

УДК 630*36

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСЧОКЕРНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ НА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТАХ

Помигуева Анастасия Игоревна

Магистрант, Арктический государственный агротехнологический университет

г. Якутск, Россия

e-mail: pomiguev.ias@yandex.ru

Куницкая Ольга Анатольевна

Доктор технических наук, профессор, Арктический государственный

агротехнологический университет

г. Якутск, Россия

e-mail: ola.ola07@mail.ru

Швецов Александр Сергеевич

Начальник учебной лаборатории 2 кафедры боевого применения авиационного
вооружения, Филиал Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и

Ю. А. Гагарина» в г. Сызрань

г. Сызрань, Россия

e-mail: Kapitan2304@yandex.ru

Должиков Илья Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет

г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: idolzhikov222@mail.ru

Курочкин Павел Александрович

Руководитель департамента, охрана труда, промышленная безопасность и
экология, Научно-исследовательский и проектный институт по переработке газа

(АО «НИПИГАЗ»)

г. Москва, Россия

e-mail: pavel.a.kurochkin@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены все типы современных трелевочных тракторов – чокерные, бесчокерные, с пачковым захватом, и сортиментоподборщики. Кратко сформулированы новейшая история систем машин для лесосечных работ в Российской Федерации, и перспективы создания эффективных машинных комплексов для лесосечных работ в России. Выполнен теоретический анализ сравнительной производительности трелевочных тракторов, при проведении которого использовался вычислительный эксперимент. Сформулированы рекомендации по эффективной эксплуатации бесчокерных трелевочных тракторов в различных природно-производственных условиях. Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Часть материалов работы получена при выполнении исследований по гранту Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.

Ключевые слова: лесозаготовки, трелевочные тракторы, тракторная трелевка, лесозаготовительные машины.

JUSTIFICATION OF THE EXPEDIENCY OF USING SHOCKLESS SKIDDING TRACTORS IN LOGGING OPERATIONS

Pomigueva Anastasia Igorevna

Undergraduate student, Arctic State Agrotechnological University
Yakutsk, Russia
e-mail: pomiguev.ias@yandex.ru

Kunitskaya Olga Anatolyevna

Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University
Yakutsk, Russia
e-mail: ola.ola07@mail.ru

Shvetsov Alexander Sergeevich

Head of the Training Laboratory of the 2nd Department of Combat Use of Aviation Weapons, Branch of the Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" in Syzran
Syzran, Russia
e-mail: Kapitan2304@yandex.ru

Dolzhikov Ilya Sergeevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

St. Petersburg, Russia

e-mail: idolzhikov222@mail.ru

Kurochkin Pavel Alexandrovich

Head of the Department, Occupational Safety, Industrial Safety and Ecology, Scientific Research and Design Institute for Gas Processing (JSC NIPIGAZ)

Moscow, Russia, e-mail: pavel.a.kurochkin@yandex.ru

Abstract. The article considers all types of modern skidding tractors – choker, chokerless, with a pack grip, and sorter pickers. The recent history of machine systems for logging operations in the Russian Federation and the prospects for creating effective machine complexes for logging operations in Russia are briefly formulated. A theoretical analysis of the comparative performance of skidding tractors was performed, during which a computational experiment was used. Recommendations for the effective operation of shockless skidding tractors in various natural and industrial conditions are formulated. The work was carried out within the framework of the scientific school "Innovative developments in the field of logging industry and forestry" of the Arctic State Agrotechnological University. Some of the materials of the work were obtained while performing research under the grant of the Russian Science Foundation No. 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.

Keywords: logging, skidding tractors, tractor skidding, logging machines.

Введение. Начиная со второй половины XX века, точнее с 1947 г., когда в СССР был разработан и поставлен на производство первый в мире специальный гусеничный трелевочный трактор со скользящим канатно-чокерным оборудованием и газогенераторным двигателем – КТ-12, наша страна, до развала СССР, была лидером в разработке и производстве лесных машин [1]. Для подтверждения этого достаточно того факта, что знаменитый «потомок» трактора КТ-12 - специальный гусеничный трелевочный трактор со скользящим канатно-чокерным оборудованием ТДТ-55, производившийся, как и КТ-12, на Онежском тракторном заводе (ОТЗ) экспортировался в 55 стран мира [2].

Если же говорить не только про лесные машины, но и про лесное оборудование, то всемирная известность линейки бензиномоторных пил «Дружба», установленных на почетных местах в музеях леса многих стран мира также говорит о многом. И это с учетом того, что изначально в разработке и производстве бензиномоторных пил СССР отставал примерно на 40 лет [3].

Не лишним будет также упомянуть первую в мире валочно-пакетирующую машину (ВПМ) ЛП-2 «Дятел», разработанную в латвийском научно-производственном объединении (НПО) «Силава» [4].

За перечисленными вами, и многими другими, передовыми для своего времени, лесными машинами и оборудованием стоит труд большого количества коллективов отраслевых научно-исследовательских институтов (НИИ), конструкторских бюро (КБ), проблемных лабораторий отраслевых вузов, и возглавлявших эти коллективы ученых.

Анализ специальной литературы позволяет упомянуть такие организации, как Центральный научно-исследовательский институт лесосплава (ЦНИИЛесосплава), Центральный научно-исследовательский институт механизации и энергетики лесного комплекса (ЦНИИМЭ), Карельский научно-исследовательский институт лесной промышленности (КарНИИЛП), и этот список можно продолжать достаточно долго. А также ведущих ученых, таких как профессор С.Ф. Орлов, профессор И.Р. Шегельман, профессор Г.М. Анисимов, этот список можно продолжать еще дольше, чем список специализированных организаций – разработчиков [5].

Выражаясь образно, отцом-основателем лесной тракторной техники, прежде всего гусеничной, в нашей стране является лауреат Сталинской премии, доктор технических наук, профессор Сергей Федорович Орлов, под руководством которого был разработан и поставлен на производство первый в мире трелевочный трактор КТ-12, и многие его последующие модели.

Именно профессор С.Ф. Орлов разработал также концепт и принимал активное участие в постановке на производство на ОТЗ первых в мире бесчокерных трелевочных тракторов – ТБ-1, ТБ-1М. По их аналогии были созданы бесчокерные трелевочные тракторы на базе тракторов Алтайского тракторного завода (АТЗ) – ЛП-18, ЛП-18Г. Основной целью разработки и создания бесчокерных трелевочных тракторов было повышение степени механизации лесосечных работ, и снижение необходимого количества персонала, за счет высвобождения рабочих-чокеровщиков, чей труд является физически тяжелым, травмоопасным, и низкоквалифицированным, а потому еще и низкооплачиваемым [6].

Как и у любого технического решения, у бесчокерных трелевочных тракторов были свои достоинства и недостатки, по сравнению с чокерными, которые будут рассмотрены далее.

За последующие после развала СССР 25 лет отечественное лесное машиностроение оказалось практически полностью уничтоженным. Перестали существовать ОТЗ и АТЗ, а также многие тракторные заводы, выпускавшие колесные тракторные базы для лесных машин. Вместе с ними были ликвидированы специализированные НИИ и КБ. На лесозаготовительных предприятиях

Российской Федерации стали использоваться практически только машины иностранного производства, причем только из западных (в настоящее время недружественных стран) [7].

Несмотря на многочисленные разговоры и принятые программные документы по развитию отечественного лесного машиностроения положительных сдвигов в этом вопросе к моменту начала Специальной военной операции (СВО) и связанной с ней санкционной войной недружественных стран против России не произошло [8].

В результате к моменту написания настоящей статьи на лесозаготовительных предприятиях России сложилась очень сложная ситуация с обновлением и поддержанием в работоспособном состоянии имеющегося парка лесных машин.

Ряд машиностроительных предприятий начали возрождать выпуск морально устаревших образцов лесной техники, разработанных еще во времена СССР, но большинство лесозаготовительных предприятий России уже не готовы возвращаться к старой технике и технологиям. Производить конкурентоспособную современными импортными машинами технику не получается в связи со сложностями в оснащении ее современной электронной базой, в России не выпускаемой, а также со сложностями в проектировании, поскольку как было сказано выше специализированные НИИ и КБ, и персонал, и соответствующие компетенции были нашей страной во многом утрачены [9].

В этой связи, как минимум на краткосрочную перспективу, наиболее предпочтительным вариантом выпуска отечественных лесных машин, прежде всего трелевочных, становится вариант постановки на производство техники, предусматривающей возможный минимум тяжелого ручного труда и количества необходимого персонала, при этом максимально возможно универсальной и простой по конструкции, что позволит существенно сократить сроки ее запуска в серийное производство [8-10].

С точки зрения трелевочных машин такими являются бесчokerные трелевочные тракторы, которые можно выпускать не только на гусеничных шасси, но и на колесных базах универсальных сельскохозяйственных или промышленных колесных тракторов.

Более того, как будет показано далее, в определенных системах машин (лесозаготовительных комплексах) таким тракторам может даже не требоваться гидроманипулятор, достаточно будет коникового зажимного устройства.

Материалы и методы исследования. Материалы данной статьи получены путем анализа литературных источников и производственного опыта в области лесосечных работ.

Результаты. Как было отмечено во введении, родиной специальных трелевочных тракторов, на гусеничном шасси, является наша страна, как правопреемница СССР. За рубежом, в подавляющем большинстве случаев, использовали колесные сельскохозяйственные тракторы, которые будучи не предназначены для лесных нагрузок было выходили из строя. Поэтому в дальнейшем разрабатывались специальные лесные колесные тракторы, приспособленные для специфических лесных условий. Ярким примером этому служит история создания финской компании лесного машиностроения Ponsse [11].

В СССР доминировали гусеничные тракторы, они проще по конструкции и в изготовлении, более надежны и проходимы, особенно в сложных условиях эксплуатации. Именно поэтому в качестве базы для первого в мире специального трелевочного трактора был выбран гусеничный трофейный трактор, у которого были подняты передние и задние гусеничные звездочки, а также установлено специальное скользящее, канатное, чокерное технологическое оборудование [12].

В дальнейшем в СССР совершенствование трелевочных тракторов шло как по пути конструктивных улучшений двигателя и трансмиссии, так и по пути совершенствования технологического оборудования. Таким образом чокерные тракторы эволюционировали в бесчокерные, затем в пачкоподборщики.

Чокерные трелевочные тракторы. Трелевка – это перемещение срубленной (спиленной) на лесосеке древесины к месту ее погрузки на лесовозный транспорт.

Заготовленная на лесосеке древесина может трелеваться в виде деревьев, хлыстов, полухлыстов, сортиментов, щепы.

В западных странах и в России, до появления трелевочных тракторов доминировала гужевая трелевка, т.е. трелевка лошадьми. Даже специальные породы лошадей (тяжеловесы) не могли вытащить к дороге дерево или хлыст [13]. Поэтому исторически была распространена скандинавская сортиментная технология заготовки древесины, согласно которой, дерево после валки очищалось от сучьев и распиливалось на бревна, которые поштучно, или небольшими пакетами, вытаскивались к дороге лошадьми, либо просто волоком, либо при помощи различных, облегчающих их труд приспособлений, типа волокуш (рисунок 1).



Рис. 1. Гужевая трелевка (трелевка в непогруженном положении)

Затем вместо лошадей стали использовать промышленные или сельскохозяйственные тракторы, но способ крепления лесоматериалов к тяговому средству не менялся. Хотя, благодаря значительно большему тяговому усилию трактора, по сравнению с лошадью, уже начала практиковаться трелевка полухлыстов, хлыстов, и даже деревьев, за комли.

При этом следует отметить, что скандинавская сортиментная технология заготовки древесины, доминирующая сейчас в России и в мире, является далеко не оптимальной, с точки зрения возможно выхода деловой древесины. Это связано с тем, что в условиях леса практически невозможно выбрать наиболее оптимальную программу раскроя хлыста, с учетом требований сортиментного плана, породы, размеров, и, главное, пороков ствола, как внешних, так и скрытых [14].

Настоящий прорыв в этом процессе совершили разработчики первого в мире специального трелевочного трактора КТ-12, которые предложили одну часть пачки трелеваемых лесоматериалов (деревьев, хлыстов, полухлыстов) крепить на тракторе (рисунок 2). Т.е. получилось, что пачка лесоматериалов наполовину погружена трактор, и такую трелевку стали называть трелевкой в полупогруженном положении.



Рис. 2. Трелевка хлыстов чокерным трактором в полупогруженном положении

Такой способ трелевки кратно сократил силу сопротивления перемещения трелеваемой пачки лесоматериалов. Торцы уже не цеплялись за различные лесные препятствия (пни, камни, стволы поваленных деревьев, и т.п.). Сама пачка не соприкасалась с почвогрунтом всей своей поверхностью. Это позволило при тех же энергозатратах трелевать пачки значительно большего объема и на больших скоростях, что, в свою очередь, кратно повышало производительность [15]. Именно за этот результат группа разработчиков, во главе с профессором С.Ф. Орловым была удостоена Сталинской премии.

Технологическое оборудование чокерных трелевочных тракторов отличается простотой, надежностью, малой стоимостью, и малым весом (рисунок 3). Последнее обстоятельство позволяет повышать полезную рейсовую нагрузку такого трактора, по сравнению с трелевочными тракторами других типов, при прочих равных условиях [16].

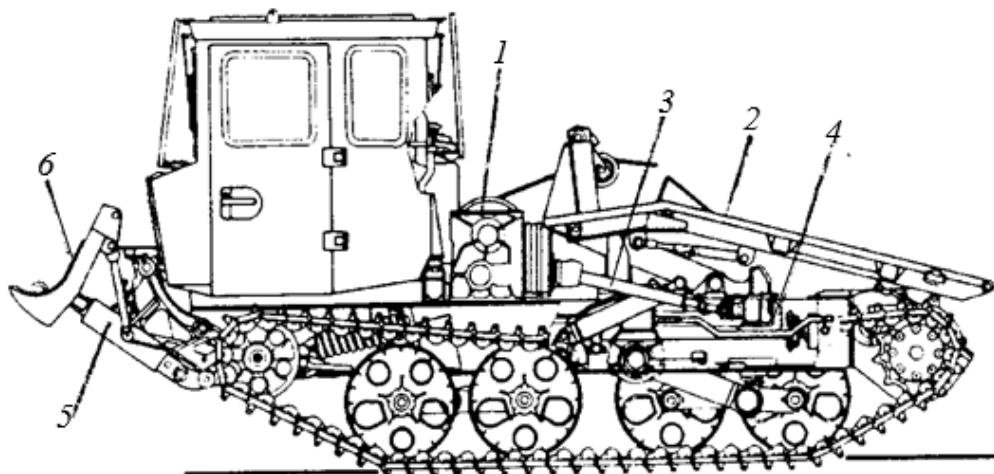


Рис. 3. Состав технологического оборудования чокерного трелевочного трактора:
1 – реверсивная лебедка; 2 – щит; 3 – вал привода лебедки; 4 – редуктор привода лебедки; 5 – гидроцилиндр привода толкателя; 6 – толкатель

На рисунке 3 не показаны собирающий канат и комплект чокеров. Они представлены на рисунке 4.

