

УДК 630\*614.3

**А. А. Духовник<sup>1</sup>, Е. А. Леонов<sup>1</sup>, С. Е. Арико<sup>1</sup>, Д. В. Клоков<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ  
ТРУДНОДОСТУПНОГО ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА**

В статье рассмотрен актуальный вопрос освоения труднодоступного лесосечного фонда в условиях лесозаготовительных предприятий Республики Беларусь. Особенностью разработки таких лесосек является значительное использование ручного труда, низкая производительность и высокая вероятность производственного травматизма. Это приводит к неполному освоению расчетной лесосеки. Для решения поставленной проблемы авторами предлагается новый способ разработки лесосек. Его особенность состоит в том, что лесосеку разрабатывают в два этапа. На первом этапе разрабатывают доступные ее участки полосами шириной равной двойному вылету гидроманипулятора харвестера. Для этого применяется система машин «харвестер и форвардер». На втором этапе разрабатывают труднодоступные участки лесосеки с разбивкой их на пасеки шириной 25–30 м перпендикулярно к подъездному лесовозному пути. Для этого используют бензопилы, колесный трелевочный трактор и харвестер. Предлагаемый способ разработки лесосек позволит снизить долю ручного труда на операциях по очистке деревьев от сучьев и раскряжке хлыстов на труднодоступных участках. Это обеспечит повышение производительности работ на таких лесосеках на 19–23%. Машинный способ обрезки сучьев снизит травматизм при работе, обеспечит более высокую культуру производства. Данный способ разработки лесосеки позволит повысить сохранность наземной растительности, улучшит биоразнообразие за счет меньшего воздействия на почвогрунты колесного движителя. Такие меры приведут к ускорению процесса лесовозобновления на участках, где производились лесозаготовительные работы.

**Ключевые слова:** технология, труднодоступные лесосеки, система машин, эффективность.

**Для цитирования:** Духовник А. А., Леонов Е. А., Арико С. Е., Клоков Д. В. Совершенствование технологии освоения труднодоступного лесосечного фонда // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 196–201.

**A. A. Dukhovnik<sup>1</sup>, E. A. Leonov<sup>1</sup>, S. Ye. Ariko<sup>1</sup>, D. V. Klovov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Belarusian State Technological University<sup>2</sup>Belarusian National Technical University**PERFECTION OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT  
OF DIFFICULT-CUTTING FUND**

The article deals with the topical issue of the development of hard-to-reach logging fund in the conditions of logging enterprises of the Republic of Belarus. A feature of the development of such cutting areas is the significant use of manual labor, low productivity and a high probability of industrial injuries. This leads to incomplete development of the allowable cut. To solve the problem posed, the authors propose a new method for the development of cutting areas. Its peculiarity lies in the fact that the cutting area is developed in two stages. At the first stage, its accessible sections are developed in strips equal to the double reach of the harvester's hydraulic manipulator. For this, the “harvester and forwarder” machine system is used. At the second stage, hard-to-reach areas of the felling area are developed with their breakdown into apiaries 25–30 m wide perpendicular to the access logging track. To do this, use chainsaws, a wheeled skidder and a harvester. The proposed method for the development of felling areas will reduce the share of manual labor in operations for clearing trees from branches and bucking logs in hard-to-reach areas. This will ensure an increase in the productivity of work at such cutting areas by 19–23%. The machine method of delimiting will reduce injuries during work, provide a higher production culture. This method of developing the cutting area will improve the safety of terrestrial vegetation, improve biodiversity due to less impact on the soil of the wheeled propeller. Such measures will lead to an acceleration of the reforestation process in the areas where logging was carried out.

**Key words:** technology, hard-to-reach felling areas, machine system, efficiency.

**For citation:** Dukhovnik A. A., Leonov E. A., Ariko S. Ye., Klovov D. V. Perfection of technology development of difficult-cutting fund. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2 (246), pp. 196–201 (In Russian).

**Введение.** В Республике Беларусь с каждым годом возрастает объем годовой расчетной лесосеки [1]. Так, в 2021 г. плановые показатели по заготовке древесного сырья по всем видам рубок приближаются к 30,0 млн м<sup>3</sup>.

Возросший за последние годы в государственных лесохозяйственных учреждениях (ГЛХУ) Министерства лесного хозяйства парк лесозаготовительных машин отличается большим разнообразием. При этом различные почвенно-грунтовые условия, размерно-качественные характеристики насаждений, виды и способы рубок леса и другие факторы характеризуют особые требования к технико-эксплуатационным параметрам применяемых лесных машин [2].

В этой связи в 2020 г. на предприятиях системы Минлесхоза насчитывалось 294 харвестера, 350 форвардеров, 817 сортиментовозов, 1285 машин погрузочно-транспортных, 60 рубильных мобильных машин и другой техники.

