

УДК 630*377.21(252.6)

А. О. Шошин

Белорусский государственный технологический университет

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗАБОЛОЧЕННОГО ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА
МОБИЛЬНЫМИ КАНАТНЫМИ ТРЕЛЕВОЧНЫМИ УСТАНОВКАМИ**

Предлагаются новые технологические приемы работы мобильной канатной трелевочной установки при выполнении трелевки древесины в заболоченных условиях. В результате экспериментальных исследований в зимнее и летнее время выделен полный комплекс эксплуатационных особенностей применения канатных установок в условиях заболоченных лесосек: многократные контактные взаимодействия трелеваемой пачки лесоматериалов с высокими пнями, лесоматериалами на пасеке, выход грунтовых вод на поверхность лесосеки и др. Предложена технология разработки лесосек с помощью канатных установок, базирующаяся на основе технологии работы установок с неподвижным канатом. К основной технологии предложены новые приемы выполнения валки, подтрелевки и трелевки. Основной принцип разработанных приемов заключается в валке деревьев таким образом, чтобы их трелевка производилась без контакта с опорными деревьями и якорями промежуточной опоры. В зависимости от расположения пачки предлагается несколько вариантов приемов работы: перемещение пачки в обход якорей либо между якорем и опорным деревом; доворачивание комлей до совпадения с осью трелевочного коридора либо частичного подтягивания пачки в сторону, противоположную от основного направления трелевки с последующим перемещением по трелевочному коридору.

Ключевые слова: канатная установка, технология, заболоченный лесосечный фонд, приемы работы.

Для цитирования: Шошин А. О. Новые технологические решения при разработке заболоченного лесосечного фонда мобильными канатными трелевочными установками // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 224–235.

A. O. Shoshyn

Belarusian State Technological University

**NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR STANDING SKYLINE
IN WATERLOGGED AREAS**

New technological methods of operation of a standing skyline are proposed when yarding wood in swampy conditions. As a result of experimental studies in winter and summer, a full range of operational features of the use of cable yarders in swampy logging areas was identified: multiple contact interactions of a trilled pack of timber with high stumps, timber in an apiary, groundwater discharge to the surface of a logging area, and etc. A technology for the development of cutting areas with the help of standing skyline, based on the technology of work of standing skyline, has been proposed. New methods of felling, under-drifting and yarding were proposed for the main technology. The main principle of the developed techniques is in the felling of trees in such a way that they are skidded without contact with the supporting trees and anchors of the intermediate support. Depending on the location of the pack, several options for working methods are offered: moving the pack bypassing the anchors or between the anchor and the supporting tree; turning the butts until they coincide with the axis of the skidding corridor or partially pulling the pack in the direction opposite to the main direction of skidding with subsequent movement along the skidding corridor.

Key words: standing skyline, technology, waterlogged areas, methods of work

For citation: Shoshyn A. O. New technological solutions for standing skyline in waterlogged areas. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2 (246), pp. 224–235 (In Russian).

Введение. Мобильные канатные трелевочные установки (МКТУ) широко используются в странах с горным рельефом местности: Италии, Чехии, Словакии, Швейцарии, Словении, Австрии, Турции, США и др. [1–17]. При этом

известно, что в Европе стоимость заготовки 1 м³ древесины с помощью таких систем дороже, чем наземной техникой и применение таких систем зачастую начинается в случаях, когда уклон превышает 40° [11]. В то же время кроме

экономической составляющей, значительное ограничение на выбор лесной техники оказывают законодательные акты, учитывающие экологические воздействия на лесную среду [18, 19, 20]. Применение МКТУ позволяет значительно уменьшить влияние лесозаготовок на лесные почвы по сравнению с наземным транспортом [13].

Технология работы МКТУ в зависимости от конструктивного исполнения подробно описана в источниках [3, 4, 21, 22, 23, 24, 25].

Исследованию влияния производственных факторов на производительность МКТУ посвящены работы Lindroos, Spinelli, Cavalli, Ghaffariyan, Stampfer и др [5, 7, 8, 10, 11, 14–17]. Все эти работы были основаны на опытных данных, по результатам которых формировались уравнения зависимости производительности канатных установок от учитываемых факторов: расстояние трелевки, расстояние подтрелевки, средний объем лесоматериала, среднее количество лесоматериалов в пачке, тип захватного устройства и т. д. При этом ввиду определенной разобщенности направлений выборки исследований было достаточно сложно объединить их результаты в одну общую систему. В изученной выборке работ отсутствуют труды по исследованиям производительности МКТУ в заболоченных условиях. При всем многообразии учетных факторов в описанных моделях производительности (models productivity) авторами не учитывались сезонность работ, вид почв, лесохозяйственные ограничения, которые в первую очередь влияли на технологию лесозаготовок в каждом конкретном случае, близость водных путей (реки, озера, болота), породный состав (хрупкость древесины ольхи черной) и др.

Для заготовки древесины на заболоченных участках МКТУ применяются значительно реже и, как следствие, изучение процесса первичного транспорта на таких территориях освещено не так полно [1, 2, 26].

Одним из возможных промежуточных решений между колесным и канатным транспортом является применение двухступенчатой трелевки с использованием трелевочных тракторов с канатно-чokerной оснасткой и МКТУ [24]. Это позволит улучшить условия работы за счет подвесной или полуподвесной трелевки вдоль несущего каната, однако общая эффективность увеличится незначительно ввиду слабой проходимости лесных почв на заболоченных территориях (рис. 1).

Практика применения таких установок в Республике Беларусь в условиях заболоченных лесосек показала, что нельзя полностью без изменения переносить опыт применения МКТУ в горных условиях на равнинные заболоченные лесосеки.

С учетом вышеописанной обширной работы ряда ученых можно сказать, что уже проделана значительная работа в изучении процесса работы МКТУ, при этом технологические схемы и приемы работы, адаптированные для применения в условиях именно заболоченного лесосечного фонда, на данный момент не разработаны. Поэтому была предпринята попытка более детального изучения процесса трелевки с помощью МКТУ с последующей выработкой рекомендаций по эксплуатации.

Основная часть. Цель – разработка технологических решений, позволяющих эффективно выполнять трелевку древесины на заболоченных лесных территориях. Задачи исследования:

- определение основных особенностей, затрудняющих эффективный процесс трелевки древесины на заболоченных лесосеках;
- разработка технологии эксплуатации мобильной канатной трелевочной установки в соответствии со спецификой условий заготовки;
- разработка специальных приемов работы для уменьшения негативного влияния негативных особенностей заболоченных труднодоступных лесосек.

