

УДК 630*375**ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРУБКИ ТРАСС ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ
УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ****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

Канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: idolzhikov222@mail.ru

Григорьев Игорь Владиславович

Д-р техн. наук, профессор
Арктический государственный агротехнологический университет
г. Якутск, Россия
e-mail: silver73@inbox.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

Григорьева Ольга Ивановна

Канд. с.-х. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: grigoreva_o@list.ru

Аннотация. В статье рассмотрены рациональные схемы рубки трасс линейных объектов при помощи валочно-трелевочно-процессорных машин. Проведен сравнительный анализ с современными, наиболее распространенными технологическими процессами рубки трасс линейных объектов. На основании анализа литературных источников и производственного опыта в области лесосечных работ обоснована возможность использования данных машин не только по классической схеме, но и в

случае необходимости - в режиме валка-пакетирование, с привлечением дополнительного трелевочного трактора. Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.

Ключевые слова: разрубка трасс линейных объектов, лесосечные работы, одномашинные лесозаготовительные комплексы, валочно-трелевочно-процессорные машины, валочно-трелевочные машины.

THE TECHNOLOGY OF CUTTING THE TRACKS OF LINEAR OBJECTS WITH A UNIVERSAL LOGGING MACHINE

Shvetsov Alexander Sergeevich

Head of the Training laboratory of the 2nd Department of Combat Use of Aviation Weapons, Branch of the Military Training and Scientific 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

Grigorev Igor Vladislavovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University
Yakutsk, Russia
e-mail: silver73@inbox.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

Grigoreva Olga Ivanovna

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia
e-mail: grigoreva_o@list.ru

Abstract. The article considers rational schemes for cutting the tracks of linear objects using felling-skidding-processing machines. A comparative analysis with modern, most common technological processes of cutting tracks of linear objects is carried out. Based on the analysis of literary sources and production experience in the field of logging, the possibility of using these machines is justified not only according to the classical scheme, but also, if necessary, in the roll-packing mode, with the involvement of an additional skidding tractor. The work was carried out within the framework of the scientific school "Innovative developments in the field of logging industry and forestry" of the Arctic State Agrotechnological University. The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-16-00092, [https://rscf.ru/project/23-16-00092 /](https://rscf.ru/project/23-16-00092/).

Keywords: cutting of routes of linear objects, logging operations, single-machine logging complexes, felling-skidding-processing machines, felling-skidding machines.

Введение

В Российской Федерации, почти во всех ее субъектах, строится очень много линейных объектов. Самый знаменитый последнего времени, что называется «на слуху» - это трасса под газопровод «Сила Сибири». Поскольку земли лесного фонда занимают большую часть территории Российской Федерации (около 70%), то большая часть линейных объектов проходит именно по этим землям.

Как известно, рубки лесных насаждений подразделяются [1]:

- Рубки ухода за лесом – выполняются в неспелом лесу, с целью выращивания товарно-ценных древостоев.
- Рубки спелых и перестойных насаждений (РГП) – выборочные, постепенные, сплошные.
- Прочие рубки – проводятся в спелом лесу, и при этом не имеют основной задачей заготовку древесины.

Разрубка трасс линейных объектов, очевидно, относится к прочим рубкам – рубки спелого леса, не имеющие основной целью заготовку древесины.

К основным особенностям разрубки линейных объектов можно отнести следующие основные аспекты. Технология валки деревьев при разрубке трассы линейного объекта ничем не отличается от других рубок леса. Бригадам, работающим на разрубке линейных объектов, платят сдельную заработную плату не за объем срубленной древесины, а за площадь, расчищенную от древесно-кустарниковой растительности. При выполнении рубок леса под трассу линейных объектов не требуется сохранять подрост хозяйственно-ценных пород, оставлять семенные деревья, проводить минерализацию почвы, или еще каким-либо образом беспокоиться о мероприятиях по лесовосстановлению. Также при этом не ограничивается площадь лесосеки, отведенная под дороги, волоки,

технологические коридоры, производственные и бытовые объекты, погрузочные площадки, и т.д.