Как видно из рисунка 4 чокеры представляют собой отрезки стального каната с кольцом с одной стороны, и крюком, или бобышкой с другой стороны. Кольца нужны для крепления чокеров к собирающему канату. При помощи крюков или бобышек чокеры крепятся на трелюемых лесоматериалах. Обычно чокеры крепятся на трелюемых лесоматериалах индивидуально – один чокер – один ствол, но в ряде случаев, при трелевке хлыстов за вершины, и при их удачном расположении, одним чокером можно закрепить 2 хлыста [16-18].

При трелевке хлыстов за вершины появляется возможность собрать и закрепить на тракторе пачку большего объема, чем при трелевке хлыстов или деревьев за комли. Чем меньше объем хлыста на разрабатываемой лесосеке, тем больше надо закрепить стволов для набора полновесной пачки, а это означает, что тем больше требуется чокеров в комплекте на один трактор.

При работе чокерного трелевочного трактора необходимы 2 человека – тракторист и чокеровщик. Правда в некоторых лесозаготовительных бригадах обязанности чокеровщика совмещают вальщики леса [19].

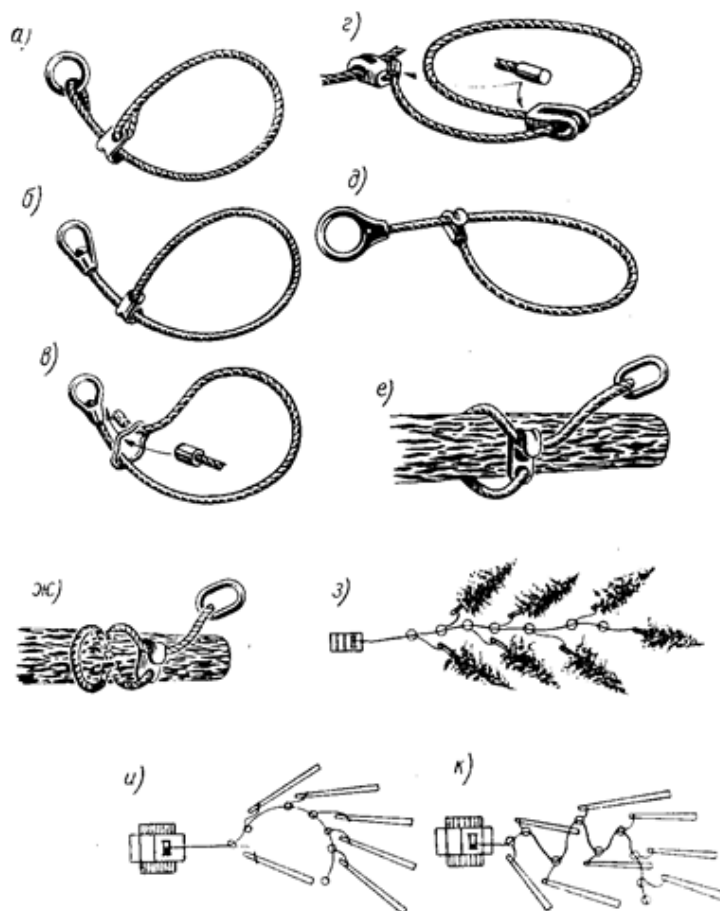


Рис. 4. Варианты исполнения чокеров и зацепления ими лесоматериалов

Для набора пачки трактор, развернувшись на пересечении магистрального и пасечного трелевочных волоков, задним ходом заходит по пасечному трелевочному волоку к месту набора пачки. Затем опускается на землю щит (со стороны кажется, что он поднят над трактором), делается небольшой рывок трактора задним ходом – чтобы несколько заглубить щит трактора в снег или почвогрунт. Затем чокеровщик разматывает собирающий канат с барабана лебедки и оттаскивает его к месту набора пачки. Чтобы чокеровщику было легче это делать включается привод лебедки на размотку. Затем чокеровщик последовательно крепит чокеры на стволы, и когда вся возможная пачка зачокерована отходит на безопасное расстояние и дает сигнал трактористу. По этому сигналу тракторист включает привод лебедки на намотку собирающего каната, и таким образом пачка затягивается на щит (рисунок 5), щит опускается на трактор, барабан лебедки затормаживается, и трактор готов совершить грузовой ход в сторону верхнего склада [16].



Рис. 5. Затаскивание собранной пачки на щит чокерного трелевочного трактора

Такой вариант сбора пачки имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества:

- Самый легкий, простой и дешевый состав технологического оборудования. Значит максимальная грузоподъемность, минимальный удельный расход топлива.
- Возможность сбросить и затем подтянуть к себе пачку, если трактор застрял в топком месте.

Недостатки:

- Требуется чокеровщик, чей труд физически тяжел и травмоопасен.
- Чокеровка пачки занимает много времени, что негативно сказывается на производительности.
- С притрелеванной пачки на верхнем складе требуется отцеплять чокеры, что занимает рабочее время персонала.

Бесчокерные трелевочные тракторы. Когда в СССР была побеждена послевоенная разруха власти страны поставили задачу широкой механизации и машинизации всех отраслей народного хозяйства. Под первые трелевочные тракторы деревья еще валили лучковыми или двуручными пилами, а сучья обрубали топорами. Поэтому труд чокеровщика не казался через-чур тяжелым. Но затем, в середине 50х годов появились отечественные бензиномоторные пилы «Дружба», признанные лучшими в мире пилами тех лет, начали появляться бензиномоторные сучкорезки, и стала очевидна желательность изменить состав технологического оборудования трелевочных тракторов, чтобы высвободить труд чокеровщиков [20].

Эту задачу успешно решил коллектив отечественных разработчиков, во главе с уже не раз упомянутым выше профессором С.Ф. Орловым. Тракторы, не имевшие в составе своего технологического оборудования чокеров, и не нуждавшиеся в чокеровщиках, назвали бесчокерными (рисунок 6).



Рис. 6. Бесчокерный трелевочный трактор

Как видно из рисунка 6 у бесчокерного трелевочного трактора, общего с чокерным трактором, по составу технологического оборудования, остался только толкатель на передней навеске трактора. На смену лебедке, щиту, собирающему канату и чокерам пришли гидроманипулятор с грейферным захватом и кониковое зажимное устройство (рисунок 7).

Бесчokerный трелевочный трактор, также как и чокерный, выполняет трелевку в полупогруженном положении. Но ему достаточно одного оператора для выполнения всего технологического цикла по сбору, трелевке, и штабелевке пачки деревьев или хлыстов.

При сборе пачки трактор заходит по пасечному волоку на примерную длину ленты набора пачки. Разворачивается, и двигаясь в сторону уса лесовозной дороги начинает собирать ранее поваленные деревья, или подготовленные хлысты. На технологической стоянке бесчokerный трактор раскрывает кониковый зажим и при помощи грейферного захвата, установленного на свободном конце гидроманипулятора, поштучно укладывает собираемые лесоматериалы в раскрытый зажим (рисунок 8). Деревья укладываются комлями на трактор, хлысты, обычно, вершинами на трактор [21].

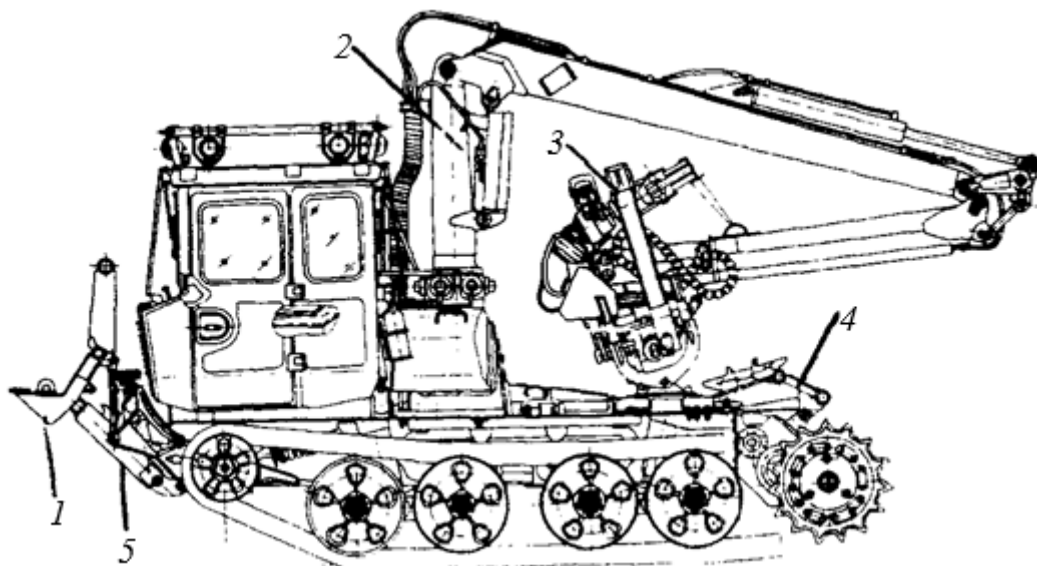


Рис. 7. Состав технологического оборудования бесчokerного трелевочного трактора:

1 – толкатель; 2 – гидроманипулятор с грейферным захватом; 3 – кониковый зажим; 4 – ограждение рамы; 5 - гидроцилиндр привода толкателя

Собрав все лесоматериалы, до которых можно было дотянуться гидроманипулятором с одной стоянки, закрывается кониковый зажим и трактор перемещается вперед, к следующей технологической стоянке. И так до набора полновесной пачки (оптимальной по объему в условиях данной лесосеки).



Рис. 8. Приемы работы бесчокерного трелевочного трактора при наборе пачки на технологической стоянке

Собранную полновесную пачку лесоматериалов трактор трелюет на верхний склад/погрузочный пункт, там раскрывает кониковый зажим, и выезжает из-под пачки. Затем разворачивается, и при помощи толкателя уплотняет пачку в штабель. После чего он уже готов к следующему рейсу.

Такой вариант сбора пачки также имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества:

- Не нужен чокеровщик, оператор все делает сам, полная механизация труда.
- Повышается скорость набора пачки, т.е. увеличивается производительность.
- Трактор может просто догрузиться до оптимального объема пачки.

Недостатки:

- Более тяжелое, сложное, и дорогое технологическое оборудование, по сравнению с чокерными тракторами. А это означает больший коэффициент тары трактора, меньшую полезную грузоподъемность, больший удельный расход топлива, большую удельную стоимость трелевки кубокилометра.
- При застревании на лесосеке трактор не может выбраться из сложной ситуации вместе с пачкой (не нарушая инструкции по эксплуатации).

Тракторы с пачковым захватом (пачкоподборщики, скиддеры). Как было отмечено выше, в СССР была изобретена и поставлена на серийное производство первая в мире валочно-пакетирующая машина (ВПМ) ЛП-2 «Дятел». И хотя она оказалась не самым удачным вариантом такой техники (в дальнейшем в СССР и в других странах мира перешли на выпуск ВПМ на экскаваторной базе), но сама идея концепта машины, после которой на пасеке образовывались пакеты деревьев, а не

лежащие поштучно, как после вальщика леса или валочной машины, была признана удачной, и это потребовало создания нового концепта трелевочной техники, способной сразу работать с заранее подготовленными пакетами [22, 23].

Такие тракторы (рисунок 9) получили в СССР официальное название: тракторы с пачковым захватом, а не официальное – пачкоподборщики. За рубежом, а после развала СССР и в нашей стране, их принято называть скиддерами.

Эти тракторы, как видно из русского названия, могут работать только с заранее сформированными на пасаках пакетами деревьев. Такие пакеты могут образовываться на пасаках только после ВПМ или валочно-трелевочных машин (ВТМ), работающих в режиме валка-пакетирования, т.е. по сути в режиме, который выполняла СП-2 «Дятел».

Поскольку в СССР доминировали гусеничные тракторные базы для создания лесных и лесозаготовительных машин (продукция АТЗ и ОТЗ), то и тракторы с пачковым захватом выпускались на гусеничных шасси (рисунок 10). Хотя, как показывает практика, именно для тракторов такого концепта колесное шасси подходит лучше, при наличии гидравлической трансмиссии. Поскольку перегруз кормы трактора с пачковым захватом приводит к возникновению циркулирующей (паразитной) мощности в механической трансмиссии, и ее быстрому выходу из строя [24].



Рис. 9. Трактор с пачковым захватом (пачкоподборщик, скиддер)

Как видно из рисунка 9, тракторы с пачковым захватом выполняют трелевку в полуподвешенном положении. Причем трелевку пачек деревьев за комли, на которые приходится 0,66-0,7 от всего веса пачки. Вывес комлевой части пачки за кормой машины приводит к возникновению опрокидывающего момента, нагружающего задний мост трактора, и разгружающего передний (при колесном

исполнении машины). У гусеничных машин данный опрокидывающий момент к таким негативным последствиям не приводит, поскольку приводные звездочки гусеничного движителя находятся только в кормовой части трактора [25].

И такой вариант сбора пачки имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества:

- Минимум времени на сбор пачки, значит максимальная производительность.
- Небольшой вес и стоимость технологического оборудования.

Недостатки:

- Узкая специализация – не может собирать пачку из лесоматериалов поштучно, можно использовать только после ВПМ или ВТМ в режиме валка-пакетирования
- Редко удается собрать полновесную (оптимальную для данной лесосеки) пачку. А это означает повышенный (неоптимальный) удельный расход топлива и удельную стоимость трелевки кубокилометра.

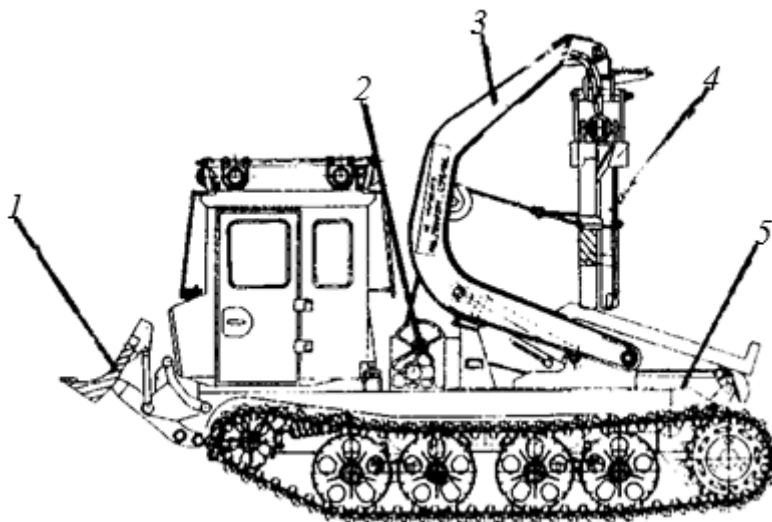


Рис.10. Трактор с пачковым захватом ЛТ-230:

1 – толкатель; 2 – лебедка; 3 – стрела; 4 – пачковый захват; 5 – щит ограждения заднего моста

Сортиментоподборщики (форвардеры). Как было отмечено выше, исторически на лесозаготовках всего мира доминировала сортиментная скандинавская технология лесозаготовок, при которой на пасаках из растущих деревьев производят сортименты, и затем трелюют их на погрузочный пункт в полностью погруженном положении. Изначально такая технология была связана с использованием на трелевке гужевого транспорта.