Объект исследования – мобильные канатные трелевочные установки на заготовке древесины в заболоченных условиях.

При заготовке древесины на заболоченных лесосеках приходится сталкиваться с серьезными природно-производственными особенностями, основными из которых являются низкая несущая способность грунтов, выход грунтовых вод на поверхность (рис. 2, а) и высокие пни, корневища из нескольких деревьев (рис. 2, б), остающиеся после валки, высота которых по данным некоторых исследований составляет до 1,5 м [6].

Исходные данные для данной работы были получены путем проведения хронометражных исследований процесса трелевки древесины МКТУ чешского производства Larix 3T-500 в зимних [2] (рис. 3, а) и летних (рис. 3, б) условиях на базе ГПУ «Березинский биосферный заповедник», ГЛХУ «Узденский лесхоз», ГЛХУ «Глубокский опытный лесхоз». Преобладающей породой на исследуемых насаждениях была ольха черная, в меньшей степени примерно в равном соотношении береза, ель, реже сосна.

Исследуемая МКТУ Larix 3T-500 является монтируемой на базе лесной модификации сельскохозяйственного трактора 1525, максимальное тяговое усилие установки – 3 т, максимальное расстояние трелевки вдоль несущего каната – 500 м, высота мачты – 6 м, допускаемое расстояние подтрелевки – 80 м. Трелевка осуществлялась хлыстами за вершины с раскрывкой на верхнем складе. Разработка лесо-

сек велась пасаками шириной 160 м и длиной, равной ширине лесосеки. Бригада на основных лесосечных работах состояла из одного вальщика, одного чокаровщика, одного оператора лебедки, одного раскряжевщика. На подвозке к промежуточному складу применялись прицепные тележки либо форвардеры.

На основе анализа данных, полученных в результате выполнения хронометражных исследований, был выделен дополненный ряд характерных особенностей, сопутствующих заготовке древесины с использованием МКТУ в заболоченных условиях:

1) контакт перемещаемой пачки и деревьев промежуточных опор при подтрелевке;

- 2) зажим пачкой пня;
- 3) сопротивление перемещаемой пачке от встречаемых пней;
- 4) значительная доля затопленной водой площади лесосеки;
- 5) увеличенное количество лесосечных отходов за счет хрупкости древесины ольхи черной;
- 6) сложность осуществления точной валки порослевых пород (ольха, береза) по причине множественных корневищ, состоящих из нескольких стволов (2–5);
- 7) необходимость ритмичной совместной работы канатной установки и транспорта на подвозке.



Рис. 1. Низкая несущая способность лесных почвогрунтов при выполнении подвозки лесоматериалов



а



б

Рис. 2. Природно-производственные особенности заболоченного лесфонда Беларуси в зимних (*а*) и летних (*б*) условиях



а



б

Рис. 3. Применение мобильной канатной трелевочной установки в зимних (*а*) и летних (*б*) условиях

Первая особенность является технологической и вызвана тем, что при переходе от подтрелевки к трелевке пачка хлыстов не успевает повернуться и начинает выламывать опорное дерево и другие растущие по траектории движения дерева (например, при выполнении несплошной рубки, оставлении семенных деревьев и др.) (рис. 4, *а*).

Вторая особенность в большей степени является лесорастительным фактором и проявляется не ввиду неквалифицированной работы персонала с бензиномоторной пилой, а по причине невозможности безопасной и эффективной валки в порослевых насаждениях, так как комлевая часть таких деревьев представляет собой (рис. 4, *б*) конусовидное образование с высоким земляным холмом либо пенёк, сидящий на корнях и корневых наплывах (корневые наплывы на рисунке не показаны).

Третья особенность также возникает по причине вышеописанной особенности строения пней на заболоченных лесосеках. Лобовое сопротивление трелевке в виде пней (рис. 4, *в*) является классическим проблемным местом для заболоченных лесосек. Нередки случаи разрыва тягового каната при попытке преодоления пачкой такого препятствия.

Значительная доля площади с выходом воды на поверхность не позволяет использовать как колесную, так и гусеничную технику, а также с комбинированным типом движителя (четвертая особенность).

При проведении хронометражных исследований было отмечено, что при повале деревьев и их обработке бензиномоторной пилой образуется больше отходов, что вызвано хрупкостью древесины ольхи черной, которая составляет около половины и более доли запаса заболоченных насаждений (пятая особенность).

Наличие пней, сидящих на корневых лапах, и корневища, состоящие из нескольких (2–5) стволов (рис. 2, *б*), создает сложную ситуацию для безопасной и эффективной работы вальщика (шестая особенность).

При отсутствии четкой взаимосвязи между МКТУ на трелевке и форвардером на подвозке на верхнем складе скапливается значительный объем древесины, достигающий иногда более 100 м³, что снижает эффективность операций расчехровки и раскряжевки и увеличивает травмоопасность на этих операциях (седьмая особенность).

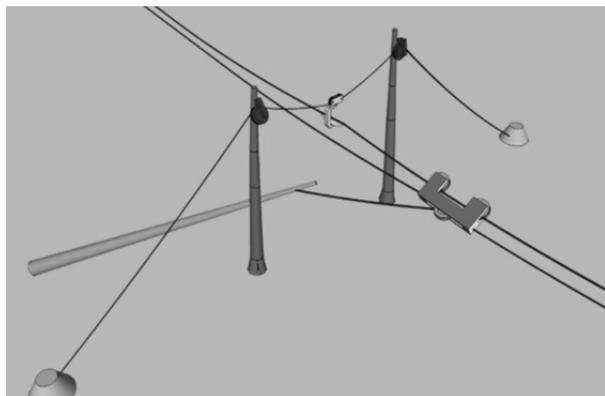
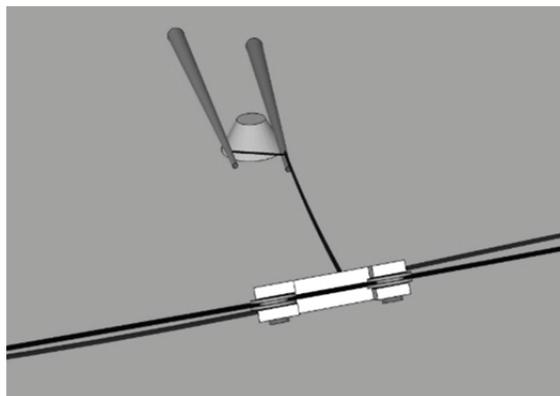
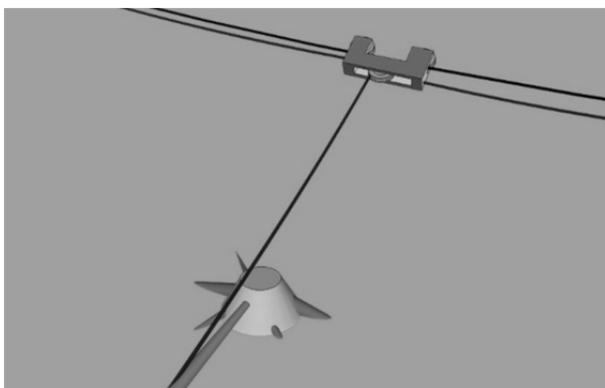
*а**б**в**г*

