

УДК 630*375

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВ ТРЕЛЕВКИ
НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ****Каляшов Виталий Анатольевич***кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, vit832@yandex.ru***Григорьев Игорь Владиславович***доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия, silver73@inbox.ru***Григорьева Ольга Ивановна***кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия, grigoreva_o@list.ru*

Аннотация. Трелевка является самой энергоемкой и экологически вредной операцией лесосечных работ, лесные экосистемы на горных склонах являются наиболее экологически ранимыми. В статье выполнен сравнительный анализ видов трелевки на склонах гор и сопок. Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

Ключевые слова: лесозаготовки, горные леса, леса на склонах, трелевка, канатные установки.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF TYPES OF SKIDDING
ON MOUNTAIN SLOPES****Kalyashov Vitalij A.***Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, vit832@yandex.ru***Grigorev Igor V.***Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia, silver73@inbox.ru***Grigoreva Olga I.***Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia, grigoreva_o@list.ru*

Abstract. Skidding is the most energy-consuming and environmentally harmful operation of forestry work, and forest ecosystems on mountain slopes are the most ecologically vulnerable. The article provides a comparative analysis of skidding types on mountain and hill slopes. The work was performed within the framework of the scientific school "Innovative developments in the field of logging industry and forestry" of the Arctic State Agrotechnological University. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

Keywords: logging, mountain forests, slope forests, skidding, rope units.

Введение. Известно, что виды трелевки различают по виду оборудования, применяемого для этой операции. Принципиально выделяют четыре вида трелевки – гужевою, тракторную, канатную, и воздушную. Способы трелевки различают по способам крепления лесоматериалов к трелевочному (транспортному) средству – в не погруженном положении (волоком), полупогруженном положении (чокерный и бесчокерный тракторы, валочно-трелевочная машина), полуподвешенном положении (трактор с пачковым захватом (скиддер), полуподвесная канатная установка), полностью погруженном положении (сортиментоподборщик (форвардер)), полностью подвешенном положении (вертолет, аэростат, подвесная канатная установка) [1].

В различных природно-производственных условиях различные виды и способы трелевки показывают разную эффективность [2]. В условиях горных лесосек, помимо производительности, удельного расхода топлива, крайне важным становится воздействие трелевочных систем на почвогрунты лесосек, поскольку даже при не очень значительных повреждениях некоторые участки становятся очагами водной (реже ветровой) эрозии, а также безопасность персонала при выполнении работ.

Материалы и методы исследования. Материалы данной статьи получены путем анализа данных о современных системах машин и технологических процессах лесозаготовок в горной местности.

Результаты. Для Дальнего Востока Российской Федерации проблема эффективного освоения лесов на склонах гор и сопков достаточно актуальна. Как известно, рельефные условия арендной базы лесозаготовительного предприятия принято классифицировать в зависимости от крутизны склонов на четыре категории: пологие – до 10° ; покатые – от 11° до 20° ; крутые – от 21° до 30° ; очень крутые – свыше 30° . На пологих склонах работа обычных лесных машин возможна без ограничений. На покатых – с ограничениями. На крутых и очень крутых склонах работа обычных лесных машин невозможна [3].

При этом согласно известным статистическим данным, по субъектам Дальнего Востока Российской Федерации, площадь лесного фонда на крутых и очень крутых склонах составляет [4]:

- Хабаровский край - 14 818,94 тыс. га (29,1%).
- Приморский край - 3 548,44 тыс. га (31,2%).
- Амурская область - 6 977,43 тыс. га (30,8%).
- Камчатский край - 4 052,03 тыс. га (45%).
- Сахалинская область - 2 152,6 тыс. га (39%).

- Республика Саха (Якутия) - 50 071,62 тыс. га (35%).
- Еврейская АО - 495,51 тыс. га (31,7%).

Всего по Дальнему Востоку Российской Федерации, площадь лесного фонда на крутых и очень крутых склонах составляет 82116,57 тыс. га – немногим менее 10% от общей площади лесного фонда Российской Федерации (766600 тыс. га). Причем для субъектов Дальнего Востока Российской Федерации процент площади на крутых и очень крутых склонах достаточно сильно значим, и составляет от 29,1 до 45%. Это означает, что выбор оптимальных видов трелевки для работы в горных лесах является важной и актуальной задачей.