В связи с тем, что линейные объекты очень протяженные, и выполняются, в основном, в удаленных, малонаселенных районах – организация работ часто делается по вахтовому методу. Прежде всего, это связано с большими расстояниями между местом проживания работников и местом выполнения ими трудовых функций.

В связи с использованием вахтового метода организации работ, увеличивается объем вспомогательных работ, связанных с бытовым обслуживанием работников – их необходимо обеспечивать трехразовым горячим питанием, а зимой еще и дополнительными «перекусами». Также необходимо организовать возможность помыться – баню, сауну, душевую, место для просушки одежды. Желательно хоть как-то организовать и досуг.

Объем подготовительных работ при разрубке линейных объектов будет меньше, чем при обычных рубках спелых и перестойных насаждений, а объем вспомогательных работ при вахтовом методе будет иметь свою специфику, указанную выше.

Обычно, линейные объекты строятся и проектируются методом «захваток», длиной, в среднем, по 500 метров.

Основным нормативным документом, регламентирующим работы по разрубке трасс линейных объектов, является Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 10.07.2020 г., № 434 «Об утверждении Правил использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов и Перечня случаев использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов без предоставления лесного участка, с установлением или без установления сервитута, публичного сервитута» (с изменениями на 24.08.2021 г.).

Материалы и методы исследования

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

Результаты

В наиболее распространенном технологическом процессе машинной разрубке линейных объектов используется многомашинный комплекс, включающий валочно-пакетирующую машину (ВПМ), перегружатель, на базе экскаватора с грейферным захватом, иногда трелевочный трактор с пачковым захватом (скиддер).

По продольной оси трассы линейного объекта, или несколько сбоку от нее, создается проезд для грузового транспорта, включая автолесовозы, если срубленную на трассе линейного объекта древесину планируется вывозить.

В теплое время года, в условиях почвогрунтов с плохой несущей способностью (заболоченных, или переувлажненных) ездovou поверхность проезда для грузового транспорта приходится укреплять – делать лежневый настил из бревен и/или порубочных остатков (кроновой части срубленных на трассе линейного объекта деревьев) – рисунки 1 и 2 [2]. Причем для получения таких дорожно-строительных материалов – бревен, кроновой части, необходимо задействовать еще и самоходную сучкорезно-раскряжевочную машину (процессор) [3, 4].



Рис.1. Проезд для грузового транспорта по середине трассы линейного объекта



Рис. 2. Лежневый настил проезда для грузового транспорта по середине трассы линейного объекта

В последнее время, для укрепления данных проездов также используют сборно-разборные дорожные покрытия из пластиковых щитов (матов) – рисунок 3. На такой вариант является очень дорогостоящим, и используется нечасто [5-12].



Рис. 3. Настил из пластиковых сборно-разборных дорожных покрытий

Стандартная машинная технологическая цепочка раз рубки трассы линейного объекта выглядит следующим образом.

Широкозахватная ВПМ в несколько лент (число которых зависит от заданной ширины трассы линейного объекта) раз рубает захватку, двигаясь вдоль ее продольной оси. И укладывает пакеты на землю перпендикулярно продольной оси захватки (рис. 4).

После этого, двигаясь за ВПМ с соблюдением зоны безопасной работы, перегружатель на базе экскаватора подтаскивает пакеты к проезду для грузового транспорта (рис. 5). При плохих почвенно-грунтовых условиях эти перегружатели оснащают уширенными гусеницами (рис. 5). За один рейс такой перегружатель способен подтрелевать пакет объемом 2-3 м³.

Затем образованные вдоль проезда для грузового транспорта штабели могут обрабатываться процессором (рис. 6), если требуется получить дорожно-строительный материал для укрепления ездовой поверхности, или для получения

сортиментов, которые в дальнейшем могут быть отгружены на лесовозы, если есть такая потребность и целесообразность.



Рис. 4. Укладка пакетов деревьев перпендикулярно продольной оси линейного объекта



Рис.5. Перегрузатель на базе экскаватора с грейферным захватом

При использовании рассмотренной выше стандартной машинной технологии разубки трассы линейного объекта, при двухсменной работе, потребуется бригада, включающая шесть операторов лесных машин: 2 оператора ВПМ, 2 оператора перегружателя (или 2 оператора скиддера), 2 оператора процессора, а также механик, технорук.