Рис. 4. Сложные ситуации во время трелевки МКТУ:

а – контакт пачки и деревьев промежуточных опор; *б* – зажим пачкой пня; *в* – упор лесоматериала в пенёк; *г* – переполненный штабель на верхнем складе

В результате изучения опыта технологии разработки лесосек канатными установками Чехии, Словакии, Украины, США, Норвегии и др. [3, 4, 9, 10, 12, 13, 21–26] не было выявлено специализированных технологических схем и рекомендаций для устранения вышеописанных особенностей. На данный момент достаточно трудоемкой задачей выглядит оценка степени влияния указанных сложных ситуаций на производительность МКТУ, однако совершенно точно очевиден значительный негативный эффект данных особенностей на безопасность работы персонала, надежность конструкции установок и эффективность выполнения лесозаготовительных работ в целом данной техникой.

Вышеописанные семь особенностей являются осложняющими заготовительный процесс при использовании МКТУ в заболоченных условиях. Для уменьшения их негативного воздействия предложены следующие решения:

1) уменьшение негативного влияния контакта перемещаемой пачки и деревьев промежуточных опор устраняется путем применения разработанных схем и приемов работы, которые описаны ниже;

2) для уменьшения количества зажимов пачкой следует вести точную валку с укладкой необходимого количества деревьев и минимальным разбросом по вершинам в перпендикулярном направлении к трелевочному коридору. Также в ситуациях, приближенных к зажиму вокруг пня, нужно работать последовательно и подтрелевывать хлысты по отдельности к несущему канату;

3) для минимизации негативного эффекта лобовых контактов пачки с пнями подтрелевка должна осуществляться кратковременными рывками (1–2 с) на минимальной скорости с использованием схем чокоровки и подтрелевки. Существуют общепринятые способы, приведенные в работе Самсета (рис. 5) [22]. Для этого чокоровка производится специальными способами (рис. 5, а–г), чтобы перенаправить силы для преодоления препятствий;

4) выход грунтовых вод на поверхность лесосеки является такой особенностью, которую нельзя решить простыми методами и средствами;

5) уменьшение объема лесосечных отходов, образующихся от падения ольховых деревьев, можно достичь при направлении падения дерева на «подушку» из веток и сучьев;

6) при выполнении валки деревьев, включающих несколько корневищ, необходимо в первую очередь руководствоваться правилами техники безопасности и производить повал путем направления падения дерева стволов в сто-

рону, перпендикулярно от плоскости, образуемой скоплением стволов.

Однако использование этих приемов является крайней мерой, так как предусматривает нагружение канатов в большей степени, чем при выполнении стандартных операций;

7) при планировании организации работы на лесосеке необходимо, чтобы производительность техники на подвозке (вывозке) была сопоставима или кратна производительности МКТУ; подвозка (трелевка) древесины должна осуществляться ритмично, чтобы на верхнем складе не скапливались высокие штабели.

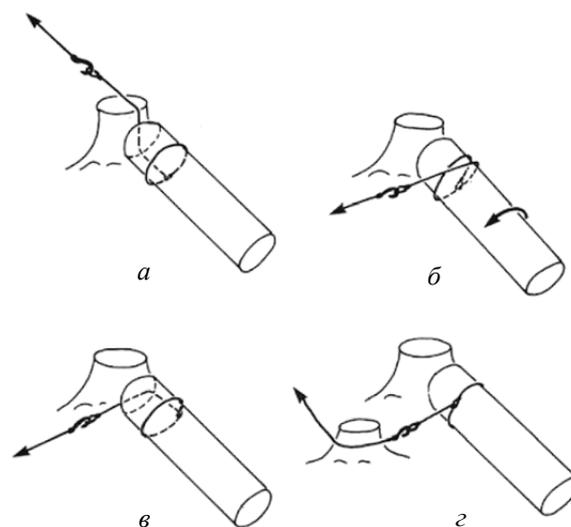


Рис. 5. Приемы работы при прохождении пня:
а – поднятие лесоматериала перед пнем;
б, в – скольжение по бревну в сторону;
г – перенаправление движения
с помощью другого пня

Предложенные решения стали основой для разработки технологии освоения лесосек с помощью МКТУ в условиях заболоченного лесфонда.

Технология освоения лесосеки. Основные лесосечные работы начинаются только после проведения подготовительных работ, которые включают [4, 22, 23, 25]:

- отметки границ пасек, трелевочных коридоров, полупасек, верхних складов и др.;
- строительство (укрепление) существующей дорожной сети;
- устройство площадки для установки на верхнем складе;
- формирование трелевочного коридора;
- прокладку рабочих канатов;
- устройство промежуточных опор;
- устройство тыловой опоры;
- установку каретки на несущий канат;
- пробный пуск установки на холостых оборотах.

Важно отметить, что предлагаемая технология в первую очередь направлена на применение в равнинных заболоченных лесосеках на сплошных рубках. Канатные установки могут применяться и на несплошных рубках, но в таком случае их производительность меньше. Также эффективное использование канатных установок не будет обеспечено без хорошо развитой дорожной сети [4].

При разработке технологических схем освоения лесосек с использованием мобильных канатных трелевочных установок учитывалось, что одна из наиболее распространенных конструкций МКТУ в мире – это система с неподвижным несущим канатом (*standing skyline*) [4], и разработанные схемы учитывают в полной мере именно эту систему. Разработанная технология может применяться как для установок с неподвижным канатом на базе трактора (*Larix 3T*, *Ritter KSK-1*, *Koller K300T* и др.), так и на базе автомобиля (*Koller K602 GH* и др.).

