospects of creation of logging complexes on the basis of domestic construction and agricultural machines. *Repair. Recovery. Modernization*, 2020, no. 10, pp. 3—10.
109. Gurevich A. M., Bolotov A. K., Sudnitsyn V. I. *Construction of tractors and cars.* Moscow, Agropromizdat, 1989. 368 p. (In Russ.)
110. Rudov M. E., Kunitskaya O. A., Grigorev M. F., Stepanova D. I., Grigoreva A. I. Ecological and forestry aspects of the work of forest machines in the forests of the cryolithozone. *Actual problems of the forest complex*, 2020, no. 57, pp. 14—17. (In Russ.)

111. Rudov S. E., Kunitskaya O. A. Theoretical studies of ecological compatibility of wheeled forest vehicles and permafrost soils of cryolithozone forests. *Transport and transport-technological systems. Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. N. S. Zakharov. Tyumen, 2020, pp. 323—326. (In Russ.)
112. Rudov S. E., Grigorev I. V., Kunickaya O. A., Druzyanova V. P., Ivanov A. K., Okhlopkova M. K., Pankov V. Y., Pekhutov A. S., Ivanov A. P., Borovikov R. G. Specific features of accounting of state of the massive of the frozen soil grounds under cyclic loads. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019, vol. 25, no. Suppl. 2, pp. 191—205.
113. Rudov S., Kunickaya O., Grigorev I., Burgonutdinov A., Kruchinin I., Prosuzhih A., Dolmatov N., Dmitrieva N. The mathematical model of forestry machines impact on cryolithozone forest soils. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 2020, vol. 17, no. 4, pp. 89—95.
114. Rudov S. E., Shapiro V. Ya., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Grigoreva O. I. Investigation of the process of destruction of frozen and thawing soils under the influence of a skidding system. *News of higher educational institutions. Forest Magazine*, 2020, no. 2 (374), pp. 101—117. (In Russ.)
115. Rudov S. E., Shapiro V. Ya., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Grigoreva O. I. Features of the contact interaction of the skidding system with frozen soil. *News of higher educational institutions. Forest Magazine*, 2019, no. 1 (367), pp. 106—119. (In Russ.)
116. Grigorev G. V., Dmitrieva I. N., Grigorev I. V., Kalyashov V. A., Rudov S. E., Ivanov V. A. Problems and prospects of logging production in permafrost distribution areas. *Systems. Methods. Technologies*, 2021, no. 3 (51), pp. 59—67. (In Russ.)