Рис. 6. Обработка деревьев процессором

Благодаря незначительному расстоянию трелевки, перпендикулярно продольной оси трассы линейного объекта, максимум на половину ее ширины, перегружатели не являются сдерживающим фактором по загрузке процессора на полную мощность.

Иначе говоря, бригада будет включать 8-10 человек, которые требуют бытового обслуживания, спальных мест, и т.д., при вахтовом методе организации работ.

Вторым вариантом рассматриваемого технологического процесса, в случае если укреплять ездую поверхность проезда для грузового транспорта древесиной не требуется, и вывозить ее с трассы линейного не планируется (в этом случае ее или сжигают в пожаробезопасный период, или закапывают при помощи экскаватора на краю трассы), является исключение из машинного комплекса процессора, и подтрелевка пакетов деревьев перегружателем не к центру трассы, а к боковым кромкам.

Анализ показывает, что рассмотренный выше многомашинный комплекс может быть заменен одномашинным, к которым принято относить харвардеры, форвестеры, чипперы, и валочно-трелевочно-процессорные машины (ВТПМ).

Наиболее подходящим для рассматриваемого технологического процесса будет ВТПМ, которые, в настоящее время, представлены на российском рынке машинами HIGHLANDER, производства австрийской машиностроительной компании «Konrad Forsttechnik».

ВТПМ могут выполнять рубку лесных насаждений по нескольким технологическим процессам, и даже группам технологических процессов. Но в первом рассматриваемом варианте оптимальным будет являться их применение по классической схеме: валка-формирование пакета-трелевка-обрезка сучьев-раскряжевка-укладка сортиментов (в штабель, или в лежневку).

Причем, при круглосуточном режиме работы ВТПМ, наиболее эффективным вариантом в таком случае, будет ее использование в качестве ВТМ в светлое время суток, и в качестве процессора в темное время суток.

Если же укреплять ездовую поверхность проезда для грузового транспорта древесиной не требуется, и вывозить ее с трассы линейного не планируется, то ВТПМ могут выполнять подтрелевку пачек заготовленных на захватке деревьев к ее боковым кромкам.

Схема разрубки трассы линейного объекта лентами, расположенными вдоль его центральной оси, и подтрелевки пачек к центральной оси захватки представлена на рисунке 7, а.

В зависимости от высоты древостоя, пачки деревьев, заготовленные первых от центральной оси линейного объекта лентах, могут укладываться перпендикулярно формируемому проезду для грузового транспорта, или под углом, если ширины ленты не хватает для строго перпендикулярного расположения пачек, рисунок 7, а.

Схема разрубки трассы линейного объекта лентами, расположенными перпендикулярно его продольной оси, и подтрелевки пачек к боковым кромкам захватки представлена на рисунке 7, б.

При использовании рассматриваемого одномашинного комплекса, безусловно, производительность будет несколько ниже, чем при стандартном многомашинном варианте, но зато потребуются меньше капиталовложений на приобретение самих машин, а также значительно меньшее количество персонала, а значит меньше объем работ по бытовому обслуживанию работников, меньше передвижных вахтовых домов, и т.д.

В случае если возникнет необходимость увеличить производительность ВТПМ, которая, прежде всего, лимитируется трелевкой, при значительных расстояниях трелевки, по каким-либо причинам, к ВТПМ можно добавить или скиддер, или колесный бесчokerный трелевочный трактор (например, на базе немного модернизированного сельскохозяйственного трактора, рис. 8 и 9). На данный трактор можно не устанавливать гидроманипулятор, поскольку за счет очень удачной конструкции харвестерной головки WOODY, которой оснащаются машины HIGHLANDER, они могут поштучно выполнять операцию погрузки комлей (или вершин) заготовленных деревьев в коники бесчokerного трактора (рис.10).