Канатные трелевочные системы, работающие без промежуточных опор с использованием грейферного захвата (*live skyline*), с поворотной мачтой (*running skyline*), не приспособлены для работы по нижеописанной технологии.

При выборе схемы разработки лесосеки приоритет был отдан параллельной перед треугольной. Это вызвано рядом причин, в первую очередь возможностью создания нескольких погрузочных пунктов, что делает трелевку независимой от вывозки; меньшее количество перестановок и вследствие этого меньшие трудозатраты на монтажно-демонтажные работы; полное использование площади пасаек без перекрытий по сравнению с другими пасаками (треугольная схема).

В настоящее время для установок преимущественно применяется параллельная схема с подтрелевкой лесоматериалов к несущему канату. Технология работы установок системы *standing skyline* позволяет добиться значительных размеров пасаки (до 160 м).

Разработка лесосеки (делянки) ведется последовательно, начиная с левого (правого) края при выполнении сплошных рубок главного пользования; полосами при выполнении полосно-постепенных несплошных рубок главного пользования. Схема разработки лесосеки представлена на рис. 6. Разработанная технология освоения лесосек с помощью МКТУ может быть применима для любой установки, имеющей несущий, тяговый, возвратный канаты, а для ряда конструкций грузоподъемный и вспомогательный.

Заготовка древесины канатной трелевочной установкой 22 может вестись с трелевкой деревьев, хлыстов или сортиментов, наиболее

предпочтительной является с трелевкой хлыстов. Ширина пасаки назначается с учетом конструктивных особенностей установки и средней высоты дерева. Рекомендуется вести трелевку хлыстами 17 с раскрывкой их на верхнем складе. В таком случае ширина пасаки 2 в зависимости от конструкции установки может составлять 80–160 м, ширина коридора 8 должна быть в пределах 5–7 м. Трелевка хлыстов должна вестись преимущественно за вершины, допускается трелевка хлыстов за комли в непосредственной близости от несущего каната (до 10 м), а также в случаях, когда другого способа нет. При выполнении трелевки сортиментами рекомендуется уменьшать ширину пасаки в два-три раза по сравнению с данным параметром для заготовки хлыстов – 30–60 м. Каждая пасака, разрабатываемая с помощью МКТУ, примыкает непосредственно к лесохозяйственной дороге 1 и отделяется от соседних древостоев или других пасаек условной границей 2. Верхний склад отделен от основной площади пасаки условной границей 4. Зона верхнего склада разрабатывается в первую очередь, после чего производится заготовка древесины на основной площади пасаки. Отличием от существующей структуры пасаки с двумя полупасаками и волоком является наличие двух дополнительных полупасаек 5 и основных полупасаек 6 по обе стороны от оси трелевочного коридора 8, по линии которой происходит перемещение трелевочной каретки 18. В зависимости от конструкции установки, лесохозяйственных требований к разработке данной лесосеки соотношение размеров основной и дополнительной полупасаек может быть различным. Основной полупасакой предлагается считать ту полосу леса вдоль оси трелевочного коридора, валка деревьев на которой под углом 90° (или близким к нему) по отношению к оси трелевочного коридора невозможна. Валка деревьев на основной полупасаке по возможности должна производиться под острым углом к оси трелевочного коридора в сторону верхнего склада. Валка деревьев, растущих на дополнительных полупасаках, может свободно вестись перпендикулярно оси трелевочного коридора. Ширина пасаки принимается равной двойной величине максимального расстояния подтрелевки для МКТУ по паспорту установки. Ширина основной полупасаки принимается равной величине средней высоты дерева на лесосеке (20–25 м), ширина дополнительной полупасаки определяется путем нахождения разности между половиной ширины пасаки и шириной основной полупасаки (либо разности максимального расстояния подтрелевки установки и ширины

основной полупасеки). Ширину трелевочного коридора не включаем в ширину полупасеки. Например, при ширине пасеки, равной 100 м, ширине коридора 5 м, средней высоте дерева 20 м половина ширины пасеки будет равна 47,5 м, а значения ширины основной и дополнительной полупасек составят 20 и 27,5 м соответственно.

Процесс разработки происходит следующим образом. Вальщик выполняет направленную валку деревьев в соответствии с тем, на каком удалении от несущего каната он находится (это будет пояснено ниже). В общем случае валка выполняется в направлении, перпендикулярном несущему канату или под углом к нему. Тяговый канат вручную подтягивается чокеровщиком к поваленным деревьям, где производится формирование пачки 17 путем последовательной зацепки хлыстов в количестве, равном рейсовой нагрузке. После сигнала оператору установки о начале рейса через рацию производится сначала на небольшой скорости (0–0,5 м/с) подтрелевка пачки к несущему канату. После подтрелевки пачки к несущему канату она доворачивается в сторону верхнего склада, и далее выполняется трелевка на рабочей паспортной скорости. Каретка 18 перемещается по несущему канату 15 с помощью тягового каната (на рисунке не показан). После достижения пачкой верхнего склада производится разгрузка пачки в непосредственной близости от сформированного штабеля 19. После чего производится раскрывка на сортименты. Заготовленные сортименты с уже разработанных и еще разрабатываемых пасек собираются с помощью погрузочно-транспортных машин и форвардеров 3. Каретка после освобождения ее от груза порожним ходом возвращается к месту, непосредственно прилегающему к разрабатываемой части пасеки. Возврат каретки осуществляется за счет приведения в действие возвратного каната 14 и расслабления тягового (в отдельных случаях еще подъемного и вспомогательного канатов). При разработке лесосек длиной более 100 м необходимо производить устройство промежуточных опор 13. Они включают в себя два здоровых дерева достаточной толщины на уровне груди (более 30 см), находящиеся по обе стороны от оси трелевочного коридора, между которыми натянут поперечный канат (в плане пересекается с несущим под прямым углом). Поперечный канат удерживает направляющую для несущего каната – опорный башмак. В первую очередь разрабатываются участки, смежные слева и справа с верхним складом и дорогой, и прилегающие к ним

дополнительные полупасеки. Валка преимущественно ведется вершинами в направлении штабеля.