При планировании схемы освоения лесосеки достаточно важную роль играет не только уклон и протяженность склона, но и форма рельефа, которую принято подразделять на длинный склон, холмистый склон с гребнями, раздробленный склон (рисунки 1-3).

Согласно действующим Правилам заготовки древесины, в горных лесах направление рубки устанавливается вниз по склону, а рубка в пределах лесосеки ведется вверх по склону. При трелевке древесины канатными установками и летательными аппаратами допускается размещение лесосек длинной стороной вдоль склона с направлением рубки против преобладающих ветров.



Рис.1. Длинный склон



Рис. 2. Холмистый склон с гребнями

Также по действующим Правилам заготовки древесины на крутых и очень крутых склонах ширина и площадь лесосек уменьшаются на 20-30%, в зависимости от состава лесных насаждений по преобладающим породам.



Рис. 3. Раздробленный склон

Традиционно валка деревьев, и другие рабочие операции (обрезка сучьев, раскряжевка), при необходимости, в местностях неудобных для освоения машинами выполняются вальщиками леса механизированным способом. Но труд вальщика леса и на равнине достаточно тяжел и опасен, даже при самом современном оснащении [5]. При работе на склонах, особенно крутых и очень крутых, тяжесть и опасность труда повышаются кратно. Кроме этого, при механизированной валке деревьев на крутых и очень крутых склонах, согласно правилам техники безопасности, приходится оставлять очень высокие пни (рисунок 4), что приводит к очень существенным потерям деловой древесины комлевой части ствола.

Также при механизированной валке деревьев на склонах снижается допустимая для работы скорость ветра – до 8,5 м/с, против 11 м/с на равнине, увеличивается зона безопасности – до 60 м, против 50 м на равнине, а при углах уклона более 15° опасная зона распространяется вдоль склона до самой его подошвы, и эта зона должна быть обозначена знаками. При работе на крутых и очень крутых склонах вальщик леса должен работать с помощником в обязательном порядке [6].

Правда в настоящее время, как и в целом на лесозаготовительных предприятиях Российской Федерации, доля заготовленной механизированным способом древесины на склонах неуклонно снижается, и на смену механизированной заготовке приходит машинная.

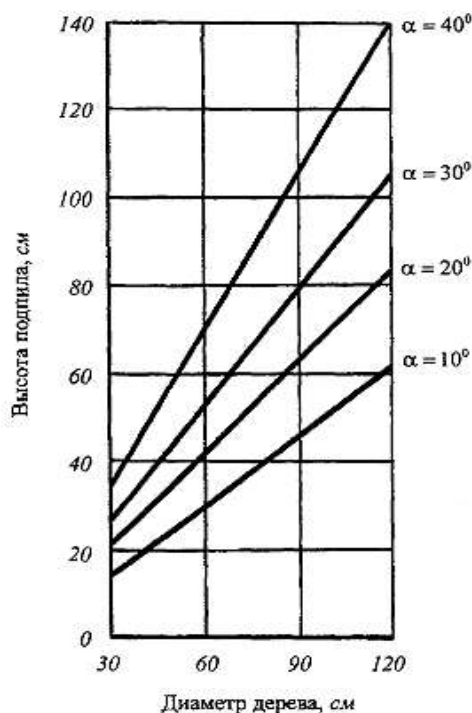


Рис. 4. Ограничение валки деревьев на склоне по подпилу (спиливанию) в зависимости от крутизны склона и диаметра дерева [7]

С точки зрения рассматриваемой в статье темы, трелевка в условиях крутых и очень крутых склонов возможна по следующим основным вариантам:

- Обычной техникой по нарезанным бульдозером террасам.
- Летательными аппаратами (легче воздуха / тяжелее воздуха).
- Канатными трелевочными установками.
- Машинами с интегрированными лебедками.
- Машинами, в паре со специальными самоходными лебедками.

То есть, следует рассмотреть использование трех вариантов тракторной трелевки, воздушную и канатную трелевки.

Один из самых старых, но дорогих и экологических вредных вариантов – нарезка бульдозером террас под трелевочные волокна и технологические коридоры, по которым будут перемещаться обычные трелевочные тракторы, желательны гусеничные, поскольку они обладают большей устойчивостью на склонах.