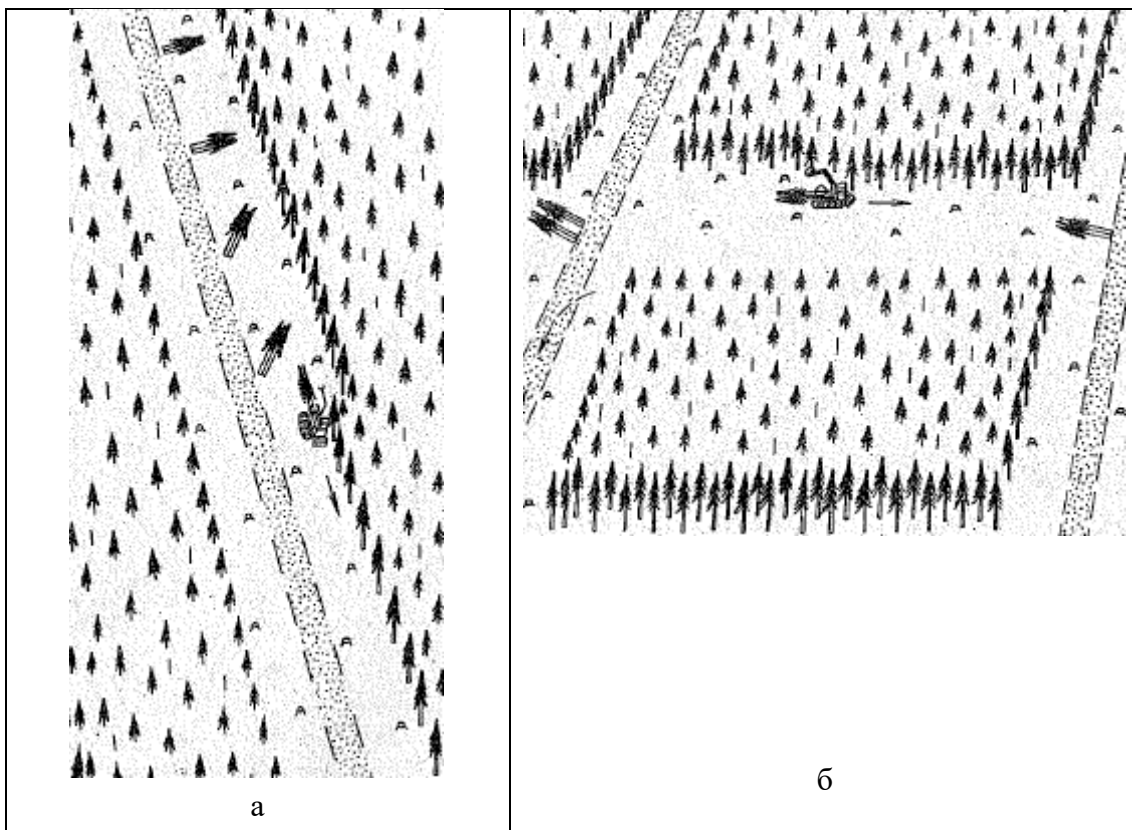


Рис. 7. Схемы разубки трассы линейного объекта ВТПМ:

а – с подтрелевкой к центральной оси трассы; б – с подтрелевкой к боковым кромкам



Рис. 8. Сельскохозяйственный колесный трактор ОрТ3-150К, с кониковым зажимным устройством (фотомонтаж)

Отсутствие гидроманипулятора позволит существенно удешевить бесчokerный трактор, увеличить его коэффициент тары, а, следовательно, уменьшить удельный расход топлива $л/м^3 \cdot км$ [13]. Но, очень важным моментом является наличие у такого трактора стандартных защит кабины, предотвращающих травмирование оператора, в случае падения дерева на кабину, и в случае переворота трактора [14-16].