После этого продолжают разрабатывать пасеку вглубь леса участками длиной 40–50 м (двойная высота дерева). В первую очередь разрабатывают полосы основных полупасек, прилегающие к трелевочному коридору с двух сторон, далее дополнительные полупасеки, прилегающие к ним слева и справа. Таким образом продвигаются до промежуточных опор. Описанным способом разрабатывается большая часть площади лесосеки, кроме части зоны пасеки за каждой промежуточной опорой (если смотреть со стороны верхнего склада). Далее будет описано, как разрабатываются эти участки.

Общий принцип направления валки на лесосеке следующий: деревья, растущие в зоне до 10 м в сторону от трелевочного коридора, приземляются параллельно ему; валка деревьев в зоне от 10 до 30 м (граница основной полупасеки) осуществляется под углом 30–60° к оси; деревья, растущие на расстоянии более 30 м от оси, приземляются под углом 90° к оси.

При трелевке деревьями их валка должна осуществляться комлями в сторону несущего каната преимущественно под углом 90° с последующим перемещением их за комли полуподвесным способом.

Ширина пасеки при трелевке деревьев и сортиментов должна назначаться меньше, чем при трелевке хлыстов, ориентировочно, в два раза (равна максимальному расстоянию подтрелевки). Это вызвано требованиями безопасности ввиду большого количества лобовых сопротивлений. Трелевка деревьев вверх (вниз) по склону должна осуществляться только за комли.

Для разработки участков, непосредственно прилегающих к деревьям промежуточных опор, предлагаются новые приемы работы (рис. 7).

Данные приемы позволяют исключить неэффективные и трудозатратные особенности подтрелевки хлыстов, которые наблюдаются в практике применения МКТУ на данный момент при вытягивании лесоматериалов вблизи промежуточных опор. Разработка зоны за промежуточной опорой представляет собой один из самых ответственных этапов при разработке конкретной пасеки, так как при несоблюдении приемов работы на данном участке резко возрастает травмоопасность и опасность поломки деревьев промежуточных опор. Это может быть вызвано трением пачки о дерево, врезанием пачки в дерево и т. д.

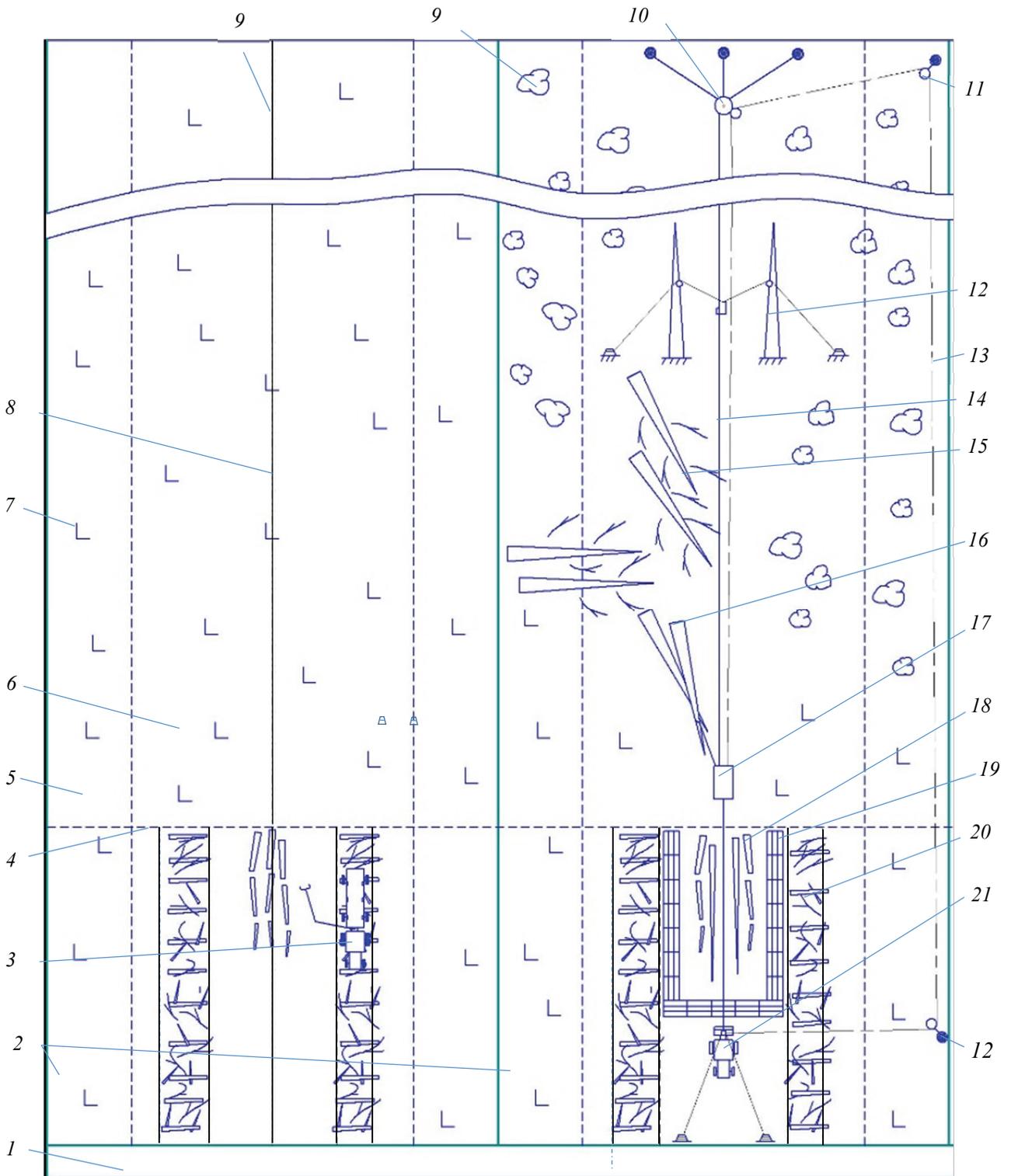


Рис. 6. Схема разработки лесосеки:

- 1 – лесохозяйственная дорога; 2 – граница пасеки;
- 3 – погрузочно-транспортная машина; 4 – граница верхнего склада;
- 5 – дополнительная полупасака; 6 – основная полупасака;
- 7 – пень; 8 – ось трелевочного коридора; 9 – растущее дерево;
- 10 – тыловая опора с растяжками; 11 – обводные блоки возвратного каната;
- 12 – промежуточная опора; 13 – возвратный канат;
- 14 – несущий канат; 15 – сформированная пачка;
- 16 – трелеваемая пачка; 17 – каретка; 18 – штабель; 19 – настил из досок;
- 20 – укрепленный подъездной путь; 21 – канатная установка с растяжками