Такой вариант, очевидно, не является оптимальным, поскольку требует очень большого объема подготовительных работ, и будет наносить большой экологический ущерб. Хотя если в дальнейшем на осваиваемом горном склоне планируется искусственное лесовосстановление в виде создания лесных культур на террасах, он может быть использован [8]. Его основным преимуществом является возможность использования стандартной системы машин, работающей на равнинной местности.

Использование летательных аппаратов легче воздуха (аэростатов) является одним из наиболее предпочтительных вариантов, с точки зрения экологического воздействия лесосечных работ. Такие варианты для различных вариантов рельефа (рисунки 5-7) разработаны учеными Тихоокеанского государственного университета [9-12]. Однако, к настоящему времени, аэростаты не получили распространения на лесосечных работах ни в России, ни в мире. По всей видимости для их широкого внедрения требуется провести еще ряд масштабных НИОКР.

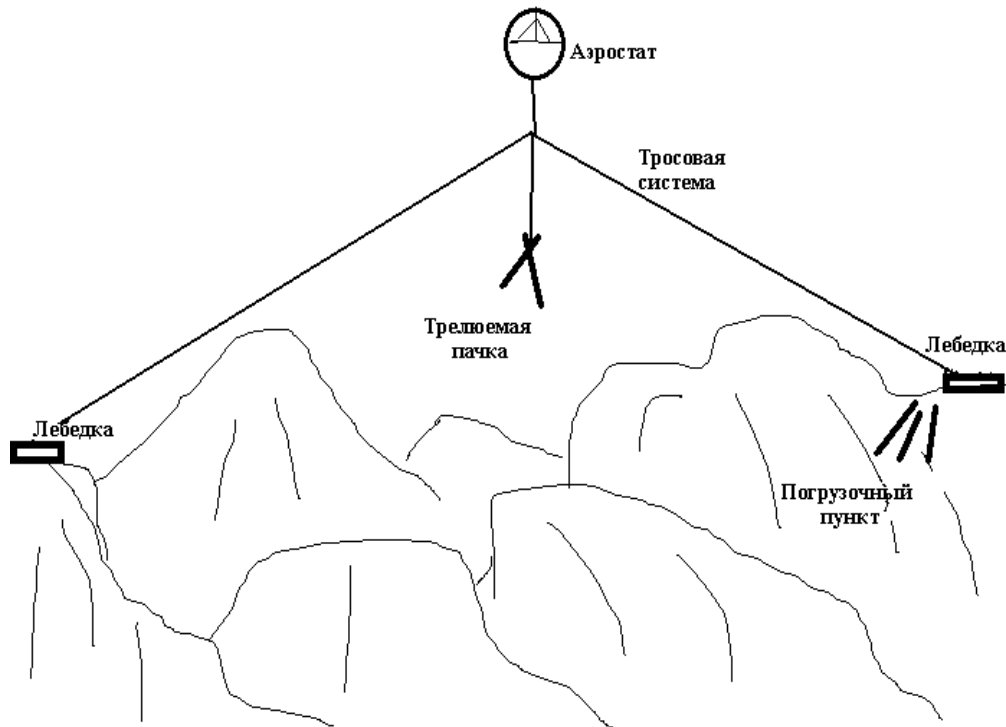


Рис. 5. Трелевка аэростатом в условиях холмистого склона с гребнями

Использование вертолетов для трелевки в горной местности достаточно хорошо известно [13]. Такой вид трелевки также может быть признан наиболее экологически безвредным, наряду с аэростатами (не считая шума и выхлопных газов от двигателя). Но, как показывают результаты анализа информации в сети Интернет, а также интервью руководителей лесопромышленных предприятий, из-за чрезмерной дороговизны такого вида трелевки, в России он в настоящее время не используется. Объемы вертолетной трелевки также существенно снизились и в зарубежных странах, некогда достаточно широко использующих этот вариант, например в США и Канаде.