Рис. 9. Трелевка пачки древесины бесчokerным трактором без гидроманипулятора

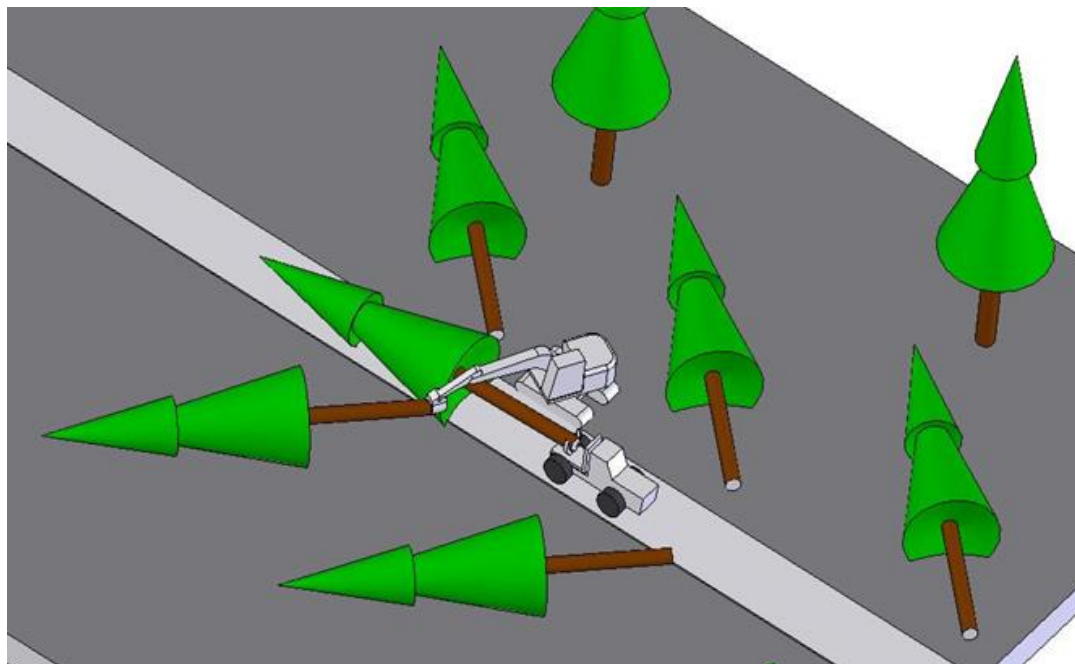


Рис. 10. Погрузка комлей заготовленных на захватке деревьев на трелевочный трактор с кониковым зажимным устройством при помощи ВТІМ

Причем при переоснащении сельскохозяйственного трактора в лесную машину, концепт которой показан на рис. 8, для ее оснащения необходимыми для безопасной работы в лесу опциями возможно, и следует, воспользоваться разработками отечественных специалистов [17-23].

Часовую производительность ВТПМ, как одномашинного комплекса, или машинного комплекса в составе ВТПМ + трелевочный трактор, на валке и трелевке древесины, в кубометрах заготовленной древесины, можно определить по известной формуле [24]:

$$П_{ч}^{м^3} = \frac{3600V_{п}f_1}{T_{ц}}, \quad (1)$$

где: $V_{п}$ – объем одной трелеваемой мачки древесины, который может собрать ВТПМ, или трелевочный трактор/, $м^3$; f_1 – коэффициент использования расчетного объема пачки (0,8-0,9); $T_{ц}$ – время цикла набора пачки и трелевки пачки, с.

Объем пачки деревьев, которую можно погрузить в кониковый зажим ВТПМ, или бесчокерного трелевочного трактора, определяется по известной формуле [24]:

$$V_{п} = \frac{S_k k_n \cdot 4V_{хл}}{\pi d_k^2}, \quad (2)$$

где S_k – площадь поперечного сечения коникового зажима, $м^2$; $V_{хл}$ – средний объем хлыста, $м^3$; d_k – средний диаметр дерева в комлевом отрезе, м; k_n – коэффициент полндревесности трелеваемой пачки деревьев (обычно рекомендуется принимать 0,6).