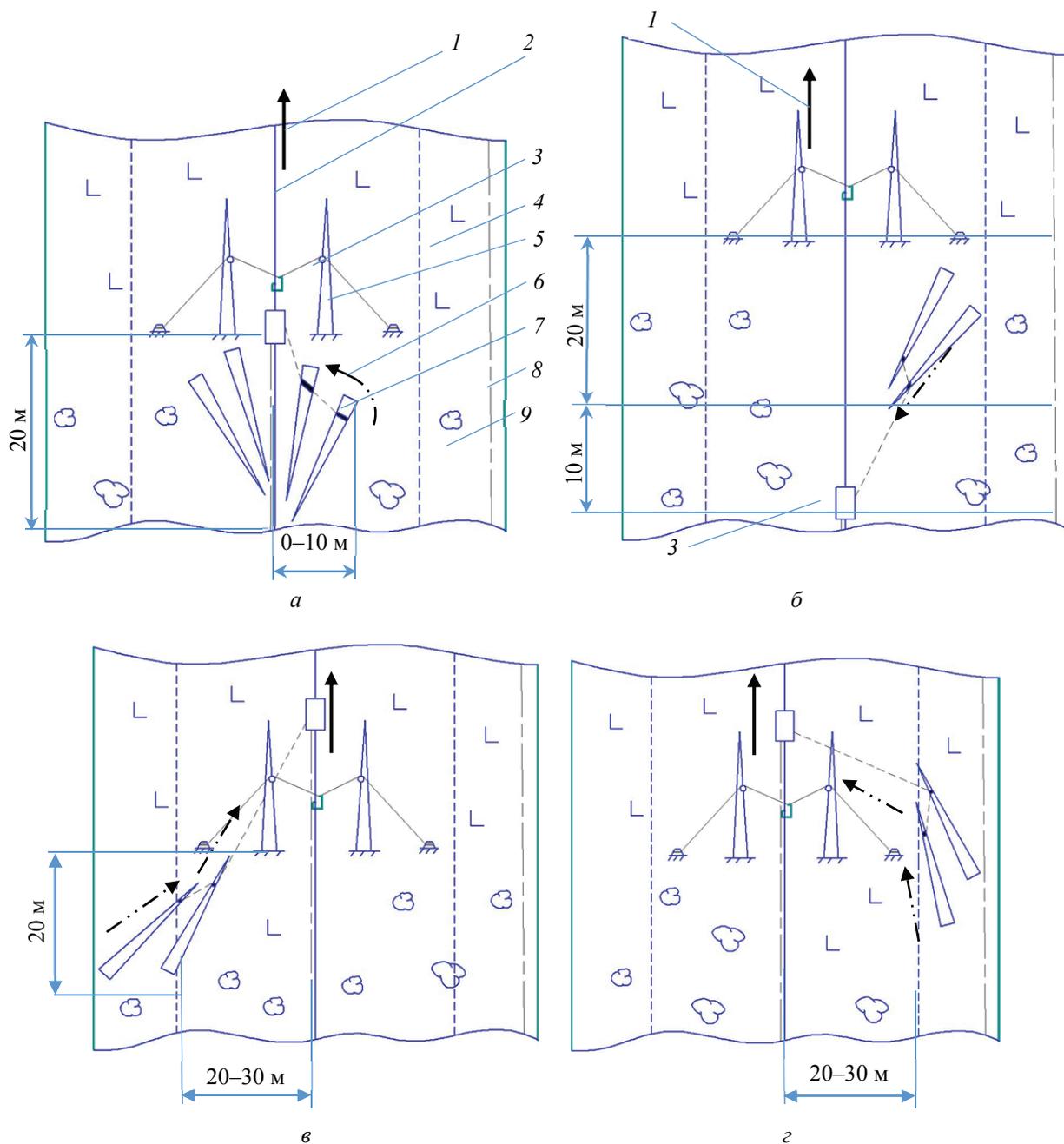


Рис. 7. Схема разработки участка за промежуточными опорами:

a – зона 0–10 м от несущего каната;

б – участок длиной до 20 м после промежуточной опоры;

в – верхняя часть ствола после валки находится на основной полупасеке между якорем и деревом промежуточной опоры;

г – пачка хлыстов с дополнительной полупасеки подтягивается под углом к каретке, минуя якорь и деревья промежуточной опоры;

1 – направление трелевки; *2* – несущий канат; *3* – каретка;

4 – якорь промежуточной опоры; *5* – тягово-грузоподъемный канат;

б – направление разворота пачки; *7* – зачокерованная пачка;

8 – возвратный канат; *9* – дополнительная полупасека

Схема *a* (рис. 7) применима в случаях трелевки хлыстов, зачокерованных в непосредственной близости от несущего каната (деревья, растущие в зоне 0–10 м от несущего каната), когда валка вершинами в сторону верхнего

склада приведет к его падению на деревья промежуточной опоры, поперечный или несущий канат. Валка выполняется в противоположную от верхнего склада сторону. Хлысты в пачке чокеруются за комель, при подъеме частично

разворачиваются относительно вершин до положения, параллельного трелевочному коридору, и перемещаются к верхнему складу.

Схема б (рис. 7) будет эффективной в случаях, когда трелюются хлысты из основной полупасаки на участке длиной до 20 м после промежуточной опоры. Валка выполняется вершиной в сторону, обратную от верхнего склада, таким образом, чтобы на первом этапе подтрелевать пачку к каретке и при трелевке к верхнему складу пачка успевала бы повернуться до положения, параллельного относительно оси несущего каната.

Деревья, расположенные на дополнительных полупасаках возле промежуточных опор, рекомендуется разрабатывать по схемам в и г (рис. 7). Отличие между схемами заключается в том, что схема в (рис. 7) применяется в случаях, когда вершинная часть ствола после валки находится на основной полупасаке между якорем и деревом промежуточной опоры, а схема г (рис. 8) в случае, если 1/3–1/2 ствола окажется за якорем промежуточной опоры.

При применении схемы в деревья перемещаются в пространстве между якорем и деревом промежуточной опоры. Для применения данной схемы не требуется высокая точность валки, так как направление подтрелевки может быть скорректировано перемещением каретки по несущему канату за промежуточной опорой.