Затем, в СССР, с внедрением на лесозаготовках специальных трелевочных тракторов была внедрена хлыстовая технология, распространившаяся затем во многих странах мира – США, Канада, и др.

Именно под хлыстовую технологию создавались чокерные, бесчокерные трелевочные тракторы, и тракторы с пачковым захватом.

Но также во многих странах мира, прежде всего в Европе, сохранилась скандинавская технология лесозаготовок, при которой надо трелевать сортименты. Этого чокерные, бесчокерные трелевочные тракторы, и тракторы с пачковым захватом сделать не могут. Для трелевки сортиментов используют специальные трелевочные тракторы, которые по отечественной классификации называются сортиментоподборщики, а во всем мире, и в постсоветской России – форвардеры (рисунок 11).

При механизированной заготовке древесины, когда валка деревьев, их очистка от сучьев, и раскряжевка производится вальщиками леса при помощи бензиномоторных пил, скандинавская технология лесозаготовок является наименее производительной, с максимальной долей тяжелого, и травмоопасного, ручного труда. Поэтому в СССР от нее всячески старались отказаться, и пошли по своему (хлыстовому) пути развития техники и технологии лесосечных работ [26].



Рис. 11. Сортиментоподборщик (форвардер)

В связи с тем, что в европейских странах тяжелый и травмоопасный труд вальщиков леса с каждым годом становился все более дорогим, и менее популярным, этим странам также пришлось задуматься о механизации ручных

работ на лесозаготовках. Но они пошли по-своему (сортиментному) пути развития, и создали лесозаготовительные комбайны – валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины (ВСПМ), которые во всем мире и в постсоветской России называют харвестерами. Основным технологическим оборудованием харвестера является харвестерная головка [27-29], которая перемещается по лесосеке и приводится в действие от гидравлической системы машины-носителя, в качестве которой может выступать специальная колесная машина (рисунок 12), или несколько модернизированный экскаватор, соответствующий по массе и мощности гидропривода требованиям соответствующей харвестерной головки (рисунок 13).

В настоящее время двухмашинные комплексы харвестер+форвардер (Х+Ф) являются самыми распространенными и популярными в России и в мире [30].

Но в свете современной политико-экономической ситуации в нашей стране они начинают постепенно выбывать из строя, по мере физического износа, в связи с большой сложностью, а порой и невозможностью приобретения для них необходимых запасных частей и оригинальных расходных материалов [31].



Рис. 12. Колесный харвестер



Рис.13. Гусеничный харвестер на экскаваторной базе

У трелевки форвардерами есть свои достоинства и недостатки, к основным из которых относятся:

Достоинства:

- При трелевке в полностью погруженном положении, особенно в теплый период года, сортименты не пачкаются частицами почвогрунта.
- Большая скорость сбора и трелевки, соответственно большая производительность.
- Во время сбора сортиментов на пасаках и последующей их штабелевке на погрузочном пункте сортименты раскладываются в штабели соответствующих сортиментных групп, что позволяет их в дальнейшем вывозить непосредственно потребителям, минуя нижние склады.

Недостатки:

- Современные колесные форвардеры дорого стоят, производятся, в основном, в недружественных странах.
- Трелевка в полностью погруженном положении снижает грузоподъемность, относительно трелевки в полупогруженном и полуподвешенном положении (когда часть трелеваемой пачки волочится по земле), при прочих равных условиях. Это приводит к увеличению коэффициента тары, увеличению удельной энергоемкости и стоимости трелевки кубокилометра.

Новейшая история систем машин для лесосечных работ в Российской Федерации. Как было указано, после развала СССР в нашей стране не стало централизованного заказа на проектирование и производство лесных машин. Превращенные в различные акционерные общества отраслевые НИИ и КБ быстро скатились к зарабатыванию только на сдаче своих площадей в аренду, а в дальнейшем большинство из них вообще прекратили свое существование.

Крупные и средние лесозаготовительные предприятия после «успешной» приватизации развалились на множество мелких, неспособных, в большинстве своем, обновлять машинный парк. В результате чего уже в начале XXI века у большинства из них износ машинного парка достиг критических величин [32].

Лишенные заказов отечественные предприятия лесного машиностроения в конце первого десятилетия XXI свернули основное производство, некоторые перепрофилировались, но большинство прекратили свое существование.

Этому печальному концу немало способствовали «эффективные» менеджеры, всплывшие в управление этими предприятиями и организациями на мутной волне 90-х годов XX века. Кто-то «пустил на дно» свои предприятия из-за вопиющей некомпетентности, какие-то истории сильно отдают сговором и криминалом.

Но так или иначе, на смену отечественным производителям лесных машин и оборудования на рынок России пришли иностранные машиностроительные компании, и их дилеры. Истории их вхождения на отечественный рынок, дальнейшего развития, и последующего ухода с рынка, или трансформации, в свете санкционной войны, развязанной коллективным западом против России в 2022 г, в чем-то различны, в чем-то схожи.

Трансформацию рынка лесных машин в России удобно проанализировать на примере широко известной сервисной и торговой компании Ferronordic machines.

В конце 90-х годов в Россию стали поступать первые машинные сортиментные комплексы, преимущественно производства компаний Valmet и Timberjack, а также гусеничные харвестеры на базе экскаваторов. Отечественных специалистов, хорошо знающих устройство и специфику эксплуатации этих машин практически не было. Поэтому представители отечественных лесозаготовительных компаний – покупателей этих машин ездили учиться на заводы производители в Финляндию. И оттуда же приезжали инструкторы, помогавшие запускать в работу эти первые машинные комплексы [33-35].

Конечно, нельзя не упомянуть проект «СОФИТ», но для масштабов России его недолгая история прошла практически незамеченной.

Большой проблемой эксплуатации первых машинных сортиментных комплексов в России было полное отсутствие какой-либо дилерской сети, и, соответственно, технической поддержки [36].

В связи с существенным ростом спроса в начале XXI века в России начали появляться первые дилеры импортных лесных машин. Одной из таких компаний явилась ЗАО «Вольво-Восток», реализующая в России, в том числе, и лесные машины, на базе продукции известной компании Volvo.

Начиная с 2003 г. компания начала реализовывать гусеничные харвестеры с головками производства компании Log Max, колесные фронтальные погрузчики, а также широкую линейку дорожностроительных машин.

ЗАО «Вольво-Восток» успешно работала с 2003 по 2010 гг., после чего было решено, что машины компании Volvo приобрели в России устойчивый спрос, марка завоевала известность и доверие потребителей. В связи с этим компания приняла решение продать направление реализации и сервисной поддержки строительных машин. Скандинавские инвесторы вложили деньги в покупку этого направления, и таким образом на рынке России появилась опять же скандинавская компания Ferronordic machines. Причем Ferronordic – это запатентованное название, поскольку один из основных акционеров компании, Эрик Оверхадсон, взял название своей материнской компании, в которой его родители в Швеции занимались бизнесом, связанным с металлопрокатом. Со временем эта компания стала представлять на российском рынке не только продукцию компании Volvo, но также и машины компании Rottne, харвестерные головки компании SP Maskiner.

Для выбора компаний-партнеров в Ferronordic machines была создана комиссия, в задачу которой входило ознакомление с производствами потенциальных поставщиков лесной техники. Первой такой компанией стала Logset, находившаяся на тот момент в предбанкротном состоянии. До начала сотрудничества с Ferronordic machines продукцию Logset представляла на российском рынке достаточно крупная компания «Минитэкс», но на волне известного финансового кризиса 2008 г. она ушла с рынка. Появление нового российского дилера, с большими планами и амбициями, позволило руководству Logset получить от кредиторов временную отсрочку от исполнения обязательств по взятым кредитам, и пережить нелегкое для себя время. С 2010 по 2012 гг. сотрудничество Ferronordic machines и Logset успешно развивалось, но, к сожалению, после улучшения своего финансового состояния Logset повела себя некорректно по отношению к российскому партнеру и в 2014 г. сотрудничество было расторгнуто, по инициативе Ferronordic machines, хотя это и привело к определенным материальным убыткам компании.

В 2016 г. Ferronordic machines приняла решение о сотрудничестве с компанией Rottne (колесные харвестеры и форвардеры), которая к тому моменту прекратила дилерское партнерство с не устраивавшей их российской компанией, и несколько позже Ferronordic machines заключила дилерское соглашение с SP Maskiner (харвестерные головки).

Следует отметить, что Ferronordic machines, перед подписанием соглашения о сотрудничестве с Rottne, выдвинула ряд условий по комплектации машин, поставляемых в Россию, с учетом специфики природно-производственных условий отечественных лесозаготовительных предприятий, которые были после определенной доработки выполнены.

В 2010 г. практически все сотрудники ЗАО «Вольво-Восток» перешли на работу во вновь созданную Ferronordic machines, которая со временем приобрела достаточно широкую известность на рынке лесных машин в России, успешно развивалась, завоевывала все большую долю рынка до 2022 г. – начала широкомасштабной санкционной войны коллективного запада против России. К этому моменту компания Ferronordic machines представляла на российском рынке гусеничные харвестеры Volvo с головками компаний SP Maskiner, Log Max, Waratah; два вида колесных харвестеров Rottne, с различными вариантами харвестерных головок; два вида колесных форвардеров Rottne; широкую линейку дорожностроительной техники компании Volvo, а также бульдозеры компании Dressta.

В 2022 г. компания Volvo и остальные европейские компании, представляемые на российском рынке Ferronordic machines, приняли решение покинуть рынок России, и перестали поставлять технику, запасные части, и расходные материалы. В связи с чем компания Ferronordic machines была вынуждена искать альтернативные источники снабжения для выполнения своих обязательств перед клиентами. Собственно, в 2022 г. компания Ferronordic machines занималась прежде всего поддержкой клиентов, стараясь строго выполнять взятые на себя в совершенно других политико-экономических условиях обязательства. Во многом исполнение гарантийных обязательств перед клиентами делалось за свой счет, в убыток компании. Но время показало, что утверждение о том, что добро всегда возвращается еще раз доказало свою правоту.

В середине 2022 г. компания Volvo официально расторгла дилерское соглашение, и выплатила компенсацию, которая позволила Ferronordic machines погасить часть издержек, связанных с исполнением гарантийных обязательств перед клиентами. В дальнейшем необходимые запасные части и расходные материалы Ferronordic machines стала завозить по схеме параллельного импорта, с открытых для российских покупателей рынков – страны Ближнего Востока, Азии.

Отметим, что далеко не все дилеры иностранных лесных машин повели себя столь же благородно, по отношению к своим клиентам. Например, российское представительство известной компании Ponsse – ООО «Понссе» закрылось уже в марте 2022 г., бросив своих клиентов на произвол судьбы, что безусловно принесло ей огромные репутационные потери среди российских лесозаготовителей. Хотя ряд

российских дилеров Ponsse все же старались и стараются исполнять взятые на себя обязательства перед своими клиентами.

Действующим и потенциальным клиентам скандинавских компаний – производителей лесной техники следует учесть следующее обстоятельство: они приняли принципиальное решение покинуть российский рынок задолго до введения пятого пакета санкций, включающего лесную технику. И это обстоятельство очень желательно помнить, когда улыбающиеся шведы и финны вновь попробуют зайти на российский рынок. По счастью население России еще со школы стараются приучить помнить историю.

В конце 2022 г. владелец компании Ferronordic machines принял решение о ее продаже. Желающих ее приобрести оказалось несколько, после продолжительного анализа предложений была выбрана АО "Городская Инвестиционная Компания", высший менеджмент которой уже имел опыт финансирования продаж техники в лизинг. В результате этой покупки компании Ferronordic machines была преобразована в ООО «ФН Машины».

После продажи компании российскому инвестору, в начале 2023 г. был заключен договор с китайской компанией – производителем дорожностроительных машин LiuGong. И на базе экскаваторов этой компании «ФН Машины» начало производство и продажу гусеничных харвестеров.

Выбор компании LiuGong был обусловлен тем, что сотрудники компании были уже достаточно хорошо знакомы с его продукцией, благодаря тому что компании LiuGong принадлежит уже упомянутый польский завод Dressta, также производящий дорожностроительные машины, и который, как было отмечено выше, поставлял до 2022 г. компании Ferronordic machines бульдозеры.

Опосредованное сотрудничество с LiuGong через бренд Dressta привел руководство компании ФН Машины к выводу, что из всех азиатских компаний – производителей дорожностроительной техники китайский бренд LiuGong – самый европейский, по философии проектирования и производства – надежность, экономичность, эргономичность. Из 65 лет своей деятельности, уже 20 лет как компания LiuGong представлена в России. Конечно, LiuGong не прикладывала столь значительных усилий, чтобы зайти на российский рынок, как, например, Volvo или Ponsse, но все равно она уже достаточно на слуху у отечественных компаний.

Безусловно, у гусеничных харвестеров, по сравнению с колесными есть свой набор недостатков – эргономика, обычно меньшая производительность, сложности работы штатной системы охлаждения, в теплый период года. Но, как показывает практика, далеко не все операторы колесных харвестеров используют их, что называется «на полную мощность». Очень большая производительность зачастую от харвестера и не требуется. Проблемы с системой охлаждения решаются ее

модернизацией и более тщательным к ней отношением со стороны оператора. Зато гусеничный харвестер значительно проще по устройству, соответственно, надежнее. Он не требует столь тщательной подготовки оператора, как на колесный вариант, и что очень важно, в современной экономической ситуации, он значительно дешевле.

Стоит вспомнить, что первыми сортиментными импортными машинами в России были именно гусеничные харвестеры на базе экскаваторов, именно такой вариант машин еще в 90-е годы рекомендовали финские лесозаготовительные компании российским коллегам, обосновывая этот выбор именно простотой, надежностью, меньшими требованиями к операторам, а также тем, что многие леса России, по факту, не подвергались рубкам ухода, и к возрасту спелости древостой в них сильно различается по диаметрам, а значит харвестерная головка должна быть максимально возможного размера [37, 38].

При выборе базовой модели экскаватора компания ориентировалась на опыт своих сотрудников, многие из которых работают уже около 20-ти лет, начиная еще с ЗАО «Вольво-Восток». Анализ показал, что оптимальным будет экскаватор, весом 22-25 т, уже в сборе с харвестерной головкой, ковш-балкой, обвесом защиты, и т.д.

Таким экскаватором, производства компании LiuGong, оказалась модель CLG-922, весом 22 т. В первом варианте, экскаватор выходит с завода в стандартной комплектации, с ковшом, и пока он доставляется в Россию подбирается клиент, который заинтересован в приобретении гусеничного харвестера. В этом случае экскаватор передается компании-партнеру на дооборудование. Сама компания «ФН Машины», как и ранее Ferronordic machines, а еще ранее «Вольво-Восток», не занимается дооборудованием машин, а только заказывает выполнение этой услуги на стороне.