Число деревьев в одной пачке несложно определить по выражению [24]:

$$n_{д} = \frac{V_{п}}{V_{хл}}. \quad (3)$$

Поскольку речь, в данном случае, идет о разрубке линейного объекта, требуется оценить производительность ВТПМ, как одномашинного комплекса, или машинного комплекса в составе ВТПМ + трелевочный трактор, в единицах площади. Очевидно, что

$$П_{ч}^{га} = \frac{q}{П_{ч}^{м^3}}, \quad (4)$$

где: q – запас леса на га, $м^3/га$.

Время $T_{ц}$ будет зависеть, при прочих равных условиях (средний объем хлыста, среднее расстояние трелевки), от состава системы машин (ВТПМ, или ВТПМ + трелевочный трактор), а также от состава работ (длины технологической цепочки) – валка + сбор пачки + трелевка + штабелевка, или валка + сбор пачки + трелевка + обрезка сучьев + раскряжевка + штабелевка, или другие возможные вариации.

При наличии на трассе линейного объекта запасов качественной товарной древесины, и наличии экономической целесообразности ее вывозки до

потребителей, ВТПМ может проводить рубку захватки с подсортировкой древесины на товарную (деловую) и низкотоварную.

Для этого, при наборе пачки одновременно с рубкой лесных насаждений на трассе линейного объекта в кониковый зажим машины могут укладываться только деревья, представляющие товарную ценность, а деревья, предназначенные для укладки в дорожное покрытие (или последующей утилизации закапыванием или сжиганием) могут укладываться на землю, с последующим сбором отдельным трелевочным трактором (чокерным, или бесчокерным с гидроманипулятором), или последующим сбором самой ВТПМ. Или, наоборот, в коник могут собираться низкотоварные деревья, а затем собираться товарные (деловые). Это будет зависеть от соотношения деловых и низкотоварных деревьев.

Для сбора оставленных на захватке деловых или низкотоварных деревьев возможно также использовать бесчокерный трелевочный трактор без гидроманипулятора (рис. 8), при условии, что загружать комли деревьев в его кониковый зажим будет ВТПМ (рис. 10).

Безусловно, вариант с подсортировкой деревьев снизит производительность, и увеличит удельный расход топлива, из-за необходимости дополнительных рейсов лесных машин (ВТПМ, или/и трелевочного трактора).

Известно, что таксационные показатели разрабатываемого насаждения, такие как запас леса на га и средний объем хлыста являются одними из основных факторов, от которых зависит производительность лесных машин на рубках леса. При выполнении рубки с подсортировкой деревьев эти показатели оказывают также очень заметное влияние. При этом будут влиять не только таксационные показатели насаждения в целом, но и в каждой сортируемой группе деревьев. Степень и характер влияния зависят от соотношения между этими показателями. Рассмотрим случай, когда сортировка деревьев на лесосеке производится на две группы, например, на хвойные и лиственные породы или на тонкомерные и крупномерные деревья (лиственные и/или тонкомерные могут относиться к низкотоварным, хвойные и/или крупномерные – к деловым). Чем меньше средний объем хлыста на лесосеке $V_{хл}$ и чем больше разница в запасах каждой группы деревьев q_2 и q_1 , тем более резко изменяется распределение деревьев разных объемов по отдельным группам $V_{хл2}$ и $V_{хл1}$. Среднему объему хлыста одной сортируемой группы деревьев соответствует определенный средний объем хлыста другой группы. При этом, если отклонения по одной группе от среднего объема хлыста на лесосеке большие (3–4 градации), то в другой группе они незначительные – в пределах одной градации.

Соотношение основных таксационных показателей древостоя, на 1 га площади, для рассматриваемого случая можно представить в общем виде следующим образом [24]:

$$\frac{q_1}{V_{хл1}} = n_1; \quad \frac{q_2}{V_{хл2}} = n_2; \quad \frac{q}{V_{хл}} = n; \quad \frac{q_1}{V_{хл1}} + \frac{q_2}{V_{хл2}} = n, \quad (5)$$

где q , q_1 , q_2 - запасы леса на га каждой группы деревьев и в целом на лесосеке; $V_{хл}$, $V_{хл1}$, $V_{хл2}$ - средние объемы хлыстов по каждой группе деревьев и в целом, м³; n , n_1 , n_2 - среднее количество деревьев на га по группам и на лесосеке, шт.