В случае применения схемы г контакт пачек и промежуточной опоры полностью исключен. Пачка хлыстов с дополнительной полупасаки подтягивается под углом к каретке, минуя якорь и деревья промежуточной опоры.

Очевидно, что строгого алгоритма выполнения предложенных специальных приемов нет и не может быть. Данные приемы должны применяться в соответствии с каждой конкретной ситуацией на лесосеке, в рамках техники безопасности, при отсутствии противоречий со стороны особенностей конструкции и эксплуатации установки. Немаловажную роль будет играть опыт работы персонала.

Выводы. Укрупненно рекомендации по освоению заболоченных лесосек с помощью МКТУ включают:

- 1) осуществление двухэтапной трелевки: на первом этапе трелевка хлыстов к верхнему складу, на втором – подвозка сортиментов на промежуточный склад;
- 2) осуществление трелевки хлыстов преимущественно за вершины;
- 3) применение разработанных приемов и технологии заготовки древесины на лесосеке;
- 4) последовательная чокеровка при подтрелевке и прохождении хлыстами пней;
- 5) подсыпка местного грунта при укреплении подъездных путей;
- 6) формирование плотного штабеля на верхнем складе высотой не более 0,7 м, раскрывка хлыстов на верхнем складе;
- 7) приоритет разработки лесосеки с одной технологической стоянки;
- 8) подготовка рабочего места для раскрывщика:
 - укладка настилов из отходов лесопиления;
 - применение щитовых настилов;
- 9) при выходе грунтовых вод на поверхность волока, когда пачка полностью или частично перемещается в воде, допускается увеличение объема пачки на 20%.

Список литературы

1. Веселы П. Канатные дороги Ларикс на болотах // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы 1-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск: БГТУ, 2017. С. 50–54.
2. Шошин А. О., Протас П. А., Мохов С. П., Гречко В. В. Исследование процесса трелевки хлыстов на заболоченных лесосеках канатными установками в зимний период // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы 1-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск: БГТУ, 2017. С. 72–76.
3. Štollmann V., Ilčík Š., Nikitin J. R. Rekuperačné lanové zariadenia. Vysokoškolská učebnica, Technická univerzita vo Zvolene, 2017. 171 p. (in Slovak).
4. Mike Lulay, Jeff Wimer. Yarding and loading: handbook. Osha, 2010. 164 c.
5. Lindroos O., Cavalli R. Cable yarding productivity models: a systematic review over the period 2000–2011 // International journal of forest engineering. 2016. Vol. 27, no 2. P. 79–94.
6. Spinelli R., Magagnotti N., Lombardini C. Performance, capability and costs of small-scale cable yarding technology. Small-Scale For. 2010. 9. P. 123–135.
7. Stampfer K., Visser R., Kanzian C. Cable corridor installation times for European yarders. 2006. P. 71–77.
8. Largo S., Han H. S., Johnson L. Productivity and cost evaluation for on-guyline yarders in Northern Idaho. COFE (Council on Forest Engineering) conference “Machine and people, the interface”. 2004. P. 27–30.
9. Eker M., Acar H., Karaman A., Caglar S. In: Arzberger U., Grimoldi M. Gantner skyline for timber extraction in Turkish forestry. New trends in wood harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains. Ossiach, Austria. Rome: FAO/ECE/ILO and IUFRO, 2003. P. 121–128.

10. Devlin G., Klvač R. How technology can improve the efficiency of excavator-based cable harvesting for potential biomass extraction – a woody productivity resource and cost analysis for Ireland // *Energies*. 2014. 7. P. 8374–8395.
11. Spinelli R., Magagnotti N., Visser R. Productivity Models for Cable Yarding in Alpine Forests // *European Journal of Forest Engineering*. 2015. 1 (1). P. 9–14.
12. Enache A., Martin Kühmaier M., Visser R., Stampfer K. Forestry operations in the European mountains: a study of current practices and efficiency gaps // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2016. P. 412–427.
13. Miller J. H., Sirois D. L. Soil Disturbance by Skyline Yarding vs. Skidding in a Loamy Hill Forest // *Soil Science Society of America Journal*. 1986. Vol. 50, no. 6. P. 1579–1583.
14. Zimbalatti G., Proto A.R. Timber extraction with a cable crane in South Italy (Calabria) // *FORMEC 2010. Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment*. July 11–14, 2010, Padova–Italy. P. 7.
15. Hoffmann S., Jaeger D., Schoenherr S., Lingenfelder M., Dongjing Sun, Ji Zeng. The effect of forest management systems on productivity and costs of cable yarding operations in southern China // *Forestry Letters*. 2016. No 109. P. 11–24.
16. Hartley D. Effects of alternative silvicultural treatments on cable harvesting productivity and cost in Western Washington // *Western Journal of Applied Forestry*. 2007. Vol. 22, No. 3. P. 204–212.
17. Ghaffariyan M. R., Stampfer K., Sessions J. Production equations for tower yarders in Austria // *International Journal of Forest Engineering*. 2009. Vol. 20, no. 1. P. 17–21.
18. Правила рубок леса в Республике Беларусь: утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь от 19.12.2016 № 68. URL: <https://statut.by/novosti/1298-31-12-2016-2>. Дата обращения: 11.06.2021.
19. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Машины для рубок леса. Общие технические требования: СТБ 1342-2002. Введ. 01.01.2003. URL: https://gost-snip.su/document/stb_1342_2002_ustoychivoe_lesoupravlenie_i_lesopolzovanie_mashini_dlya. Дата обращения: 11.06.2021.
20. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Рубки главного пользования. Требования к технологиям. СТБ 1360-2002. Введ. 01.07.2003. URL: <https://tnpa.by/#!/DocumentCard/142215/162656>. Дата обращения: 11.06.2021.
21. Přemysl Horek. Lesní lanovky. Praha, Czech Republic. 2007. 104 s. (In Czech).
22. Samset I. Winch and Cable Systems. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1985. 539 p.
23. Белая Н. М. Канатные лесотранспортные установки // *Лесная промышленность*. 1967. С. 299.
24. Бондаренко А. В. Совершенствование технологического процесса первичной транспортировки древесины в горных условиях лесозаготовок: автореф. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Воронеж, 2015. 16 с.
25. Logging and transport in steep terrain // *Report of the Fourth FAO/AUSTRIA Training course on mountain forest roads and harvesting*. Rome FAO, 1985. 345 p.
26. Ходосовский М. В. Исследование проходимости хлыстов при полуподвесной трелевке ледками: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Минск, 1968. 276 с.