Работами по дооборудованию машин на заказ занимается в России несколько компаний, например, ООО «СКАНДТЕХ» (Новгородская область), ИП Чикина (Ленинградская область), ООО «Техноком лесные машины» (Вологодская область), ООО «РегионКомплект» (Архангельск), ООО «Завод защит» (Ленинградская область), и т.д. Есть также компании, которые занимаются переоборудованием машин для себя (для последующей реализации) – ООО «БИЗНЕС СПЕЦТЕХНИКА» (Санкт-Петербург), ООО «Трактородеталь» (Архангельск). Эти, и другие специализирующиеся в этом сегменте лесного бизнеса компании, хорошо знакомы практически со всеми моделями экскаваторов, и особенностями их доработки для работы в лесу.

У компаний с большим опытом переоборудования экскаваторов в харвестеры работа над одной машиной занимает 2-3 недели. Если специалисты компании еще

не имели дела с данной моделью экскаватора, то процесс переоборудования в харвестер может занимать до месяца (рисунок 14).

С точки зрения приобретения нового экскаватора, как базы под гусеничный харвестер, то срок его поставки в стандартной комплектации, на тележке со стандартным клиренсом, обычно, зависит только от срока его платы заказчиком. Если заказчик предпочитает экскаватор на тележке с увеличенным клиренсом, с рядом нестандартных опций, то срок поставки такой машины может достигать 3-4 месяцев.

Если у компании, переоборудующей экскаваторы в харвестеры нет на складе харвестерной головки, то срок ее поставки, в среднем, занимает 45 дней.

При оформлении договора на переоборудование экскаватора в харвестер «ФН Машины» определяет спецификацию, чем именно должна быть дооборудована машина, например, защита от боковых ударов, защита от падающих объектов, защита моторного отсека, защита кабины, защита топливного и гидравлического баков, защита днища, замена стандартного лобового стекла на поликарбонатное различной толщины, данный перечень согласуется с клиентом – будущим владельцем машины, если на нее уже есть заказ. Если машина дооборудуется «на склад», то это делается по стандартной спецификации. Причем особым требованием к переоборудованию экскаватора является запрет на перекрытие заднего аварийного люка кабины. Это связано с тем, что в случае опрокидывания машины на левый борт, если перекрыт задний аварийный люк, оператор может оказаться в безвыходной ситуации, поскольку покинуть кабину с правой стороны будет мешать стрела гидроманипулятора, а спереди – защитная решетка лобового стекла.

Также отдельным требованием «ФН Машин», с точки зрения безопасности, но уже к поставщику машин, является обязательное наличие системы «ROPS – рама машины» - устройства для защиты при опрокидывании, закрепленное на раме машины [39-41]. Хотя для гусеничного харвестера такое устройство и не является обязательным, поскольку система защит, которой в дальнейшем оснащается экскаватор, сама по себе является ROPS.

Как показала практика компании «ФН Машин», обычно, заказчики предпочитают, чтобы машина после сборки доставлялась на территорию арендной базы, практически на лесосеку. После чего она должна быть продемонстрирована в работе, проведен инструктаж для операторов, прежде всего по техническому обслуживанию (ТО) узлов и агрегатов.

Обычно, инструктаж проводят два человека, один инструктор – по базовой машине, другой – по харвестерному оборудованию (настройка, калибровка, управление). В большей части случаев (около 80%) заказчиков уже имеют операторов, хорошо знакомых с работой на гусеничных харвестерах. Для

оставшихся 20% операторов, набранных заказчиком без опыта работы на харвестерах, проводится пятидневное обучение.



Рис. 14. Переоборудованный в харвестер экскаватор LiuGong

В дальнейшем, в гарантийный период, машина обслуживается и снабжается оригинальными расходными материалами силами сервисного дилера. В идеале это означает, что на каждое ТО приезжает механик компании «ФН Машины», выполняет обслуживание, которое оплачивается заказчиком. При этом ведется история работы и обслуживания машины, на основании которой продлевается гарантия [42].

Если же клиент находится на большом удалении, в труднодоступных местах, то промежуточные ТО могут быть доверены ему, при обязательном условии использования оригинальных расходных материалов. Это и логично, банальную замену масла в двигателе, которая занимает 2 часа и никаких сложностей не представляет, регулировку клапанов, и другие операции, подробно описанные в инструкции пользователя, должны выполнять операторы.

В постгарантийный период сотрудничество по обслуживанию машин зависит от желания заказчика. Но, безусловно, поставщик машины заинтересован в ее техническом сопровождении в течении всего ее жизненного цикла. Правда

достаточно часто, после окончания гарантийного периода, заказчики машин предпочитают обслуживать их самостоятельно, обращаясь только в случае каких-то серьезных поломок.

Если у заказчика большой парк машин, и он предпочитает передать за их обслуживание на аутсорсинг, возможен вариант Full Service, когда поставщик машин организует дежурство своих механиков вахтовым методом в районе работы машин заказчика.

Что касается основного технологического оборудования гусеничных харвестеров – харвестерных головок, то это пока по-прежнему агрегаты известных скандинавских производителей, т.е. из недружественных стран – Ponsse, Waratah, SP Maskiner, Log Max, Logset, поступающие в Россию по параллельному импорту. И стоящие сейчас, к сожалению, примерно столько-же, сколько переоборудованный для леса из машины стандартной заводской комплектации экскаватор. Причем головки, с различных мировых рынков, поставляются с комплектом контрольно-измерительной системы, и системы управления, предназначенных именно для установки на экскаватор. Единственное, что зачастую приходится отдельно докупать соленоиды и активаторы, а также изготавливать рукава высокого давления (РВД) но больших проблем это не вызывает.

В последнее время выпуском харвестерных головок занялись и китайские производители, например, завод XUVOL, взяв за основу продукцию упомянутых европейских компаний (в большей части H-7 компании Ponsse), однако на сегодняшний день в России немного примеров их успешной эксплуатации. Под брендом XUVOL они были представлены на выставке «Российский лес» 2023, в Вологде (рисунок 15). Эти головки, под маркой T-600, выпускаются, например, для ООО «Техноком лесные машины». Для других российских компаний – дилеров, эти же головки красятся в другие цвета, и им дают другие наименования.

Опытная эксплуатация этих головок в условиях российских лесов показала, что они еще требуют существенной конструктивной доработки.

В ближайшее время можно ожидать поставку на российский рынок харвестерных головок под брендом LiuGong. По заявлению разработчиков эти головки будут специально приспособлены для эксплуатации на экскаваторной базе.



Рис.15. Харвестерная головка Xuvol

Отметим, что большинство машиностроительных компаний, в линейку продукции которых входят экскаваторы, выпускает и специальные лесные модели, предназначенные для создания на их базе лесозаготовительных машин. Известен пример, когда компания Caterpillar в 2002 г. отгрузила партию таких машин для известной российской ГК Титан, когда та же компания Volvo еще не выходила на российский рынок с подобным предложением.

С завода в Бельгии экскаваторы Caterpillar выходили уже в полном лесном обвесе защит, с кронштейнами увеличенного подъема стрелы гидроманипулятора, оставалось только установить харвестерную головку.

Конечно, если бы каждый производитель экскаваторов мог точно спрогнозировать возможности рынка лесных машин в России, и поставлял бы сразу машины в лесной комплектации, то мало кто бы в нашей стране занимался их переоборудованием. Правда и здесь есть одно большое но, связанное со значительным ростом стоимости экскаватора в лесной комплектации относительно его базовой модели. Для примера, если экскаватор стандартной (строительной) комплектации стоит 150 тыс. долларов США, то в лесном варианте с того же завода он будет стоить уже 250 тыс. долларов США.

Конечно, возникает законный вопрос – как 2,5 т защитного обвеса могут увеличить стоимость машины почти на 70%? Эта ситуация связана с особенностями конвейерной сборки машин. Например, экскаватор, весом в 25 т, в стандартной комплектации, сходит с одной линии конвейера

машиностроительного завода, выпускающего до 20 тыс. таких машин в год, каждые 17 мин. Работники конвейерной сборки выполняют порученные им операции практически на автомате. Но если необходимо собрать экскаватор не в стандартной комплектации, а, например, в лесной, то такт конвейерной линии существенно замедляется, до 25-27 мин., т.е. почти на 60%. Соответственно и производительность завода падает почти на 60%. В результате компенсация падения производительности линии и 2,5 т дополнительных металлических конструкций и дают увеличение стоимости около 70%. То есть, основная прибавка стоимости лесной версии экскаватора у завода производителя связана не с изделиями для его дополнительного оснащения, а с увеличением затрат времени на его сборку.

Еще, примерно, 100 тыс. долларов США будет стоить харвестерная головка, и в результате гусеничный харвестер на базе заводской лесной комплектации экскаватора будет стоить 350 тыс. долларов США. Но это почти на 100 тыс. долларов США дешевле колесного варианта, причем до начала СВО и санкционной войны, поскольку завозимые сейчас в Россию по параллельному импорту европейские лесные машины выросли в цене практически в два раза.

А 100 тыс. долларов США это сумма, на которую, например, вполне можно приобрести лесовоз [43, 44].

Причем переоборудование экскаватора в стандартной комплектации под условия эксплуатации на лесозаготовках обходится не в 100 тыс. долларов США (разница между стандартной и лесной заводской комплектацией экскаватора), а в 20-30 тыс. долларов США.

Перспективы создания эффективных машинных комплексов для лесосечных работ в России. В современных условиях, стоимостная разница между гусеничным и колесным харвестером может достигать 170-180 тыс. долларов США.

Конечно, крупные лесопромышленные предприятия, до 2022 г. не особенно обращали внимание даже на столь внушительную разницу. Доходило до того, что вместе с экскаватором в лесной комплектации с заводов-производителей заказывали в комплекте даже ковш-балки.

В настоящее время российские компании производители существенно превзошли иностранных коллег по качеству монтажа РВД, надежности ковш-балок. Например, шведская ковш-балка, в среднем, эксплуатировалась до серьезного ремонта 1-1,5 года, отечественные сейчас без проблем эксплуатируются 2-3 года. Эти ковш-балки делают многие из перечисленных выше компаний, занимающихся переоборудованием экскаваторов в лесозаготовительные машины - «Техноком лесные машины», «РегионКомплект», «Завод защит», «Трактородеталь» и др.

Безусловно, по эргономике – простору в кабине, зоне обзора, гусеничные харвестеры существенно проигрывают колесным [45, 46], но при современной разнице в стоимости приобретения европейских лесозаготовительных машин, практически в два раза, при падении спроса на древесину, окупить колесный харвестер, полученный по параллельному импорту, становится очень проблематично.

К безусловным достоинствам гусеничных харвестеров относится возможность их эффективного использования на ветровально-буреломных лесосеках, благодаря их мощному гидроманипулятору, в то время как колесные харвестеры в таких условиях эксплуатировать вообще не стоит [47, 48].

На крупномерном лесе разницы в производительности гусеничных и колесных харвестеров практически нет, и чем лес крупнее, тем больше становится выигрыш гусеничных харвестеров.

В ряде крупных и средних лесозаготовительных предприятий достаточно распространена практика использования и колесных и гусеничных харвестеров. Причем в задачу гусеничных машин, помимо лесосечных работ, входит вытаскивание застрявших на слабых почвогрунтах машин колесных.

Иногда можно слышать такое мнение операторов гусеничных харвестеров на ремарки их коллег с колесных машин об их меньшей производительности – если бы мы не тратили время на вытаскивание колесников из болота, то не отставали бы в производительности.

Отметим, что по удельному расходу топлива на мото-час и кубометр заготовленной древесины гусеничные харвестеры проигрывают колесным. Если у гусеничных расход на мото-час – 15-17 л, то у колесных – 12-13 л. Также отметим, что удельный расход топлива у гусеничных харвестеров сильно зависит не только от качества оператора, но и от качества подключения харвестерной головки [49]. Иногда можно видеть, как два, в принципе одинаковых, гусеничных харвестера, но переоборудованные разными компаниями, на практически одинаковом лесе, показывают очень разные значения удельного расхода топлива.

Неправильное подключение головки у гусеничного харвестера может приводить не только к постоянным перегревам системы охлаждения, но к увеличению расхода топлива с нормальных 15-17 л, до 24 л, т.е. до 50% и более.

На основании усредненных данных по результатам эксплуатации за 3 года гусеничного харвестера на базе LiuGong от компании «ФН Машин» у одного из клиентов можно привести следующие цифры: машина без каких-либо существенных поломок отработала 11 тыс. мото-часов, из них 1 тыс. – в режиме экскаватора. За 10 тыс. мото-часов заготовлено 183 тыс. м³ древесины, что дает, в среднем, 18,3 м³/час. Расход топлива, в среднем, составил 16 л/час. Это позволяет определить удельный расход топлива на м³ заготовленной древесины – 0,87 л/м³.

Отметим, что показатели удельного расхода топлива на кубометр заготовленной древесины классической колесной пары машин – харвестер + форвардер (т.е. с трелевкой и штабелевкой), в схожих природно-производственных условиях, составляют 1,5-2,1 л/м³.

Безусловно, помимо конструктивных особенностей машин, на их расход топлива и производительность очень сильное влияние оказывает опыт операторов и таксационные характеристики насаждений.

Одна из машин LiuGong от компании «ФН Машин» прошла тестовые испытания в условиях Республики Карелия. При этом ей управляли операторы с многолетним (15-18) опытом работы именно на гусеничных харвестерах. Во время тестовых испытаний, за 70 мото-часов, при помощи гусеничного экскаватора было заготовлено 1100 м³ древесины, что дает удельную производительность 15,7 м³ – несколько меньшую, чем указанная по результатам длительной эксплуатации. Но основная задача данного теста состояла в определении мнения опытных операторов о возможных путях улучшения эргономики машины.

По рекомендациям операторов в конструкцию машин было внесено изменение путем увеличения глубины сидения. Такая потребность возникла в связи с тем, что европейские производители изначально устанавливали достаточно эргономичные сиденья, с большим количеством регулировок, рассчитанные на габариты операторов – европейцев.

Производство сидений есть очень во многих странах мира, например, широко известны комфортом и качеством кресла турецких производителей, включая кресла с пневмодвеской. В настоящее время «ФН Машин» заказывает у LiuGong все экскаваторы только с пневмодвеской.

Конечно, при обеспеченном платежеспособном спросе производитель экскаваторов может внести в конструкцию своих машин самые разные изменения, включая установку более просторной кабины, но это будут совершенно другие затраты, во много себя не оправдывающие.

У многих лесозаготовителей, особенно у крупных компаний, есть устойчивое мнение о том, что для производства харвестеров следует использовать только экскаваторы с увеличенным клиренсом (дорожным просветом) в 650-700 мм. На самом деле, во многом, это заблуждение, во многом основанное на многолетнем опыте эксплуатации колесных харвестеров.

Экспертный опыт специалистов «ФН Машин» показывает, что высокий клиренс у гусеничного харвестера влияет только количество оставляемых высоких пней на трелевочном волоке, на которые потом может «сесть» форвардер, и не более того. Тем более что, из Правил заготовки древесины с 2011 г. исключено нормативное требование, ограничивающее максимальную высоту оставляемых при валке деревьев пней. Чем выше клиренс харвестера, тем больше соблазн у

оператора, для экономии времени, и, соответственно, повышения производительности, не опускать головку до самой земли. Особенно на каменистых лесосеках, на которых это может привести к удару головки об камень, особенно зимой, и вывести из строя пильную гарнитуру.