Кроме этого, в Республике Беларусь активно развивается рынок услуг со стороны частных лесозаготовителей, доля участия которых в освоении расчетной лесосеки постоянно увеличивается.

Реализация амбициозной цели Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь по выводу отрасли на самоокупаемость невозможна без решения следующих основных задач:

- рационального и своевременного освоения расчетной лесосеки, в том числе по труднодоступному лесосечному фонду;
- рационального и комплексного использования лесных ресурсов, в том числе низкокачественной древесины и образующихся древесных отходов;
- развития в стране конкурентного рынка услуг по заготовке древесины между субъектами различных форм собственности.

**1. Специфика лесозаготовок Беларуси.** Особенностью лесозаготовительного производства в Республике Беларусь является практически повсеместное применение сортиментной технологии лесосечных работ [3–10]. Освоение расчетной лесосеки по главному пользованию осуществляют предприятия Министерства лесного хозяйства, УП «БР-Консалт» – управляющая компания «Холдинга организаций деревообрабатывающей промышленности», концерна «Беллесбумпром», а также предприятия других ведомств и организации частной формы собственности. При этом годовой лесосечный фонд, отведенный в рубку, условно делится на лесосеки с хорошей доступностью и труднодоступные.

Разработка лесосек с хорошей доступностью, отличающихся удовлетворительной не-

сущей способностью грунтов, как правило, осуществляется следующими вариантами систем машин: «харвестер – форвардер» (рис. 1) или «бензопила – погрузочно-транспортная машина» (рис. 2) [3–7].

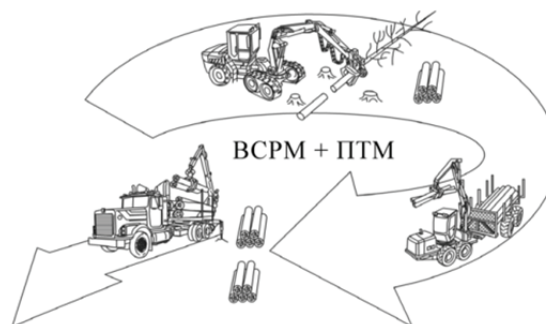


Рис. 1. Разработка лесосек с хорошей несущей способностью грунтов системой машин «харвестер – форвардер»

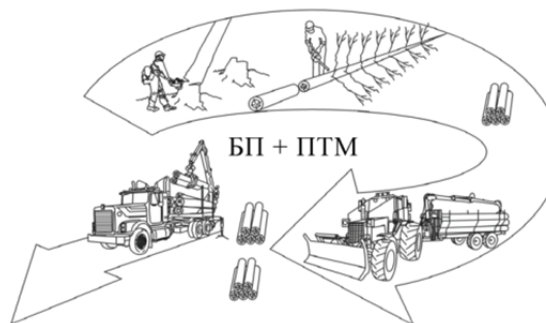


Рис. 2. Разработка лесосек с хорошей несущей способностью грунтов системой машин «бензопила – ПТМ»

Образующиеся вдоль трелевочного волокна лесосечные отходы оставляются на перегнивание или измельчаются передвижной рубильной машиной с бункером в топливную щепу и последующей ее отгрузкой в автощеповоз.

При необходимости сырье для производства топливной щепы в виде лесосечных отходов может собираться и доставляется на верхний (промежуточный) склад погрузочно-транспортной машиной (ПТМ), после чего происходит их укладка в кучи (валы) для последующего измельчения в топливную щепу рубильной машиной [11, 12].

При этом отечественный производственный опыт показал низкую эффективность применения колесных форвардеров на операции подвозки отходов лесозаготовок. Это связано с незначительной объемной массой перевозимого древесного сырья, а следовательно, и с низким статическим коэффициентом использования грузоподъемности транспортных средств [13].

Разработка труднодоступных лесосек, отличающихся слабой несущей способностью

грунтов, как правило, осуществляется с применением системы машин: «бензопила – трелевочный трактор с канатно-чokerным оборудованием» (рис. 3) [3–10, 11, 12].

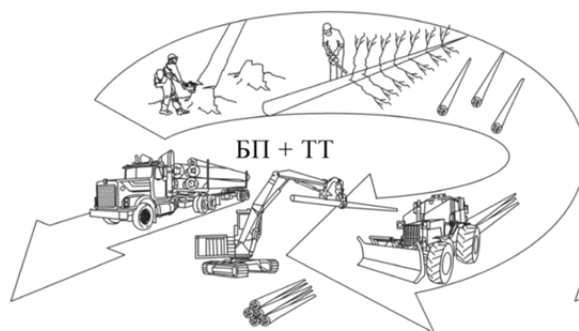


Рис. 3. Разработка труднодоступных лесосек системой машин «бензопила – трелевочный трактор»

Анализ существующих технологий и систем машин для выполнения лесосечных работ показал, что высокая механизация технологических операций с использованием машинных комплексов «харвестер – форвардер» характерна для лесосек с хорошей несущей способностью грунтов. В то же время разработка труднодоступного лесосечного фонда осуществляется главным образом с применением бензопил и трелевочных тракторов с канатно-чokerным оборудованием. Такой технологический процесс отличается значительной трудоемкостью, низкой производительностью и сопряжен с тяжелыми условиями труда, а также высокой вероятностью производственного травматизма.