References

1. Vesely P. Larix cableway in the swamp. *Lesozagotovitel'noye proizvodstvo: problemy i resheniya: materialy 1-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Logging industry: problems and solutions: materials of International scientific-technical conference]. Minsk, 2017, pp. 50–54 (In Russian).
2. Shoshyn A. O., Protas P. A., Mokhov S. P., Grechko V. V. Study of the cable crane tree-skidding process on swampy logging sites in the winter season. *Lesozagotovitel'noye proizvodstvo: problemy i resheniya: materialy 1-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Logging industry: problems and solutions: materials of International scientific-technical conference]. Minsk. 2017, pp. 72–76 (In Russian).
3. Štollmann V., Ilčík Š., Nikitin J. R. Rekuperačné lanové zariadenia. *Vysokoškolská učebnica, Technická univerzita vo Zvolene*, 2017. 171 p. (In Slovak).
4. Mike Lulay, Jeff Wimer. Yarding and loading: handbook. Osha, 2010. 164 с.
5. Lindroos O., Cavalli R. Cable yarding productivity models: a systematic review over the period 2000-2011. *International journal of forest engineering*, 2016, vol. 27, no. 2, pp. 79–94.
6. Spinelli R., Magagnotti N., Lombardini C. Performance, capability and costs of small-scale cable yarding technology. *Small-Scale For.* 2010, 9, pp. 123–135.
7. Stampfer K., Visser R., Kanzian C. Cable corridor installation times for European yarders, 2006, pp. 71–77.
8. Largo S., Han H. S., Johnson L. Productivity and cost evaluation for on-guyline yarders in Northern Idaho. COFE (Council on Forest Engineering) conference “Machine and people, the interface”, 2004, pp. 27–30.
9. Eker M., Acar H., Karaman A., Caglar S. In: Arzberger U., Grimoldi M. Gantner skyline for timber extraction in Turkish forestry. New trends in wood harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains. Ossiach, Austria, Rome, FAO/ECE/ILO and IUFRO, 2003, pp. 121–128.

10. Devlin G., Klvač R. How technology can improve the efficiency of excavator-based cable harvesting for potential biomass extraction – a woody productivity resource and cost analysis for Ireland. *Energies*, 2014, no. 7, pp. 8374–8395.
11. Spinelli R., Magagnotti N., Visser R. Productivity Models for Cable Yarding in Alpine Forests. *European Journal of Forest Engineering*, 2015, 1 (1), pp. 9–14.
12. Enache A., Martin Kühmaier M., Visser R., Stampfer K. Forestry operations in the European mountains: a study of current practices and efficiency gaps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2016, pp. 412–427.
13. Miller J. H., Sirois D. L. Soil Disturbance by Skyline Yarding vs. Skidding in a Loamy Hill Forest // *Soil Science Society of America Journal*, 1986, vol. 50, no. 6, pp. 1579–1583.
14. Zimbalatti G., Proto A.R. Timber extraction with a cable crane in South Italy (Calabria). *FORMEC 2010. Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment. July 11–14, 2010*. Padova, Italy, 2010. 7 p.
15. Hoffmann S., Jaeger D., Schoenherr S., Lingenfelder M., Dongjing Sun, Ji Zeng. The effect of forest management systems on productivity and costs of cable yarding operations in southern China. *Forestry Letters*, 2016, no. 109, pp. 11–24.
16. Hartley D. Effects of alternative silvicultural treatments on cable harvesting productivity and cost in Western Washington. *Western Journal of Applied Forestry*, 2007, vol. 22, no. 3, pp. 204–212.
17. Ghaffariyan M. R., Stampfer K., Sessions J. Production equations for tower yarders in Austria. *International Journal of Forest Engineering*, 2009, vol. 20, no. 1, pp. 17–21.
18. *Pravila rubok lesa v Respublike Belarus': utv. Postanovleniem Ministerstva lesnogo khozyastva Respubliki Belarus'* [Forest felling rules in the Republic of Belarus, approved by the Resolution of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus dated December 19, 2016, no. 68]. Available at: <https://statut.by/novosti/1298-31-12-2016-2> (accessed 11.06.2021).
19. STB 1342-2002. *Ustoychivoye lesoupravleniye i lesopol'zovaniye. Mashiny dlya rubok lesa. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya* [Sustainable forest management and forest management. Forestry machines. General technical requirements]. Available at: https://gost-snip.su/document/stb_1342_2002_ustoychivoye_lesoupravlenie_i_lesopolzovanie_mashini_dlya. (accessed 11.06.2021).
20. STB 1360-2002. *Ustoychivoye lesoupravleniye i lesopol'zovaniye. Rubki glavnogo pol'zovaniya. Trebovaniya k tekhnologiyam* [Sustainable forest management and forest management. Final felling. Technology requirements]. Available at: <https://tnpa.by/#!/DocumentCard/142215/162656> (accessed 11.06.2021).
21. Přemysl Horek. *Lesní lanovky*. Praha, Czech Republic, 2007. 104 s. (In Czech).
22. Samset I. *Winch and Cable Systems*. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1985. 539 p.
23. Belaya N. M. *Cable yarding systems*. Moscow, Lesnaya promyshlennost', 1967. 299 p.
24. Bondarenko A. V. *Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa pervichnoy transportirovki drevesiny v gornykh usloviyakh lesozagotovok* [Improvement of the technological process of the primary transportation of wood in the mountainous conditions of logging. Abstract of thesis cand. of tekhn. sci.]. Voronezh, 2015. 16 p.
25. Logging and transport in steep terrain. *Report of the Fourth FAO/AUSTRIA Training course on mountain forest roads and harvesting*. Rome FAO, 1985. 345 p.
26. Khodosovsky M. V. *Issledovaniye prokhdimosti khlystov pri polupodvesnoy trelevke lebedkami*. Dis. kand. tekhn. nauk [Research stems patency at high lead yarding winches. Diss. of the cand. of tekhn. sci.]. Minsk, 1968. 276 p.

Информация об авторе

Шошин Артем Олегович – ассистент кафедры механики и конструирования. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: raul777gol@mail.ru, shoshyn@belstu.by

Information about the author

Shoshyn Artsiom Olegovich – assistant, the Department of Mechanics and Engineering. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: raul777gol@mail.ru, shoshyn@belstu.by

Поступила 12.03.2021