Для увеличения коэффициента полнодревесности ваза вывозимой деловой древесины, в определенных природно-производственных условиях будет целесообразным ее предварительная обработка на мобильном оборудовании передвижного лесного терминала с получением пиломатериалов, предпочтительно бруса. Причем получать энергию для привода лесопильного оборудования, а также для других нужд, например, вахтовых зданий, можно из предварительно измельченных и спрессованных в короткоживущие топливные брикеты порубочных остатков и древесных обрезков, перерабатываемых в газогенераторе [25-36].

Заключение

Рассмотренный вариант использования ВТПМ для рубки трасс линейных объектов еще раз наглядно иллюстрирует их максимальную универсальность для проведения различных видов рубок лесных насаждений.

Поскольку рубка трасс линейных объектов является специфическим вариантом лесосводки, можно утверждать, что при определенных конфигурациях отведенных под нее лесосек ВТПМ, или ВТПМ в паре с трелевочным трактором, может оказаться выгоднее многомашинных комплексов и при расчистке лож водохранилищ, особенно на пересеченной местности.

Литература

1. Залесов С.В. Лесоводство: учебник. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.
2. Мануковский А.Ю., Зорин М.В. Способы повышения проходимости машин на трелевочных волоках и временных лесовозных дорогах // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 123-125.
3. Трушевский П.В., Куницкая О.А. Влияние технологии и системы машин лесосечных работ на концентрацию порубочных остатков // Актуальные проблемы лесного хозяйства и деревопереработки. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией Ю.М. Казакова [и др.]. Казань, 2023. С. 110-113.
4. Трушевский П.В., Куницкая О.А. Современные системы машин для очистки лесосек от порубочных остатков // Актуальные проблемы лесного хозяйства и деревопереработки. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией Ю.М. Казакова [и др.]. Казань, 2023. С. 121-126.
5. Зорин М.В., Куницкая О.А. Типы современных пластиковых плит для строительства временных лесных дорог и технологических коридоров // Деревянное

домостроение Севера: традиции и инновации. Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 28-30.

6. 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.

7. Мануковский А.Ю., Зорин М.В., Рудов С.Е., Григорьев И.В. Требования к перспективным сборно-разборным конструкциям для строительства временных лесных дороги технологических коридоров // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Восьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2022. С. 51-52.

8. Зорин М.В., Куницкая О.А. Инновационные методы строительства лесных дорог // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редакторы Ю.А. Безруких, Е.В. Мельникова. Красноярск, 2022. С. 84-87.

9. Зорин М.В., Куницкая О.А. Современные сборно-разборные покрытия для строительства временных лесных дорог и технологических коридоров // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн. материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск, 2022. С. 54-57.

10. 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.

11. Мануковский А.Ю., Зорин М.В., Войнаш С.А. Транспортно-технологические комплексы для устройства временных покрытий на лесовозных дорогах и магистральных трелевочных волоках // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Н.С. Захаров. Тюмень, 2021. С. 160-163.

12. Куницкая О.А., Рудов С.Е., Зорин М.В. Перспективы использования пластиковых плит строительства временных транспортных путей // Машиностроение: новые концепции и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярск, 2020. С. 98-103.

13. Куницкая О.А., Макуев В.А., Стородубцева Т.Н., Калита Г.А., Ревяко С.И., Тимохов Р.С. Проблемы повышения качества отечественного лесного машиностроения // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 57-63.

14. 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.

15. 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.

16. Скобцов И.Г., Куницкая О.А., Серяков С.А. Структурная оптимизация конструкций устройств защиты оператора лесной машины // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 6. С. 14-26.

17. 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.

18. Скобцов И.Г., Куницкая О.А. Краткий обзор методов расчета конструкций кабин лесных машин с учетом пластических деформаций // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 3. С. 16-26.

19. Скобцов И.Г., Куницкая О.А. Математическая модель напряженно-деформированного состояния защитного устройства кабины колесного скиддера // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 5. С. 29-43.