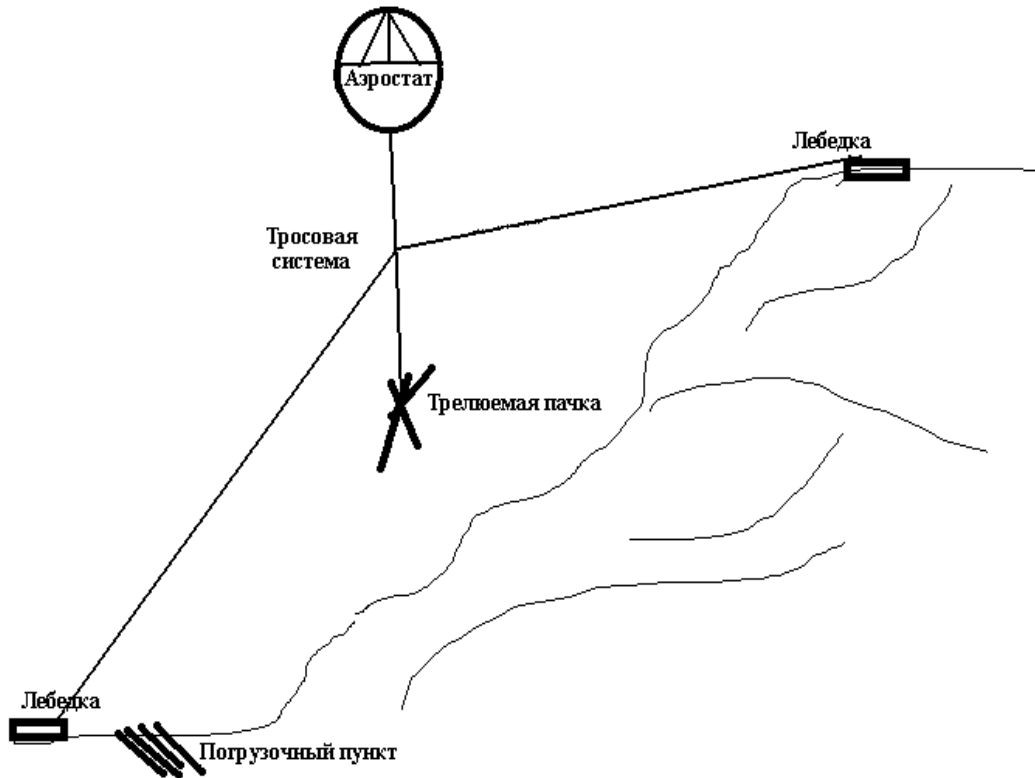


Рис. 6. Трелька аэростатом в условиях длинного склона

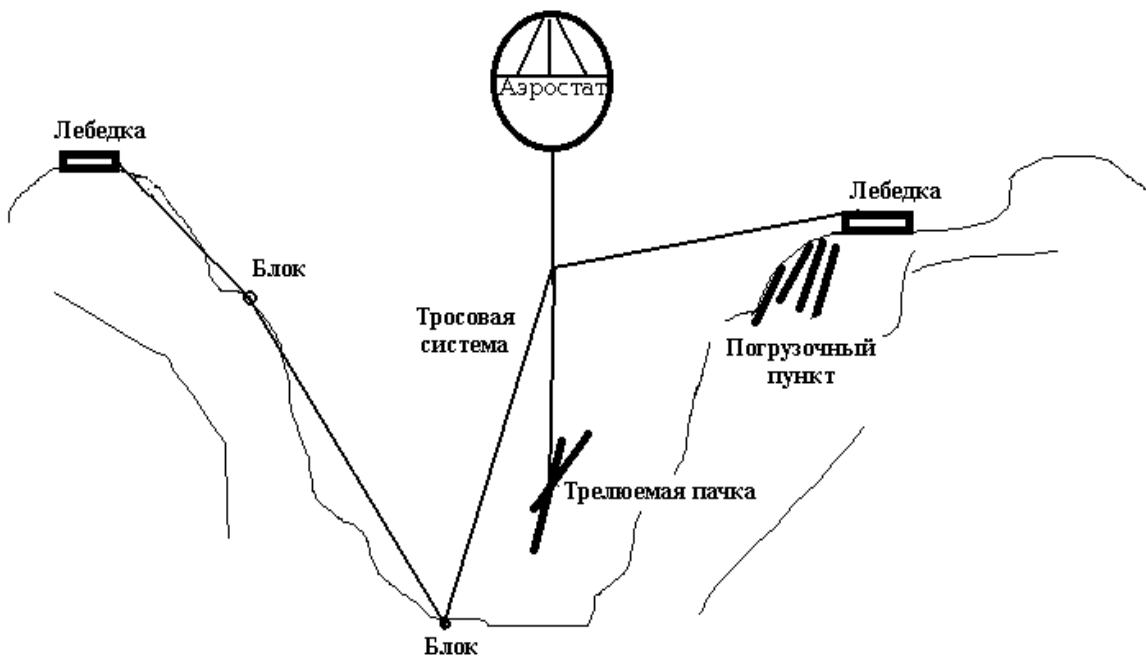


Рис. 7. Трелька аэростатом в условиях раздробленного склона

Использование различных типов канатных трелевочных установок (КТУ) также является достаточно давно известным видом трелевки в горной местности [14]. Как известно, КТУ подразделяются по следующим конструктивным признакам:

- По числу мачт: безмачтовые, одномачтовые, многомачтовые.
- По наличию привода: приводные, не приводные (лесоспуски).
- По наличию несущего каната: с несущим канатом, без несущего каната.
- По мобильности: стационарные, передвижные (самоходные, прицепные).
- По замкнутости трасы: замкнутые, незамкнутые.
- По характеру движения грузовых кареток: с маятниковым движением, с кольцевым движением.

По использованию КТУ в российских лесах в настоящее время есть очень разрозненные, противоречивые данные. Но можно обоснованно предполагать, что практически, в настоящее время, на территории лесного фонда Российской Федерации они не используются.

Это может быть обусловлено рядом причин: во-первых, при трелевке КТУ предусматривается механизированная валка деревьев, а, как было отмечено выше, количество желающих работать вальщиками леса в России очень невелико, и ежегодно сокращается; во-вторых, использование даже самых современных КТУ требует выполнения большого количества подготовительных и вспомогательных работ, связанных с установкой канатной оснастки, тыловых мачт, растяжек, блоков, и т.д.; в-третьих, предложение современных КТУ на российском рынке достаточно ограничено, и представлено, в основном, очень дорогими вариантами. В России КТУ, как и другая лесозаготовительная техника, не выпускаются.

С точки зрения экологической составляющей эффективности лесосечных работ на горных склонах, полноподвесные КТУ оказывают минимальное отрицательное воздействие на почвогрунт лесосеки, но при обустройстве их трасс повреждается определенное количество деревьев и подроста, большее, чем при чисто воздушной трелевке. При использовании полуподвесных КТУ, а также при подтаскивании пачки лесоматериалов под трассу подвесной КТУ, волочащаяся древесина безусловно оказывает негативное воздействие, особенно при трелевке (подтрелевке) деревьев или хлыстов за вершины [15].

Известно, что в настоящее время в Российской Федерации доминирует сортиментная заготовка древесины [16]. В условиях горной местности, помимо действующих Правил дорожного движения, использование сортиментной заготовки обусловлено еще и малыми радиусами поворота лесовозных дорог, не позволяющими развернуться лесовозам-хлыстовозам с длинными прицепами роспусками.

При вывозке древесины в виде сортиментов возможно их производство на пасеке (скандинавская технология), или на верхнем складе (канадская технология). Поскольку, как уже отмечалось, труд вальщика леса на горных склонах особенно тяжел и опасен, то нагружать его выполнением операций по обрезке сучьев и раскряжевке не эффективно. Если трелевать на верхний склад деревья, то вытащить их из штабеля для последующей обработки вальщиком леса не представляется возможным. Установка на верхнем складе процессора (самоходной сучкорезно-раскряжевочной машины) в условиях горных лесосек часто затруднительна, особенно при трелевке «в гору», ведь процессор надо в гору еще поднять, да и места для его работы в стесненных условиях гор часто бывает недостаточно.

Решению этой проблемы может помочь использование горного процессора (рисунок 8). Машина такого концепта совмещает в себе самоходную головную мачту КТУ и широкозахватный процессор, минимизируя число задействованных машин и персонала на основных работах.



Рис. 8. Схема работы горного процессора

Из схемы на рисунке 8 видно, что валка деревьев производится вручную, после чего следует их чокеровка и трелевка КТУ к верхнему складу, на котором при помощи широкозахватного процессора, смонтированного на той же машине, что и головная мачта КТУ из деревьев производят сортименты. Горный процессор обслуживается одним оператором, который управляет процессом трелевки, а за период, во время которого на пасеке формируется новая пачка деревьев, обрабатывает ранее вытрелеванную пачку. Кроме трелевки и производства сортиментов, горный процессор может укладывать сортименты в штабели, и даже участвовать погрузке сортиментов на автолесовозы.