Операторы харвестеров иногда не понимают, что их машина проходит по трассе трелевочного волока многократно, поэтому машина пройдет по нему, практически, в любом случае. Форвардер по волоку проезжает многократно, всякий раз, особенно в теплое время года, углубляя колею [50, 51]. Это приводит к эффекту «роста» пней на трассе волока, и к какому-то моменту они могут сравниться с величиной клиренса форвардера, со всеми вытекающими из этой ситуации последствиями.

При увеличенном клиренсе экскаватор–харвестер становится несколько шире. Поскольку в этом случае ряд конструктивных компонентов производитель устанавливает от машины большего класса, например, гусеничные цепи, гидромоторы на 22 тонный экскаватор ставятся от 25 тонного. Кроме этого, отметим, что стандартная экскаваторная гусеница 600 мм имеет тройной грунтозацеп. На мягких лесных почвогрунтах желательнее иметь гусеницу 700-800 мм, и до 900 мм для условий эксплуатации на заболоченных почвогрунтах в теплый период года. Как показывает практика, в большинстве случаев вполне хватает гусеницы 700 мм, если качественно выкладывать волоки порубочными остатками. Единственное, где машины с увеличенным клиренсом имеют безусловное эксплуатационное преимущество – это глубокий снежный покров.

Тройные грунтозацепы хорошо работают в условиях строительной площадки, но в условиях леса желательнее все же использовать грунтозацепы с повышенной способностью к самоочистке - двойные, а в ряде случаев – одинарные. Безусловно, машину со стандартной гусеницей можно переоборудовать на другую, но это всегда стоит денег. Разница в стоимости стандартного гусеничного экскаватора и экскаватора с повышенным клиренсом, за счет установки более мощных гидромоторов, уширенных гусеничных цепей, высоких тележек, может достигать 1 млн руб. и более.

Производственный опыт показывает, что на стандартных базовых машинах, с обычным для экскаватора клиренсом, обычно гусеницей – 600 мм можно заготавливать 80 и более тыс. м³ древесины в год [50]. Опыт также показывает, что на машинах, переоборудованных по самому дорогому варианту, объем заготовки, обычно, не превышает значения для машин в стандартной комплектации, несмотря на достаточно ощутимую разницу в стоимости. Тогда зачем было платить больше? Особенно если оператор «не тянет», если очень большие затраты времени на перебазировку бригад с лесосеки на лесосеку.

Кроме того, в свете перебазировок гусеничного харвестера на трале по дорогам общего пользования надо учитывать его габариты и массу, чтобы не приходилось всякий раз получать специальные разрешения на перевозку. Крайне желательно, чтобы у трала были стандартные уширители.

В настоящее время у азиатских производителей нет предложения машин со специальным узлом выравнивания надстройки относительно ходовой тележки, в отличие от машин компаний Caterpillar, John Deere, TimberPro, и ряда других. Это затрудняет использования гусеничных экскаваторов в условиях лесосек на склонах.

Стоимость такого узла около 100 тыс. Евро, а в производстве 60-70 тыс. Евро. Отсутствие таких узлов в машинах азиатских производителей связан не с его сложностью, а с отсутствием достаточного спроса.

Основной проблемой развития рассматриваемого направления производства лесозаготовительных машин, является отсутствие отечественных харвестерных головок и качественных отечественных экскаваторов. Отсутствие на рынке последних, с сожалением, отмечают и многие строительные компании.

Как решения, казалось бы, наиболее простой проблемы – производства качественных отечественных экскаваторов в ближайшее время не ожидается. Так и производства работоспособных отечественных харвестерных головок, в принципе, можно в ближайшее время не ожидать, к сожалению. Ведь, безусловно, это очень непросто, особенно в настоящее время, поскольку харвестерная головка - это далеко не только качественная рама, которую не очень сложно сделать, но вот найти хорошие отечественные гидромоторы, как и распределители, клапанную группу, приборы для измерительной системы – в настоящее время практически нерешаемая задача.

Помимо лесозаготовительных машин, отечественные предприятия начинают ощущать и дефицит форвардеров, которые также приходится закупать и обслуживать за счет параллельного импорта. Но и из этой ситуации вполне возможен выход. Например, использовать гусеничный харвестер в две ступени – сначала как валочную машину, или валочно-сучкорезную (при плохой несущей способности почвогрунтов), в паре с ней можно использовать бесчokerный трелевочный трактор, созданный, например, на базе колесного трактора (рисунок 16), или карьерного шарнирно-сочлененного самосвала (рисунок 17), затем тот же гусеничный харвестер, в темное время суток, использовать на верхнем складе в качестве процессора.

А если допустить возможность отказа, в современных условиях от харвестерных агрегатов (головок), и замены их на валочные головки, которые намного более просты по устройству, и выпуск которых можно намного проще и быстрее освоить отечественным машиностроительным заводам, бесчokerные

трелевочные тракторы, в паре с легкими валочными машинами на экскаваторной базе становятся наиболее предпочтительным вариантом [51].



Рис.16. Бесчokerный трактор на колесном шасси

Резюмируя сказанное выше, можно отметить, что рынок лесных машин в России за неполную четверть XXI века претерпел достаточно существенные изменения. На смену хлыстовой технологии заготовки пришла сортиментная, причем, в основном, скандинавская. Лесозаготовительные машины отечественного производства ушли практически в прошлое. Им на смену сначала пришли гусеничные харвестеры, затем их существенно потеснили колесные. На российском рынке начали доминировать европейские и американские компании лесного машиностроения, которые за пару десятилетий достаточно прочно заняли свои рыночные ниши, приобрели постоянных клиентов. Начавшаяся в 2022 г санкционная война привела к новым трансформациям российского рынка лесных машин. Добровольный уход большинства привычных российским лесозаготовителям иностранных производителей лесной техники из недружественных стран, помимо развития параллельного импорта, и связанного с ним существенного удорожания импортных колесных лесных машин, открыл российский рынок для производителей из дружественных стран, прежде всего, из Китая.



Рис. 17. Концепт бесчокерного трелевочного трактора на базе шасси самосвала Bell B25E (производства ЮАР)

2.3. Выводы по разделу 2

В кооперации с отечественными компаниями на российском рынке, в настоящее время, все большую нишу отвоевывают себе более бюджетные гусеничные харвестеры на экскаваторной базе стандартной или специальной компоновки.

Если допустить возможность отказа, в современных условиях от харвестерных агрегатов (головок), и замены их на валочные головки, которые намного более просты по устройству, и выпуск которых можно намного проще и быстрее освоить отечественным машиностроительным заводам, бесчокерные трелевочные трактора, в паре с легкими валочными машинами на экскаваторной базе становятся наиболее предпочтительным вариантом.

Расчетные зависимости для определения производительности различных типов трелевочных тракторов. В принципе, любой вид рассмотренных выше трелевочных тракторов – чокерные, бесчокерные, скиддеры, форвардеры, могут быть как на колесном, так и на гусеничном шасси. Они могут быть оснащены примерно одинаковыми по мощности двигателями, и иметь примерные равные (колесные с колесными, гусеничные с гусеничными) скорости движения в холостом и грузовом направлении, и грузоподъемность.

При прочих равных условиях – вид движителя, грузоподъемность, мощности двигателя и скорости на передачах, у разных типов трелевочных тракторов будет наблюдаться различная производительность, даже при управлении одними и теми же операторами, на одних и тех же лесосеках. Это связано с различием в конструкциях и принципах работы их технологического оборудования.

В процессе работы любого трелевочного трактора можно выделить 4 этапа технологического цикла работы:

Холостой ход – перемещение от верхнего склада/погрузочного пункта до места набора очередной пачки лесоматериалов.

Непосредственно сбор пачки лесоматериалов.

Грузовой ход – перемещение трелевочной системы (трактор+пачка) от места сбора лесоматериалов к месту их штабелевки (верхний склад/погрузочный пункт).

Разгрузка и штабелевка притрелеванных лесоматериалов.

Определение продолжительности холостого и грузового хода, в принципе, не вызывает методических трудностей, поскольку на любой лесосеке известно необходимое расстояние перемещения трактора (среднее расстояние трелевки), и для любого конкретного трактора известны его рабочие скорости на передачах. Их остается только выбрать, для грузового и холостого хода, в зависимости, прежде всего, от рельефных и почвенно-грунтовых условий [52].

Теоретическое определение затрачиваемого времени на сбор и последующую штабелевку пачки является вопросом гораздо более сложным. В известной научной и учебно-методической литературе для его решения предлагается использовать эмпирические зависимости, выведенные на основании хронометражей наблюдений за работой различных типов трелевочных тракторов в различных условиях эксплуатации.

Расчетную производительность трелевочных тракторов различных типов принято рассчитывать по следующему алгоритму:

- Часовая производительность, в общем виде:

$$П_{ч} = \frac{3600 \cdot V_{п}}{T_{ц}}, \quad (1)$$

где: $П_{ч}$ – часовая производительность трелевочного трактора, м³; $V_{п}$ – объем пачки, трелеваемой за один цикл, м³; $T_{ц}$ – общее время, время, затрачиваемое на цикл трелевки одной пачки лесоматериалов, с.

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (2)$$

где: t_1 и t_3 – время движения трелевочного трактора в порожнем и грузовом направлениях, с.; t_2 – время набора пачки, с.; t_4 – время штабелевки пачки, с.

$$t_1 + t_3 = \frac{2l_{ср}}{V_{ср}}, \quad (3)$$

где: $l_{ср}$ – среднее расстояние трелевки, м; $V_{ср}$ – средняя скорость движения трелевочного трактора в грузовом и порожнем направлениях, м/с.

$$V_{ср} = \frac{V_2 + V_3}{2}, \quad (4)$$

где: V_2 – скорость движения трелевочного трактора с грузом, обычно принимается на 2^{ой} передаче, м/с; V_3 – скорость движения трелевочного трактора в порожнем направлении, обычно принимается на 3^{ей} передаче, м/с.

Для чокерных трелевочных тракторов, летом

$$t_2 = 60 \left(2 + 0,08 \cdot l_k + 0,8 \frac{V_{\Pi} \cdot \varphi_2}{n \cdot V_{\text{хл}}} + 2 \frac{V_{\Pi} \cdot \varphi_2}{n} \right). \quad (5)$$

Зимой

$$t_2 = 60 \left(5,0 + 0,45 \frac{V_{\Pi} \cdot \varphi_2}{V_{\text{хл}}} + 175 \frac{V_{\Pi} \cdot \varphi_2}{g} \right). \quad (6)$$

где: l_k – длина собирающего каната, м, φ_2 – коэффициент использования рабочего времени; $V_{\text{хл}}$ – объем среднего хлыста в трелеваемой пачке, м³; n – количество рабочих участвующих в чокеровке деревьев (хлыстов); g – ликвидный запас древесины, м³/га.

$$t_4 = 60 \left(0,6 + 0,06 \frac{V_{\Pi} \cdot \varphi_2}{V_{\text{хл}}} + 0,5a \cdot V_{\Pi} \cdot \varphi_2 \right). \quad (7)$$

Для бесчокерных трелевочных тракторов и форвардеров – т.е. трелевочных тракторов с гидроманипуляторами:

$$t_2 = 60 \left(0,25V_{\Pi} \cdot \varphi_2 \cdot V_{\text{х(с)}} + 0,44 \frac{V_{\Pi} \cdot \varphi_2}{V_{\text{х(с)}}} + 0,4V_{\Pi} \cdot \varphi_2 + \frac{123}{g} + 0,32 \right), \quad (8)$$

$$t_4 = 60 (0,24 \cdot V_{\Pi} \cdot \varphi_2 + 1,33), \quad (9)$$

где: $V_{\text{х(с)}}$ – объем среднего хлыста (для бесчокерных трелевочных тракторов), а для форвардера объем средней пачки сортиментов, собираемой за один цикл, м³.

Для тракторов с пачковым захватом:

$$t_2 = 180 + 20 \frac{V_{\Pi} \cdot \varphi_2}{V_{\text{хл}}} \cdot K_1, \quad (10)$$

где K_1 – коэффициент формирования воя: за один прием $K_1 = 1$; за два приема $K_1 = 1,2 - 1,5$; за три приема $K_1 = 1,7 - 2$.

Время t_4 для тракторов с пачковым захватом определяется уравнением (9).

Сменная производительность трелевочных тракторов рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{см}} = \Pi_{\text{ч}} (T - t_{\text{п.з.}}), \quad (11)$$

где: T – продолжительность смены, ч.; $t_{\text{п.з.}}$ – подготовительно-заключительное время, ч.

Как видно из анализа выражений (3.1)-(3.10) все они являются линейными зависимостями, отражающими основные природно-производственные условия работы трелевочных тракторов.

В таблице 1 представлены основные параметры, принятые для сравнительного расчета производительности различных типов трелевочных тракторов.

Таблица 1.

**Основные параметры, принятые для сравнительного расчета
производительности различных типов трелевочных тракторов**

| Параметр | Тип трелевочного трактора | | | |
|--|--|--|--|--|
| | чокерный | бесчокерный | с пачковым захватом | форвардер |
| Максимальное тяговое усилие, кН | 80,5 | 100,0 | 100,0 | 85,4 |
| Масса эксплуатационная, т | 11,2 | 14,4 | 14,1 | 18,43 |
| Диапазон скоростей движения, км/ч | 2,8-10,4 $V_2 = 4,5$ $V_3 = 6,0$ | 3,0-11,1 $V_2 = 4,0$ $V_3 = 5,0$ | 3,0-11,1 $V_2 = 4,5$ $V_3 = 6,0$ | 3,0-11,1 $V_2 = 4,0$ $V_3 = 5,0$ |
| Дорожный просвет, мм | 550 | 550 | 550 | 550 |
| Колея, мм | 1690 | 1850 | 1850 | 1850/2110 |
| Габаритные размеры, мм: | | | | |
| длина | 6000 | 7070 | 2760 | 9725 |
| ширина | 2575 | 2760 | 3600 | 2760 |
| высота | 3000 | 3700 | 1850 | 3700 |
| Мощность двигателя, кВт (л.с.) | 88(120) | 88(120) | 88(120) | 88(120) |
| Максимальный объем трелеваемой пачки, м ³ | | | | |

| | | | | |
|--|-------|-----|-----|-----|
| За комли | 8 | 8 | 8 | 10 |
| За вершины | 10 | 10 | – | |
| Канатоем- кость лебедки/ длина выпуска каната, м | 40/20 | – | – | – |
| Кол-во чокеровщик ов | 1 | - | - | - |
| Максимальн ое тяговое усилие лебедки, кН | 105 | – | - | – |
| Максимальн ый вылет гидроманип улятора, м | – | 8,0 | – | 8,0 |
| Максимальн ый грузоподъем ный момент, кН·м | – | 80 | – | 80 |
| Общая рабочая зона по углу поворота манипулятор а, град | – | 380 | – | 380 |
| Коэффициен т использован ия рабочего времени | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

Приведенные выше теоретические зависимости, с учетом принятых для расчета параметров, представленных в таблице 1, позволили произвести

вычислительный эксперимент производительности различных типов трелевочных тракторов в одинаковых природно-производственных условиях.