20. Скобцов И.Г., Куницкая О.А. Экспериментальная проверка адекватности математической модели напряженно-деформированного состояния защитного устройства кабины колесного скиддера // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 5. С. 52-63.

21. Скобцов И.Г., Куницкая О.А. Исследование динамических нагрузок, действующих на кабину лесной машины при различных вариантах возникновения аварийных ситуаций // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 3. С. 28-39.

22. Скобцов И.Г., Куницкая О.А. Математическая модель оценки энергопоглощающих свойств устройства защиты оператора лесной машины // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 3. С. 40-50.

23. Скобцов И.Г., Куницкая О.А. Разработка методов оценки вероятности безотказной работы устройств защиты оператора с применением катастрофы сборки // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 5. С. 23-37.

24. 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.

25. Куницкая О.А., Помигуев А.В., Афоничев Д.Н., Григорьев В.И., Дмитриева И.Н., Григорьев Г.В. Альтернативные источники энергии для автономного энергоснабжения удаленных объектов сельского хозяйства и лесного комплекса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 1 (72). С. 71-81.

26. Куницкая О.А., Стородубцева Т.Н., Помигуев А.В. Энергоресурсосберегающие технологии электроснабжения лесных терминалов // Эколого-ресурсосберегающие технологии в науке и технике. материалы Всероссийской научно-технической конференции. Воронеж, 2021. С. 112-117.

27. Куницкая О.А., Помигуев А.В. Эффективная система преобразования тепловой энергии в электрическую для энергоснабжения лесных терминалов // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 104-105.

28. Куницкая О.А., Помигуев А.В. Функциональные возможности и эксплуатационные характеристики средств энергоснабжения лесных терминалов // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 102-103.

29. Куницкая О.А., Помигуев А.В., Бурмистрова Д.Д., Отмахов Д.В., Тихонов Е.А., Дмитриева И.Н. Электрохимические энергоустановки для обслуживания лесных терминалов // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 2. С. 36-46.

30. Куницкая О.А., Помигуев А.В. Переработка древесины на мобильных линиях лесных терминалов // Вестник АГАТУ. 2021. № 3 (3). С. 82-99.

31. Куницкая О.А., Помигуев А.В. Получение электроэнергии из отходов лесозаготовок и деревообработки // Управление земельными ресурсами, землеустройство, кадастр, геодезия и картография. Проблемы и перспективы развития. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 255-летию Землеустройству Якутии и Году науки и технологий. Якутск, 2021. С. 320-327.

32. Куницкая О.А., Помигуев А.В. Повышение эффективности лесопользования за счет использования непостоянных лесных складов // Управление земельными ресурсами, землеустройство, кадастр, геодезия и картография. Проблемы и перспективы развития. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 255-летию Землеустройству Якутии и Году науки и технологий. Якутск, 2021. С. 314-320.

33. Тихонов Е.А., Сюнев В.С., Маганов И.А., Куницкая О.А., Швецова В.В. Разработка методики оценки эффективности работы двигателя с внешним подводом тепла для применения в лесном комплексе // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2 (54). С. 85-94.

34. Маганов И.А., Тихонов Е.А., Сюнев В.С., Куницкая О.А., Швецова В.В. Возможности применения двигателя внешнего сгорания как привода технологического оборудования лесопромышленного комплекса // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 3. С. 38-48.

35. Куницкая О.А., Тихонов Е.А. Обзор технологий производства электроэнергии и тепла из древесной щепы // Комплексные вопросы аграрной науки и образования. Сборник научных статей по материалам Внутривузовской научно-практической

конференции, посвященной 65-летию Высшего аграрного образования Республики Саха (Якутия) и Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием в рамках «Северного форума – 2021». 2021. С. 296-303.

36. Kunickaya O., Pomigiev A., Kruchinin I., Storodubtseva T., Voronova A., Levushkin D., Borisov V., Ivanov V. Analysis of modern wood processing techniques in timber terminals // Central European Forestry Journal. 2022. Т. 68. № 1. С. 51-59.

© Швецов А.С., Должиков И.С., Григорьев И.В.,
Куручкин П.А., Григорьева О.И., 2024