Как уже было отмечено, доля механизированной заготовки древесины в России неуклонно снижается. В этой связи в условиях горных лесов все больший объем заготовленной древесины приходится на современные машинные комплексы. Основные производители машинных комплексов для скандинавской технологии лесозаготовок (харвестеров и форвардеров) предлагают потребителям машины, специально дооснащенные интегрированными в трансмиссию лебедками для работы в условиях горных склонов. Эти лебедки позволяют существенно снижать нагрузки в трансмиссии и экономить топливо, по сравнению с работой тех же машин на склонах без лебедок [17]. В любом случае, лесные машины на склонах оснащаются гусеницами или цепями с развитыми грунтозацепами. По данным производителей, при работе лесной машины на склоне без лебедки КПД падает на 50%, по сравнению с работой на равнине, а при работе с лебедкой только на 20%. Правда при переоснащении форвардера для работы на горных склонах, помимо лебедки, надо установить специальное кресло для оператора, заднюю решетку на тележку для сортиментов, и ряд других опций. Весь комплект для дооснащения будет стоить порядка 100 тыс. евро, и он может быть установлен только на заводе-производителе, то есть такую машину придется дольше ждать при заказе [18]. Кроме этого, пользователь не сможет самостоятельно снять эти опции, при переходе форвардера на работу в равнинные условия, а масса лебедки достаточно значительна, и она, очевидно, будет уменьшать возможный коэффициент тары форвардера.

В качестве перспективного одномашинного лесозаготовительного комплекса для рассматриваемых природно-производственных условий можно указать валочно-трелевочно-процессорную машину (ВТПМ) австрийской компании «Highlander» компании Konrad Forsttechnik GmbH (рисунок 9). Эта машина имеет встроенную «по умолчанию» в трансмиссию лебедку, специально приспособленную для горных условий трансмиссию, с возможностью «крабового» хода, изменения клиренса, а также возможностью увеличения базы (снижения центра тяжести), за счет отката колесной пары. Технологические возможности классической ВТПМ достаточно хорошо известны [19]. Причем на

той же колесной базе компания «Highlander» компании Konrad Forsttechnik GmbH предлагает вариант харвардера (рисунок 10).

Конечно, как и в случае использования КТУ, трос лебедки придется надежно крепить на склоне, и переносить его из пасеки в пасеку, что может существенно увеличить трудоемкость работ.



Рис. 9. ВТТМ «Highlander» компании Konrad Forsttechnik GmbH



Рис. 10. Харвардер на базе «Highlander» компании Konrad Forsttechnik GmbH

Направленный информационный поиск в сети Интернет, опрос представителей компаний-производителей лесных машин, не выявил вариантов оснащения интегрированными в трансмиссию лебедками тракторов с пачковым захватом (скиддеров), являющихся основным средством трелевки в классическом машинном комплексе, работающим по канадской технологии лесозаготовок, в паре с валочно-пакетирующей машиной (ВПМ). Вместе с тем и такие машинные комплексы успешно работают в условиях горных склонов.

При этом используются специальные самоходные лебедки, которые могут быть выполнены на специальном самоходном шасси, или на базе стандартных шасси (бульдозерном, экскаваторном).

Наиболее популярными и распространенными, в настоящее время, в мире системами самоходных лебедок для перемещения лесных машин по склонам являются системы T-winch, созданные на специальной гусеничной базе, управляемой дистанционно (рисунок 11).



Рис. 11. Самоходная лебедка T-winch

Хорошим примером самоходной лебедки на экскаваторной базе является Summit Winch Assist (рисунок 12). На базе бульдозеров известны лебедки ROB (рисунок 13).

Все указанные самоходные лебедки одинаково эффективно работают с любыми лесными машинами – ВПМ, скиддерами, харвестерами, форвардерами,

что позволяет обеспечивать достаточно эффективную работу обычных машинных лесозаготовительных комплексов в условиях горных склонов.