Из результатов расчета производительности различных типов трелевочных тракторов, при прочих равных условиях, был сделан вывод о том, что максимальную производительность могут показывать скиддеры, а минимальную – чокерные трелевочные тракторы. Производительность бесчокерных трелевочных тракторов несколько больше, примерно на 18%, чем у форвардеров. Полученные при вычислительном эксперименте расчетные данные не противоречат практике эксплуатации различных типов трелевочных тракторов, и наглядно отражают влияние конструкции и принципов работы их технологического оборудования на сменную производительность, при прочих равных природно-производственных условиях.

Обоснование использования бесчокерных трелевочных тракторов.

Результаты вычислительного эксперимента убедительно доказали, что бесчокерные трелевочные тракторы показывают наибольшую производительность среди всех типов трелевочных тракторов, конструктивно предназначенных для сбора лесоматериалов на пасеках поштучно.

Как было отмечено выше, скиддеры возможно эффективно использовать только в паре с ВПМ или ВТМ, в режиме валка-пакетирование. В этой связи скиддеры из дальнейшего технологического анализа будут исключены, поскольку ВТМ в настоящее время не производятся и не эксплуатируются на лесозаготовительных предприятиях России. На долю ВПМ приходится небольшая часть всей заготовленной в России древесины. С использованием ВПМ в России работают крупные и средние предприятия Сибири [53].

Также немаловажно отметить, что бесчокерный трактор вполне может заменить скиддер. Просто ему придется загружать в кониковое зажимное устройство подготовленные ВПМ пакеты не за одно рабочее движение, а за несколько. Причем, при замене скиддера на бесчокерный трелевочный трактор, он в значительно большей части случаев сможет собирать полновесные пачки – максимально возможные для данной лесосеки, а скиддер, в большей части случаев этого сделать не может.

Несмотря на то, что известных для данного варианта использования бесчокерных трелевочных тракторов аналитических зависимостей расчет производительности нет, можно уверенно утверждать, что при замене скиддера на бесчокерный трелевочный трактор их производительности будут примерно разными. Ведь большую часть рабочего времени бесчокерный трактор затрачивает на поштучный сбор лежащих на пасеке лесоматериалов, а из пакета их загружать значительно удобнее, и, соответственно, быстрее.

Если исключить из дальнейшего технологического анализа работе скиддеры, то кроме бечокерных трелевочных тракторов, остаются чокерные и форвардеры. Их особенности достаточно подробно рассмотрены выше.

Проблема эффективного использования чокерных трелевочных тракторов, в настоящее время, заключается прежде всего в том, что тяжелый ручной труд, каким является труд чокеровщика, да и вальщика леса тоже, непопулярен и дорого стоит. Сами чокерные тракторы стоят относительно не дорого, но сложно найти к ним необходимый персонал. Кроме того, чокерные тракторы неэффективно использовать на замену, например, скиддерам, поскольку в любом случаев стволы деревьев необходимо обвязывать чокерами, а делать это когда деревья лежат в виде пакета значительно сложнее, чем когда они лежат на пасеке поштучно [54, 55].

Что касается форвардеров, с учетом сказанного выше о проблемах набора персонала на валку и чокеровку, они эффективны в паре с харвестерами. Но как убедительно показывают представленные выше материалы, с харвестерами, прежде всего харвестерными головками, сейчас в России очень большие проблемы. Как, впрочем, и самими форвардерами. Это хорошо иллюстрируют данные таблицы 2, посвященной импорту лесных машин лесозаготовительными предприятиями России в период 2014-2024 гг., и построенной на ее основе столбцевой диаграммы, представленной на рисунке 18. Данные таблицы 2 получены на основании анализа открытых источников Федеральной таможенной службы за соответствующие годы.

В таблице 2 и на рисунке 18 хорошо виден провал объемов импорта лесных машин в 2020 г., вызванный пандемией Covid-19, и связанной с ней остановкой машиностроительных заводов по всему миру, и последующее очень значительное снижение импорта, связанное с введением санкционных пакетов недружественными странами против Российской Федерации.

Отключение Российской Федерации от международной платежной системы Swift, угрозы коллективного запада банковским системам дружественных стран, привели к значительному усложнению взаиморасчетов. Это, вкупе с санкциями, заставило российские власти и бизнес искать оперативный выход из сложившейся крайне сложной ситуации с обновлением парка лесных и поддержанием в работоспособном состоянии имеющейся техники.

Таблица 2.

Данные по импорту лесных машин лесозаготовительными предприятиями России за 2014-2024 гг.

| Год | Тип лесных машин | | | | | всего |
|-----|-----------------------|-----|----------|---------------------|------------|-------|
| | Гусеничные харвестеры | ВПМ | скиддеры | Колесные харвестеры | Форвардеры | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|------|------|------|
| 2014 | 48 | 46 | 70 | 146 | 196 | 506 |
| 2015 | 13 | 20 | 15 | 104 | 147 | 299 |
| 2016 | 13 | 5 | 8 | 165 | 231 | 422 |
| 2017 | 28 | 32 | 36 | 300 | 388 | 784 |
| 2018 | 22 | 27 | 24 | 295 | 383 | 751 |
| 2019 | 13 | 19 | 40 | 322 | 465 | 859 |
| 2020 | 1 | 1 | 3 | 81 | 136 | 222 |
| 2021 | 4 | 15 | 18 | 238 | 364 | 639 |
| 2022 | 1 | 2 | 12 | 24 | 57 | 96 |
| 2023 | - | - | 7 | 10 | 31 | 48 |
| 2024 | - | - | 65 | 5 | 22 | 92 |
| Итого | 143 | 167 | 298 | 1690 | 2420 | 4718 |

Поскольку ожидать в ближайшее время производства качественных харвестеров, или хотя бы харвестерных головок в России, или в дружественных странах не приходится, то очевидно, что необходимо разрабатывать новые системы машин, которые могли бы эффективно заменить наиболее распространенный в настоящее время в России машинный комплекс харвестер+форвардер. И основой данных систем машин должна быть серийно выпускаемая в дружественных странах техника. Например, в странах, входящих в экономическое объединение BRIKS.

Выше по тексту статьи показано, что лесозаготовительное производство в Российской Федерации, с точки зрения техники и технологии, стоит на достаточно сложном перепутье.

С одной стороны, до начала санкционной войны, наша страна вошла в ряд технически развитых стран мира в области лесосечных работ. Как и в большей части лесопромышленно развитых стран мира, большая часть объема заготавливаемой древесины приходится на машинную заготовку, прежде всего по сортиментной скандинавской технологии, с использованием двухмашинных комплексов харвестер+форвардер. Тяжелый и травмоопасный труд вальщиков лес и чокеровщиков все больше уходит в прошлое, в том числе и потому, что набрать персонал для такой работы крайне трудно. Если предложить за такую работу повышенную оплату труда, то это, скорее всего, сделает лесосечные работы убыточными. Особенно в виду падения спроса и закупочных цен на древесное сырье, вызванных закрытием рынков недружественных стран.

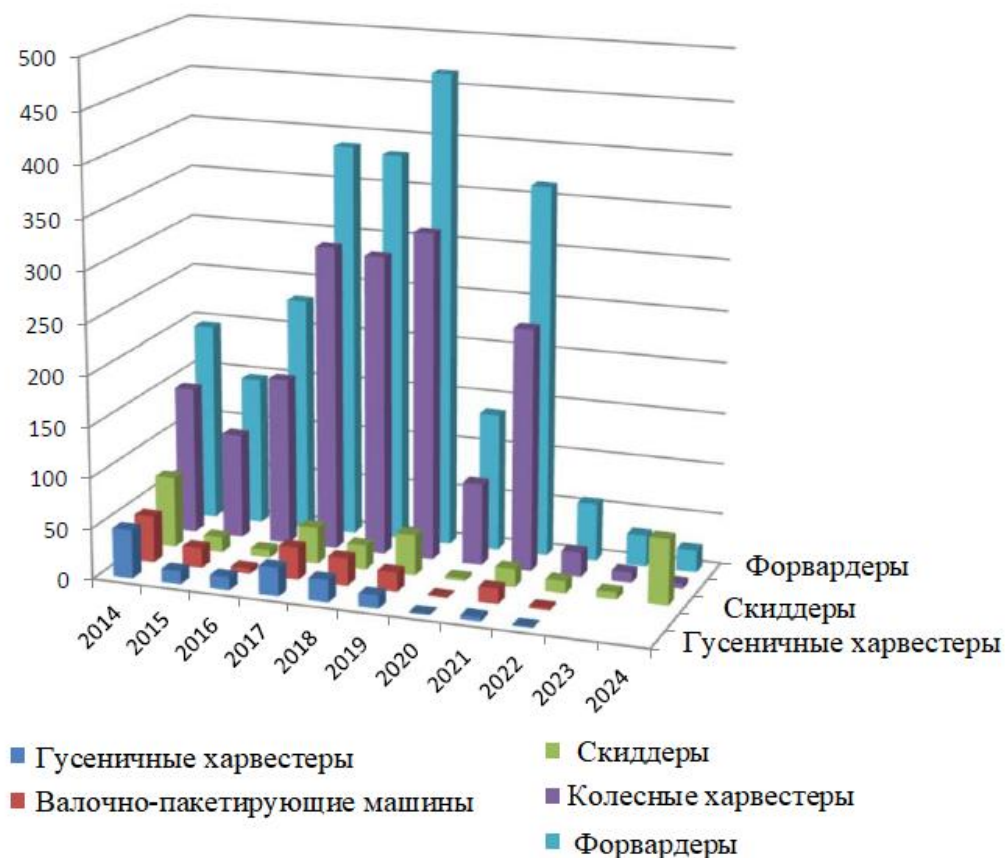


Рис. 18. Импорт лесных машин лесозаготовительными предприятиями России за 2014-2024 гг.

С другой стороны, санкции недружественных стран крайне затруднили, и сделали сильно дороже обновление парка лесных и поддержание в работоспособном состоянии имеющейся техники. А отечественное лесное машиностроение было практически уничтожено еще в начале двухтысячных годов.

В Индии, Китае, Бразилии, Объединенных арабских эмиратах, Египте, Иране, Эфиопии, входящих в настоящее время в экономическое объединение BRICS лесозаготовительную технику не производили и не производят. Объединенным арабским эмиратам, Египту, Ирану, Эфиопии она, в силу природных условий практически и не нужна. Индия, Китай и Россия закупали ее в странах коллективного запада.

Большой удачей является то, что в Южноафриканской республике (ЮАР) лесозаготовительная техника производится на тракторных базах известной машиностроительной компании Bell, наиболее известной в мире как производитель одноименных шарнирно-сочлененных карьерных самосвалов (рисунок 19).



Рис. 19. Шарнирно-сочлененный карьерный самосвал (основная продукция машиностроительной компании Bell (ЮАР))

Но помимо колесной техники, машиностроительная компания Bell производит и гусеничные тракторы, которые достаточно эффективно служат базой для лесозаготовительных (валочных) машин (рисунки 20 и 21).

Именно для работы в паре с валочной машиной, представленной на рисунках 20 и 21 наилучшим образом подойдет бесчokerный трелевочный трактор.

Благодаря отсутствию гидроманипулятора машине нет необходимости иметь большой вес – нет опрокидывающего момента.

Валочная машина, представленная на рисунках 4.3 и 4.4 имеет широкие гусеницы и небольшой вес. Благодаря этому она имеет относительно низкую стоимость, хорошую проходимость даже на слабонесущих почвогрунтах в теплое время года, а также на склонах, и небольшое давление на опорную поверхность. Последнее обстоятельство говорит о ее хорошей экологической эффективности, поскольку она очень щадяще взаимодействует с почвогрунтами. Небольшие габариты позволяют ей успешно работать не только на сплошных, но и на выборочных рубках леса.



Рис. 20. Валочная машина Bell, вид сбоку

Благодаря тому, что данная валочная машина оснащена ЗСУ направленной валки, в отличие от известных ВМ-4 и ВМ-4А, она может приподнять комлевую часть дерева после его валки, перетащить это дерево за собой, если потребуется работать в режиме валка-пакетирование, и может даже погрузить комлевую часть дерева в кониковый зажим трактора. В последнем случае трелевочному трактору не нужен будет гидроманипулятор. А это означает снижение его стоимости, массы, коэффициента тары, повышение полезной грузоподъемности, снижение удельной энергоемкости и стоимости кубокилометра стрелованной древесины.

Рассмотрим возможные технологические схемы разработки лесосек системой машин, включающей валочную машину Bell + бесчokerный трелевочный трактор.

Вариант 1 - бесчokerный трелевочный трактор без гидроманипулятора.

Схемы работы системы машин по первому варианту представлены на рисунках 22 и 23.

На рисунке 22 показана схема разработки валочной машиной Bell. Из нее следует, что после рубки пасечного трелевочного волока машина движется по полупасекам, валит деревья, и укладывает их под углом к волоку, комлем в сторону волока. То есть пасека рубится в две ленты.

На рисунке 23 показана схема погрузки валочной машиной Bell комлевой части деревьев в кониковый зажим бесчokerного трелевочного трактора.



Рис. 21. Валочная машина Bell, вид спереди на захватно-срезающее устройство (ЗСУ)

Из нее следует, что после окончания разработки ленты, или всей пасаки, на нее задним ходом заезжает бесчokerный трелевочный трактор, и при помощи валочной машины начинает собирать полновесную пачку деревьев. Также как и при обычном режиме работы, трелевочный трактор останавливается на технологических стоянках, постепенно приближаясь к магистральному трелевочному волоку. Только деревья в кониковый зажим укладываются не при помощи гидроманипулятора трактора, а валочной машиной.

При таком варианте работы гидроманипулятор трактору становится ненужным, и он может выглядеть так, как показано на рисунке 24. Достоинства такого технического решения перечислены выше.