**2. Технология разработки труднодоступного лесосечного фонда.** Для решения поставленных проблем авторами предлагается новый способ разработки лесосек. Его принципиальная особенность заключается в том, что после выполнения всех необходимых подготовительных работ лесосека разрабатывается в два этапа [14].

На первом этапе (рис. 4, а) разрабатывается доступная к освоению часть лесосеки 1. При этом в процессе движения по технологическому коридору 5 харвестер 8 производит разработку полосы леса шириной, равной двойному максимальному вылету стрелы гидроманипулятора.

Он осуществляет валку деревьев 9 с последующей очисткой их от сучьев, раскряжкой на сортименты 10 и укладкой их по обеим сторонам от технологического коридора 5. Лесосечные отходы 11, образующиеся после очистки деревьев 9 от сучьев и раскряжки хлыстов на сортименты 10, распределяются харвестером 8 по технологическому коридору 5 и прилегающих к нему участках для укрепления пу-

ти. Это обеспечивает повышение несущей способности грунтов технологического коридора 5, по которому перемещаются харвестер 8 и работающий на безопасном от него расстоянии форвардер 12, который производит сбор и подвозку сортиментов 10 на верхний склад 2.

На верхнем складе 2 сортименты 10 укладываются в штабели 13, а затем загружаются на лесовозный автопоезд 14 с гидроманипулятором, установленным на его раме, с последующей вывозкой потребителю.

Второй этап (рис. 4, б) разработки лесосеки 1 производится на труднодоступных ее участках по узкопосечной технологии. В этом случае разбивка неосвоенной части лесосеки 1 производится на пасеки 7 шириной 25–30 м по центру которых прокладываются трелевочные волоки 6 перпендикулярно к подъездному лесовозному пути 4.

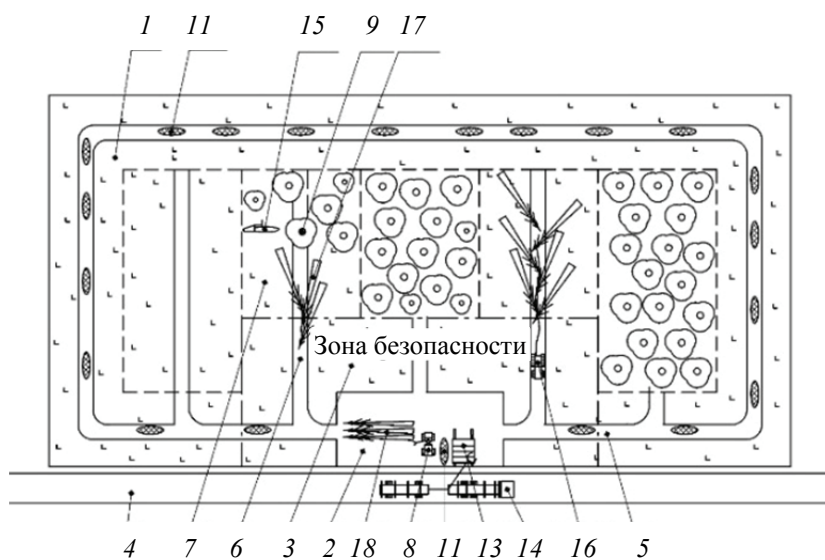
Разработка пасек 7 начинается с ближней по отношению к верхнему складу 2 стороны. Вальщик производит валку деревьев 9 бензопилой 15 вершиной на трелевочный волок 6. Колесный трелевочный трактор 16 с канатно-чokerной оснасткой движется по технологическому коридору 5 до границы пасеки 7, примыкающей к нему, с установкой на трелевочный волок 6 на безопасном расстоянии от работы вальщика. Далее он производит разворот с установкой щита до упора в землю по направлению к поваленным деревьям 17 на трелевочный волок 6. Канатометкость барабана колесного трелевочного трактора ТТР-411 составляет 90 м для одной из его модификаций. Такая длина каната позволяет обеспечивать сбор поваленных деревьев 17 по всей длине разрабатываемой пасеки 7 и трелевку за вершины на верхний склад 2 с укладкой их в штабель 18.