Рис. 12. Самоходная лебедка на экскаваторной базе Summit Winch Assist



Рис. 13. Самоходная лебедка на бульдозерной базе ROV

С точки зрения сравнительного анализа представленных выше самоходных лебедок более предпочтительной выглядит система T-winch. Это связано с ее меньшим расходом топлива, более надежной канато-блочной системой, и системой автоматике, а также значительно более простой ее доставкой на вершину горного склона, нежели тяжелых экскаватора или бульдозера. На базе T-

winch и Summit Winch Assist возможно также сделать обычную КТУ. В случае Summit Winch Assist базовая машина может служить и самоходной головной мачтой.

Сравнительный анализ использования для разработки горных склонов лесных машин с интегрированными в трансмиссию лебедками и обычных лесных машин в паре с самоходными лебедками позволяет отдать предпочтение второму варианту по следующим причинам:

Во-первых, дополнительные опции в виде лебедки и др., существенно удорожают и утяжеляют машину. И если для харвестера это не очень критично (есть даже практика утяжеления харвестера при работе на склонах путем наливания соляного раствора в колеса), то для форвардера это означает снижение полезной грузоподъемности, а значит и снижение коэффициента тары.

Во-вторых, невозможность для клиента самостоятельно установить или снять эти дополнительные опции приводят к более длительному ожиданию машины с завода, по сравнению со стандартной комплектацией, а также к снижению эффективности ее работы в других природно-производственных условиях.

В-третьих, сама по себе самоходная лебедка, при отсутствии необходимости в ней для освоения горных склонов, может быть использована для вытаскивания завязших машин, организации погрузочно-разгрузочных работ на лесных складах, и т.д.

В любом случае, с точки зрения эксплуатационной эффективности, и с точки зрения экологической эффективности, использование лесных машин с лебедками (интегрированными в трансмиссию, или на отдельных самоходных шасси) на склонах значительно более предпочтительно, нежели лесных машин без лебедок, только с цепями или гусеницами. Про составляющие этого заключения относительно эксплуатационной эффективности (расход топлива, нагрузки в трансмиссии, и т.д.) сказано выше. Экологическую эффективность, заключающуюся в степени негативного воздействия машин на лесные почвогрунты хорошо иллюстрирует рисунок 14.

Безусловно, при любых вариантах тракторной трелевки на горных склонах необходимо обращать самое серьезное внимание на влажность почвогрунта в теплое время года (помня о том, что у подошвы склона влажность больше, чем у вершины), а также на наличие льда, снега, чтобы обеспечивать безусловную безопасность персонала и машин. С повышением влажности почвогрунта или глубины снега максимальный уклон осваиваемого склона должен быть уменьшен.

Весьма перспективным современным средством тракторной трелевки в условиях горных склонов является трелевочная тележка на колесном ходу, с небольшим двигателем, которая перемещается по склону за счет самоходной

лебедки. Такая тележка, производства уже упомянутой компании Konrad Forsttechnik GmbH представлена на рисунках 15 и 16.



Рис.14. Сравнение воздействия лесных машин на почвогрунты на склоне



Рис. 15. Трелевочная тележка компании Konrad Forsttechnik GmbH в непогруженном положении

Как видно из рисунков 15 и 16, трелевочная тележка оснащена кониковым зажимным устройством, в которое укладываются лесоматериалы. Трелевка

осуществляется в полупогруженном положении. Благодаря канатной тяге от самоходной лебедки коэффициент тары в данном варианте тракторной трелевки будет максимальным, а негативное воздействие на лесные почвогрунты – минимальным.



Рис. 16. Трелевочная тележка компании Konrad Forsttechnik GmbH в погруженном положении

Заключение. При освоении лесосек на горных склонах экологическая эффективность трелевки должна превалировать над эксплуатационной эффективностью трелевочной техники. Не считая воздушного вида трелевки, наибольшую экологическую эффективность в рассматриваемых природно-производственных условиях имеют трелевочные тракторы с лебедками (интегрированными в трансмиссию, или на отдельных самоходных шасси). С точки зрения эксплуатационной эффективности, при этом, предпочтительным выглядит вариант использования отдельных лебедок на самоходных шасси. Весьма перспективным вариантом для тракторной трелевки на горных склонах является использование специальной трелевочной тележки в паре с отдельной самоходной лебедкой.