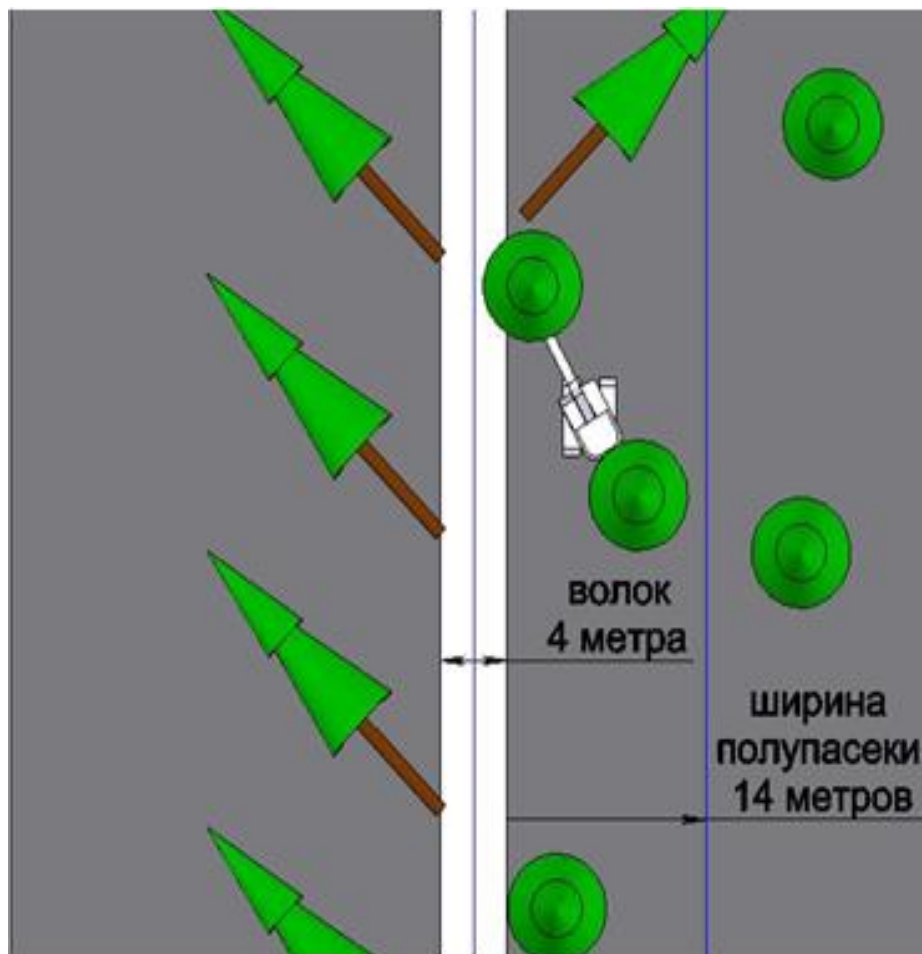


Рис. 22. Схема разработки пасеки валочной машиной Bell

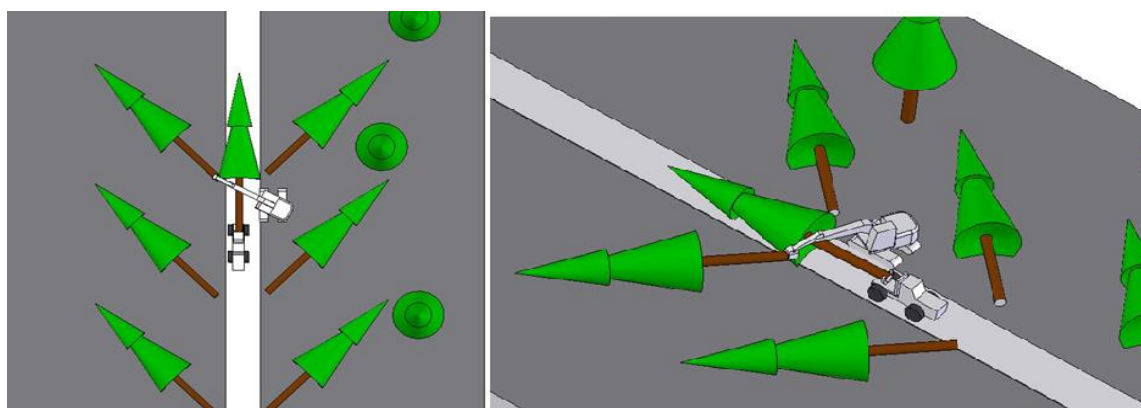


Рис. 23. Схема погрузки валочной машиной Bell комлевой части деревьев в кониковый зажим бесчокерного трелевочного трактора

Причем, в случае необходимости, валочная машина, производя загрузку трелевочного трактора, может производить одновременную подсортировку деревьев, например, сначала хвойные, затем лиственные. Это будет полезно, если на верхнем складе их предпочтительно раскладывать в разные штабели.



Рис. 24. Концепт бесчокерного трелевочного трактора на базе шасси самосвала Bell B25E (производства ЮАР) без гидроманипулятора

Конечно, работа валочной работы при совмещении основной ее технологической операции – валки деревьев, с погрузкой трелевочных тракторов, а особенно с подсортировкой деревьев, существенно уменьшит ее производительность. Но зато это позволит повысить производительность на трелевке – наименее производительной технологической операции основных лесосечных работ, обычно лимитирующей производительность всего машинного комплекса.

Вариант 2 - бесчокерный трелевочный трактор с гидроманипулятором.

При таком варианте разработка лесосеки для оператора валочной машины упрощается. Ему уже необязательно укладывать поваленные деревья строго комлями под углом к волоку, хотя желательно. Становится возможной и укладка поваленных деревьев вдоль оси пасечного трелевочного волока.

При этом бесчокерный трелевочный трактор в своем обычном режиме, двигаясь к магистральному трелевочному волоку, собирает полную пачку при помощи штатного гидроманипулятора. Этот вариант также вполне позволяет собирать пачку с предварительной подсортировкой деревьев, рисунок 25.

Ни рисунке 25 показана схема разработки пасек валочной машиной и бесчокерным трелевочным трактором с гидроманипулятором, с подсортировкой деревьев при наборе пачки трактором. Из нее следует, что валочная машина в штатном режиме валит деревья на полупасаках (на рисунке слева). Находясь на требуемом по технике безопасности расстоянии (70 м) бесчокерный трелевочный трактор собирает деревья на ранее разработанной валочной машиной пасеке (на рисунке справа), собирая, например, сначала хвойные, а затем лиственные.

Вариант подсортировки деревьев при сборе трелеваемых пачек и их отдельной укладки в штабели на верхнем складе обоснован возможностью упрощения их последующей обработки и производства из них сортиментов (т.е. последующей очистки деревьев от сучьев и раскряжевки).

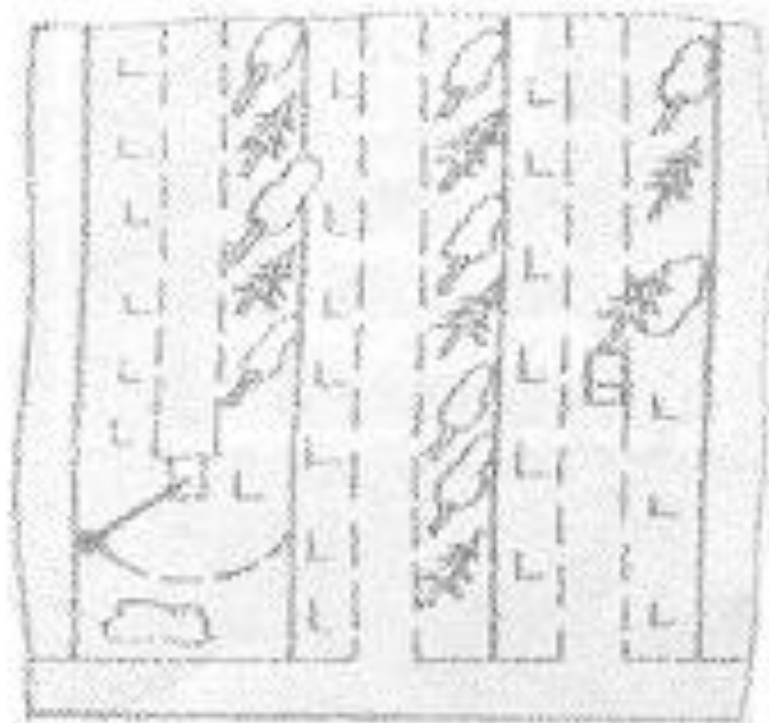


Рис. 25. Схема разработки пашек валочной машиной и бесчokerным трелевочным трактором с гидроманипулятором, с подсортировкой деревьев при наборе пачки трактором

Вывозить из лесосеки деревья невыгодно ввиду очень малого коэффициента полнодревесности воза. Вывозить из лесосеки хлысты сложно, поскольку действующие правила дорожного движения запрещают выезд на дороги общего пользования длинномерных хлыстовозов с роспусками, а строить собственные лесные дороги, при наличии подходящих дорог общего пользования, экономически невыгодно. Следовательно, надо вывозить из лесосеки сортименты.

При отсутствии харвестера, и харвестерной головки, с условием исключения тяжелого и травмоопасного ручного труда на механизированной обрезке сучьев и раскряжевке, единственным доступным вариантом для получения сортиментов остается импульсный процессор (самоходная сучкорезно-раскряжевочная машина), внешний вид которого представлен на рисунке 26.

Представленный на рисунке 26 навесной импульсный процессор является активным технологическим оборудованием, устанавливаемым на любой подходящий по массе и мощности трактор. Благодаря отсутствию вальцовой протяжки он не требует большой мощности привода, имеет небольшую массу, не нуждается в периодической поверке и калибровке [56].



Рис. 26. Навесной импульсный процессор

Конечно, навесной импульсный процессор не может сравниться по производительности с вальцовым процессором [57], являющимся, по сути, утяжеленной харвестерной головкой (рисунок 27). Но, как и с обычными харвестерными головками в настоящее время в России есть большие проблемы, также связанные с санкциями.

Также необходимо отметить, что, если лесозаготовительное предприятие будет проводить лесосечные работы по сортиментной скандинавской технологии – с производством сортиментов на пасеках, бесчокерный трелёвочный трактор достаточно просто может быть трансформирован в форвардер, за счет его агрегатирования полуприцепом с кониками для сортиментов [58], как, например, трелёвочный трактор ТБ-1МА-16 (рисунок 28).



Рис. 27. Вальцовый процессорный агрегат на гусеничном экскаваторе

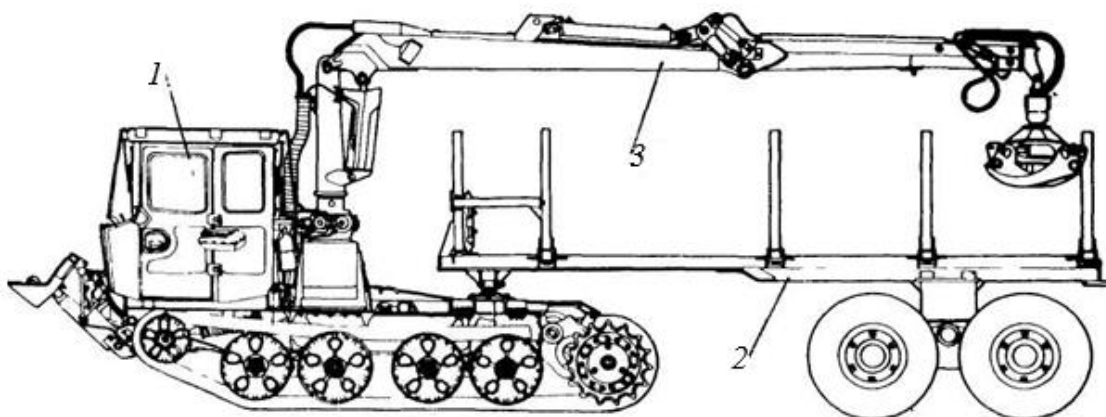


Рис. 28. Трелевочный трактор ТБ-1МА-16:

1 – кабина; 2 – полуприцеп с кониками для сортиментов; 3 – гидроманипулятор с грейферным захватом для сортиментов

Кроме этого, при переоборудовании бесчokerного трелевочного трактора в форвардер, помимо сбора и трелевки сортиментов, он может быть эффективно использован для укладки/сбора сборно-разборных покрытий на лесовозных усах и трелевочных волоках, в случае наличия такой необходимости [59-63].

А при использовании технического решения [64], заключающегося в установке кресла оператора и пульта управления гидроманипулятором на стреле гидроманипулятора (рисунок 29), бесчokerный трелевочный трактор может быть эффективно использован в качестве погрузчика.

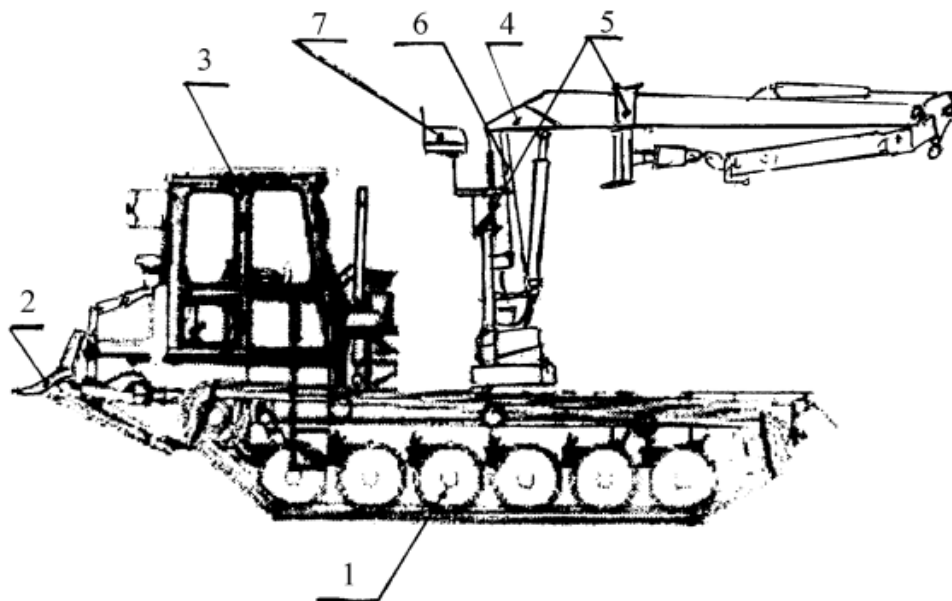


Рис. 29. Бесчokerный трелевочный трактор, модернизированный для погрузки лесоматериалов на лесовозный транспорт [64]

Представленный на рисунке 29 бесчokerный трелевочный включает ходовую часть 1, толкатель 2, кабину 3 и гидроманипулятор 4. Гидроманипулятор 4 дополнительно снабжен дублируемой системой управления 5 и размещенным на стреле 6 манипулятора дополнительным местом 7 для оператора.

Такой трактор-погрузчик работает следующим образом. Оператор, находясь в кабине 3, с помощью гидроманипулятора 4 осуществляет захват и трелевку древесины. Погрузка доставленной на верхний склад древесины осуществляется этим же трелевочным устройством, при этом оператор находится в размещенном на стреле 6 манипулятора дополнительном месте 7 и выполняет погрузку с помощью дублируемой системы управления 5.

Заключение. На основании представленных в статье сведений можно сформулировать следующие выводы:

С учетом того, что механизированная заготовка древесины становится все менее и менее популярной в нашей стране, рассмотрены наиболее перспективные лесозаготовительные машины для современных политико-экономических условий Российской Федерации.

Установлено, что рынок лесных машин в России за неполную четверть XXI века претерпел достаточно существенные изменения. На смену хлыстовой технологии заготовки пришла сортиментная, причем, в основном, скандинавская. Лесозаготовительные машины отечественного производства ушли практически в прошлое. Им на смену сначала пришли гусеничные харвестеры, затем их существенно потеснили колесные. На российском рынке начали доминировать

европейские и американские компании лесного машиностроения, которые за пару десятилетий достаточно прочно заняли свои рыночные ниши, приобрели постоянных клиентов. Начавшаяся в 2022 г санкционная война привела к новым трансформациям российского рынка лесных машин. Добровольный уход большинства привычных российским лесозаготовителям иностранных производителей лесной техники из недружественных стран, помимо развития параллельного импорта, и связанного с ним существенного удорожания импортных колесных лесных машин, открыл российский рынок для производителей из дружественных стран, прежде всего, из Китая.