Литература

1. Анисимов Г.М., Григорьев И.В., Жукова А.И. Экологическая эффективность трелевочных тракторов. СПб.: ГЛТА, 2006. 352 с.
2. Бурмистрова О.Н., Просужих А.А., Хитров Е.Г., Куницкая О.А., Лунова Е.Н. Теоретические исследования производительности форвардеров при ограничениях воздействия на почвогрунты // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3 (381). С. 101-116.
3. Пятакин В.И., Григорьев И.В., Редькин А.К., Иванов В.И., Пошарников Ф.В., Шегельман И.Р., Ширнин Ю.А., Кацадзе В.А., Валяжонков В.Д., Бит Ю.А.,

- Матросов А.В., Куницкая О.А. Технология и машины лесосечных работ. Санкт-Петербург, 2012. - 362 с.
4. Абузов А.В., Куницкая О.А. Определение массы грузозахватного срезающего механизма для аэростатной системы трелевки // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 1 (37). С. 96-104.
 5. Никитина Е.И., Куницкая О.А., Николаева Ф.В. Проект организации лесозаготовок в условиях Алданского лесничества с применением многооперационных лесозаготовительных комплексов // Современные проблемы и достижения аграрной науки в арктике. Сборник научных статей по материалам Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием в рамках «Северного форума – 2020» (29–30 сентября 2020 г., Якутск) и Международной научной онлайн летней школы – 2020 (6–20 июля 2020 г., Якутск). 2020. С. 138-148.
 6. 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. СПб.: Изд. «Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений». 2017. - 206 с.
 7. Занегин Л.А., Воскобойников И.В., Еремеев Н.С. Машины и механизмы для канатной трелевки: учеб. пособие для студентов вузов; Гос. науч. центр лесопром. комплекса, Московский гос. ун-т леса. - М.: МГУЛ, 2004 - Ч. 1. - 446 с.
 8. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Сохранение биоразнообразия при заготовке древесины в горных лесах // Биоразнообразие. Биоконсервация. Биомониторинг. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, посвящается 75-летию Адыгейского государственного университета. 2015. С. 134-135.
 9. Абузов А.В. Технические и конструктивные особенности современной аэростатно-канатной системы для трелевки древесины // Лесной вестник: Изд-во Московского государственного университета леса. 2013 №1(93). С. 5-9.
 10. Абузов А.В. Основные технологические направления по освоению горных лесов Дальневосточного региона // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2013 №3(30). С. 91-100.
 11. Абузов А.В. Математическое моделирование основных параметров аэростатно-канатной системы для трелевки древесины АКС-5 // Системы. Методы. Технологии. – 2014 – №2(22). – С. 136-140.
 12. Абузов А.В., Рябухин П.Б. К вопросу определения среднего расстояния трелевки и производительности трехлинейной аэростатно-канатной системы

// Лесной вестник: Изд-во Московского государственного университета леса. 2014 Том 18, №2-S. С. 42-46.

13. Толстоногов Э.Ю. Изучение влияния различных факторов на производительность вертолетного транспорта леса и выбор направления дальнейших исследований // Вопросы совершенствования технологий и оборудования в лесопромышленном комплексе и строительстве. Вып. 2. Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2003. С. 54-57.
14. Лавришин В.В., Мурашкин Н.В., Пятакин В.И. и др. Комплексная экономическая оценка применения канатных трелевочных установок: монография. СПб.: ЛТА, 2006. - 200 с.
15. Григорьев И.В. Влияние способа трелевки на эксплуатационную эффективность трелевочного трактора. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПб.: СПбГЛТА, 2000. - 22с
16. Kunitskaya O.A., Pomigiev A., Kruchinin I.N., Storodubtseva T.N., Voronova A.M., Levushkin D.M., Borisov V., Ivanov V. Analysis of modern wood processing techniques in timber terminals // Central European Forestry Journal. 2022. Т. 68. № 1. С. 51-59.
17. Григорьев И.В., Рудов С.Е., Каляшов В.А. Транспортно-технологические комплексы на базе лесных машин и самоходных лебедок для проведения рубок леса на склонах // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Н.С. Захаров. Тюмень, 2021. С. 59-62.
18. Рудов С.Е., Куницкая О.А., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Каляшов В.А., Нгуен Т.Н. Современные системы машин для освоения лесосек на склонах // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. № 1. С. 35-42.
19. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Рудов С.Е., Давтян А.Б. Пути повышения эффективности работы лесных машин // Энергия: экономика, техника, экология. 2020. № 1. С. 55-63.

© Каляшов В.А., Григорьев И.В., Григорьева О.И., 2022