В кооперации с отечественными компаниями на российском рынке, в настоящее время, все большую нишу отвоевывают себе более бюджетные гусеничные харвестеры на экскаваторной базе стандартной или специальной компоновки.

Показано, что, если допустить возможность отказа, в современных условиях от харвестерных агрегатов (головок), и замены их на валочные головки, которые намного более просты по устройству, и выпуск которых можно намного проще и быстрее освоить отечественным машиностроительным заводам, бесчокерные трелевочные тракторы, в паре с легкими валочными машинами на экскаваторной базе становятся наиболее предпочтительным вариантом.

В результате выполнения вычислительного эксперимента и составления расчетных графиков производительности различных типов трелевочных тракторов, при прочих равных условиях, максимальную производительность могут показывать скиддеры, а минимальную – чокерные трелевочные тракторы. Производительность бесчокерных трелевочных тракторов несколько больше, примерно на 18%, чем у форвардеров. Полученные при вычислительном эксперименте расчетные данные не противоречат практике эксплуатации различных типов трелевочных тракторов, и наглядно отражают влияние конструкции и принципов работы их технологического оборудования на сменную производительность, при прочих равных природно-производственных условиях.

Установлено, что бесчокерные трелевочные тракторы можно обоснованно рекомендовать в качестве наиболее перспективных в настоящее время средств трелевки для российских лесозаготовительных предприятий, поскольку они позволяют механизировать тяжелый ручной труд на лесосечных работах на современном уровне, не сложны в производстве, имеют хорошие показатели производительности.

В паре с валочной машиной Bell, оснащенной ЗСУ направленной валки, бесчокерные трелевочные тракторы могут не оснащаться гидроманипуляторами. Это снизит их стоимость, и коэффициент тары, а также удельный расход топлива и себестоимость трелевки кубокилометра древесины.

Бесчokerные трелевочные тракторы могут эффективнее других типов трелевочных тракторов, используемых при хлыстовой трелевке, работать с подсортировкой собираемой и трелюемой древесины, если в это целесообразно.

Бесчokerные трелевочные тракторы могут эффективно заменять скиддеры.

Бесчokerные трелевочные тракторы могут трансформироваться в форвардеры, путем их агрегатирования полуприцепом с кониками для сортиментов. При таком варианте они могут также эффективно использоваться для укладки/сбора сборно-разборных покрытий на лесовозных усах и трелевочных волоках, в случае наличия такой необходимости.

При использовании технического решения, заключающегося в установке кресла оператора и пульта управления гидроманипулятором на стреле гидроманипулятора, бесчokerный трелевочный трактор может быть эффективно использован в качестве погрузчика

В итоге можно утверждать, что бесчokerные трелевочные тракторы являются наиболее универсальными из всех типов трелевочных тракторов, и именно такие тракторы, в первую очередь, можно рекомендовать для внедрения на лесопромышленных предприятиях России.

Литература

1. Должиков И.С., Курочкин П.А., Хитров Е.Г., Дьяченко В.М., Михайлова Л.М., Григорьев И.В., Ревяко С.И. Интеллектуальный анализ параметров и классификация лесных и сельскохозяйственных колесных тракторов // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 2 (62). С. 87-94.
2. Анисимов Г.М., Григорьев И.В., Жукова А.И. Экологическая эффективность трелевочных тракторов. СПб.: Изд-во СПб ГЛТА, 2006. - 352 с.
3. Галактионов О.Н., Гаспарян Г.Д., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Куницкая О.А., Лапшин С.О., Перский С.Н., Суханов Ю.В., Сыромаха С.М., Шегельман И.Р. Бензиномоторные пилы. Устройство и эксплуатация. Учебник. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2017. - 206 с.
4. Пятакин В.И. Григорьев И.В. Редькин А.К., и др. Технология и машины лесосечных работ. СПб.: ГПУ, 2012. - 362 с.
5. Григорьев И.В., Жукова А.И., Григорьева О.И., Иванов А.В. Средооадающие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации. СПб.: Из-во ЛТА, 2008. 176 с.
6. Григорьев И.В. Снижение отрицательного воздействия на почву колесных трелевочных тракторов обоснованием режимов их движения и технологического оборудования. СПб.: Из-во ЛТА, 2006. 236 с.
7. Григорьева О.И., Макуев В.А., Барышникова Е.В., Бурмистрова О.Н., Швецова В.В., Григорьев И.В., Иванов В.А. Перспективы импортозамещения систем машин

- для искусственного лесовосстановления // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 3 (55). С. 78-84.
8. Должиков И.С., Григорьев И.В. Перспективы использования тракторов малого класса тяги для импортозамещения в области лесного машиностроения РФ // Актуальные проблемы лесного хозяйства и деревопереработки. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией Ю.М. Казакова [и др.]. Казань, 2023. С. 48-51.
 9. Должиков И.С., Дмитриев А.С., Григорьев И.В., Михайлова Л.М., Курочкин П.А. Проблемы безопасного использования мини-тракторов и сельскохозяйственных тракторов на малообъемных лесозаготовках // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2024. № 7. С. 25-34.
 10. Курочкин П.А., Григорьев И.В., Григорьева О.И. Разработка новых методических подходов к проектированию специальной техники и оборудования с учетом рисков в области безопасности труда и влияния человеческого фактора (на примере инвестиционных проектов по освоению лесов) // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 5. С. 20-28.
 11. Куницкая О. А., Чернуцкий Н. А., Дербин М. В., Рудов С. Е., Григорьев И. В., Григорьева О. И. Машинная заготовка древесины по скандинавской технологии. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. 2019. - 192 с.
 12. Григорьев, И. В. Влияние способа трелевки на эксплуатационную эффективность трелевочного трактора: дис. ... канд. техн. наук/И. В. Григорьев. -Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2000. -144 с
 13. Лупанова Е.М. Гужевая транспортировка судостроительной древесины в эпоху парусного флота в России // Via in Tempore. История. Политология. 2021. Т. 48. № 3. С. 653-660.
 14. Фролов И.С., Григорьев И.В., Тихонов И.И., Кухарева Д.С. Рациональный раскрой хлыстов с большей долей НКД // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. материалы Международной научно-технической конференции. Министерство образования и науки РФ; Правительство Вологодской области; Департамент лесного комплекса Вологодской области; Вологодский государственный университет. 2016. С. 92-94.
 15. Хитров Е.Г., И.В., Хахина А.М.Повышение эффективности трелевки обоснованием показателей работы лесных машин при оперативном контроле свойств почвогрунта Научное издание / Санкт-Петербург, 2015. - 146с
 16. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Эксплуатация чокерных трелевочников // Дерево.ru, 2013. № 6. С. 92-97
 17. Григорьев И.В., Цыгарова М.В., Жукова А.И., Лепилин Д.В., Есин Г.Ю. Планирование эксперимента при исследовании взаимодействия трелевочной

- системы с волоком // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2. С. 47-54.
18. Григорьев И.В., Тихонов И.И., Куницкая О.А. Технология и машины лесосечных работ: учеб. пособие. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. - 132 с.
 19. Гончаров А.В., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьев М.Ф. Основные ошибки вальщиков, приводящие к выходу из строя бензиномоторных пил // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 10. С. 17-21.
 20. Рудов С.Е., Вернер Н.Н. Анализ эргонасыщенности транспортных лесных машин // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Н.С. Захаров. 2016. С. 274-278.
 21. Григорьев И.В., Григорьева О.И., Вернер Н.Н. Системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 5 (31). С. 438-443.
 22. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Лесозаготовительные машины на экскаваторной базе // эффективности лесного комплекса. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 45-46.
 23. Мохирев А.П., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьева О.И., Войнаш С.А. Совершенствование конструкции полноповоротных лесозаготовительных машин на экскаваторных базах // Строительные и дорожные машины. 2018. № 6. С. 43-49.
 24. Ильюшенко Д.А., Песков В.Б., Григорьев И.В. Современные лесозаготовительные машины: анализ взаимосвязей их характеристик // Февральские чтения. Сборник материалов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2015 году. 2016. С. 127-130.
 25. 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-технической конференции. 2016. С. 124-127.
 26. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Эффективность лесопользования в России // Энергия: экономика, техника, экология. 2016. № 5. С. 24-30.
 27. Дмитриева М.Н., Григорьев И.В., Дмитриева И.Н., Степанищева М.В. Анализ общих закономерностей влияния стажа работы оператора на производительность технологического процесса производства сортиментов с использованием харвестера // Системы. Технологии. 2015. № 1 (25). С. 157-161.
 28. Тамби А.А., Григорьев И.В. Повышение эффективности работы харвестера путем исключения потерь времени на подготовку режущего инструмента // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 4. С. 12-16.

29. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Давтян А.Б. Современное технологическое оборудование валочных и харвестерных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 7. С. 9-16.
30. Рудов С.Е., Григорьев И.В. Пути повышения эффективности работы систем машин для сортиментной заготовки древесины // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 168-169.
31. Григорьева О.И., Савченкова В.А., Григорьев И.В., Должиков И.С., Лоренц А.С., Гринько О.И. Новые технические и технологические решения в сфере тушения лесных пожаров // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2024. Т. 28. № 4. С. 66-77.
32. Богданов А.С., Григорьева О.И. Обучение и проверка знаний по охране труда операторов лесных машин // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 2. С. 31-36.
33. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Рудов С.Е., Григорьева О.И., Войнаш С.А. Лучшие практики подготовки операторов лесных машин // Строительные и дорожные машины. 2020. № 10. С. 42-48.
34. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Практика подготовки операторов лесных машин в России // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ответственные редакторы Ю.А. Безруких, Е.В. Мельникова. 2017. С. 182-185.
35. Григорьев И.В. Сервисные контракты для современных лесных машин // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Пятой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 26-28.
36. Григорьева О.И. Перспективные направления повышения эффективности проведения рубок ухода за лесом // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 56-58.
37. Григорьева О.И., Нгуен Ф.З. Перспективная техника для проведения рубок ухода за лесом // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. материалы научно-технической конференции. 2016. С. 112-114.
38. Скобцов И.Г., Куницкая О.А. Разработка устройств дополнительной защиты оператора лесной машины // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 1. С. 8-24.
39. 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.

40. 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.
41. 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. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Ответственные редакторы Ю.А. Безруких, Е.В. Мельникова. 2020. С. 143-146.
42. Григорьев И.В., Куницкая О.А. Оптимальный выбор лесовозного автопоезда // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. ред. Н.С. Захаров. 2019. С. 74-78.
43. Григорьев И.В., Зорин М.В. Современный программный комплекс для повышения безопасности, надёжности и энергоэффективности автолесовозов // Вестник АГАТУ. № 4 (4). С. 65-72.
44. 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.
45. 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.
46. Локштанов Б.М., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И., Бачериков И.В., Орлов В.В. Многооперационная машина для разработки ветровальных лесосек. Патент на полезную модель RU 131942 U1, 10.09.2013. Заявка № 2013128011/13 от 20.06.2013.
47. Локштанов Б.М., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И., Бачериков И.В., Орлов В.В. Способ разработки ветровальных лесосек. Патент на изобретение RU 2533925 C1, 27.11.2014. Заявка № 2013128008/13 от 20.06.2013.
48. Григорьев И.В. Направления совершенствования харвестерных головок // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Шестой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2020. С. 45-47.
49. Каляшов В.А., Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьева О.И., Стородубцева Т.Н. Исследование процесса образования колеи и ее устойчивости при работе лесных машин и трелевочных систем на склонах массива оттаивающего почвогрунта // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. № 2 (42). С. 121-132.

50. Каляшов В.А., Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьева О.И. Моделирование процесса образования колеи в массиве оттаивающего почвогрунта на склонах при динамическом взаимодействии с колесной лесной машиной // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 1 (53). С. 154-162.
51. Цыгарова М.В. К вопросу экономической эффективности применения харвестеров на различных видах рубок // Разработка научных основ и практических рекомендаций по переводу лесосырьевой базы республики коми на инновационную интенсивную модель расширенного воспроизводства. Сборник материалов научно-практической конференции по научной теме института. 2016. С. 69-78.
52. 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.
53. Григорьев И.В. Характеристики микропрофилей трелевочных волоков, определяющие динамическое уплотнение почвы // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005. № 11. С. 5-8.
54. Григорьев И.В., Жукова А.И. Технологические возможности повышения эффективности сплошных рубок главного пользования лесом // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2004. № 171. С. 18-25.
55. Лой В.Н., Клоков Д.В., Асмоловский М.К. Колесная трелевочная машина "беларус" с шарнирно-сочлененной рамой и канатно-чокерным технологическим оборудованием // Лес, наука, молодежь. Материалы Международной научной конференции молодых ученых. Парламент собрания союза России и Беларуси и др., 1999. С. 132-133.
56. Григорьев И.В. Калибровка харвестерных головок // Наука и инновации: векторы развития. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Сборник научных статей. В 2-х книгах. 2018. С. 78-82.
57. Серяков С.А., Куницкая О.А. Перспективы импульсных процессорных головок на лесозаготовках // Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации. Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 62-64.
58. Григорьев И.В., Чураков А.А. Совершенствование конструкции активного полуприцепа форвардера на базе сельскохозяйственного колесного трактора // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. ред. Н. С. Захаров. 2018. С. 84-88.
59. Григорьев И.В., Зорин М.В., Григорьев Г.В., Рудов С.Е., Швецова В.В., Калита Г.А. Анализ способов укрепления временных транспортных путей для трелевки и вывозки древесины // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 2. С. 10-29.

60. Зорин М.В., Григорьев И.В., Григорьева О.И. Безопасность и охрана труда при строительстве временных лесных дорог и технологических коридоров из пластиковых сборно-разборных покрытий // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 2. С. 37-52.
61. Зорин М.В., Мануковский А.Ю., Ефремов И.В. Эколого-экономическая оценка строительства временных лесных дорог и технологических коридоров из сборно-разборных пластиковых конструкций // Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС(Я) М. Е. Николаева (Николаевские чтения). 2022. С. 664-672.
62. Зорин М.В., Григорьев И.В. История и перспективы развития сборно-разборных покрытий для лесных дорог и технологических коридоров // Вестник АГАТУ. 2022. № 3 (7). С. 121-138.
63. Григорьев И.В., Мануковский А.Ю., Зорин М.В. Энерго-ресурсосберегающие технологии строительства лесных дорог // Эколого-ресурсосберегающие технологии в науке и технике. материалы Всероссийской научно-технической конференции. Воронеж, 2021. С. 54-59.
64. Тихонов И.И., Григорьев И.В., Жукова А.И. Трелевочное устройство. Патент на полезную модель RU 74755 U1, 20.07.2008. Заявка № 2008110363/22 от 20.03.2008.

© Помигуева А.И., Куницкая О.А., Швецов А.С., Должиков И.С., Курочкин П.А., 2024