На верхнем складе 2 харвестером 8 производится очистка деревьев из штабеля 18 от сучьев с последующей раскряжкой ствольной части на сортименты 10 с укладкой их в штабели 13. Далее лесовозным автопоездом 14 с гидроманипулятором осуществляется вывозка древесины потребителю по подъездному лесовозному пути 4.

После выполнения основных лесосечных работ и вывозки с верхнего склада 2 древесины потребителю валы лесосечных отходов 11, образующиеся после обработки деревьев харвестером 8, перерабатываются передвижной рубильной машиной 19 с гидроманипулятором на щепу с последующей ее доставкой на энергообъекты автощеповозом 20 по подъездному лесовозному пути 4 или оставляются на верхнем складе 2 для перегнивания (рис. 4, в).



а



б



в

Рис. 4. Первый этап разработки лесосеки с использованием системы машин «харвестер – форвардер» (а), второй этап разработки лесосеки с использованием системы машин «бензопила – колесный трелевочный трактор с канатно-чокерной оснасткой – харвестер» (б) и переработка лесосечных отходов на топливную щепу (в)

**Заключение.** Проведенный анализ функционирования лесозаготовительного производства Республики Беларусь позволил выявить существующие в отрасли проблемы и предложить ряд рекомендаций по совершенствованию производственной деятельности предприятий лесного комплекса.

С целью совершенствования освоения лесосечного фонда в работе представлен запатентованный способ разработки лесосек, который позволяет [14]:

– снизить долю ручного труда на операциях по очистке деревьев от сучьев и раскряжке

хлыстов на труднодоступных участках заготовки древесины;

– снизить травматизм при работе и обеспечить более высокую культуру производства;

– обеспечить повышение производительности работ на лесосеках на 19–23%;

– повысить сохранность наземной растительности, улучшить биоразнообразие за счет меньшего воздействия на почвогрунты колесного движителя, а значит, ускорить процесс лесовозобновления на участках, где производились лесозаготовительные работы.

### Список литературы

1. Германович А. О., Леонов Е. А., Мохов С. П. Оборудование лесопромышленных предприятий. Практикум. Минск: БГТУ, 2020. 223 с.
2. Игнатенко В. В., Леонов Е. А. Установление рациональных параметров многооперационных машин в лесозаготовительной промышленности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 5–4. С. 291–295.
3. Леонов Е. А., Клоков Д. В. Технология лесозаготовок и переработки древесины. Минск: БГТУ, 2018. 231 с.
4. Федоренчик А. С., Клоков Д. В., Леонов Е. А. Технология и оборудование лесосечных и лесоскладских работ. Минск: БГТУ, 2016. 204 с.
5. Клоков Д. В., Турлай И. В., Леонов Е. А. Оборудование лесопромышленных предприятий. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2015. 200 с.
6. Федоренчик А. С., Клоков Д. В., Леонов Е. А. Энергетическое использование древесной биомассы. Практикум. Минск: БГТУ, 2015. 212 с.
7. Технология и оборудование комплексного использования древесного сырья. Практикум / А. С. Федоренчик [и др.]. Минск: БГТУ, 2014. 274 с.
8. Григорьев И. В., Валяжонков В. Д. Современные машины и технологические процессы лесосечных работ. СПб.: Темплан, 2009. 287 с.
9. Инновационные технологии лесосечных работ / И. Р. Шегельман [и др.]. Петрозаводск: Verso, 2016. 134 с.
10. Жуков А. В. Теория лесных машин. Минск: БГТУ, 2001. 640 с.
11. Федоренчик А. С., Ледницкий А. В. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов. Минск: БГТУ, 2010. 446 с.
12. Матвейко А. П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства. Минск: Техноперспектива, 2006. 444 с.
13. Кононович Д. А. Технологии очистки лесосек от лесосечных отходов // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2017. № 2. С. 245–250.
14. Способ разработки лесосеки: пат. 23001 Респ. Беларусь, МПК А01G23/02 / В. А. Симанович, Е. А. Леонов, Д. А. Кононович, С. Е. Арико, С. П. Мохов, С. А. Голякевич, А. А. Духовник; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № а 20180500; заявл. 04.12.2018; опубл. 27.03.2020.

### References

1. Hermanovich A. O., Leonov E. A., Mokhov S. P. *Oborudovaniye lesopromyshlennykh predpriyatiy. Praktikum* [Equipment for timber industry enterprises. Practicum]. Minsk, BGTU Publ., 2020. 223 p.
2. Ignatenko V. V., Leonov E. A. Establishment of rational parameters of multi-operation machines in the timber industry. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2015, no. 5–4, pp. 291–295 (In Russian).
3. Leonov E. A., Klokov D. V. *Tekhnologiya lesozagotovok i pererabotki drevesiny* [Logging and wood processing technology]. Minsk, BGTU Publ., 2018. 231 p.
4. Fedorenchik A. S., Klokov D. V., Leonov E. A. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesosechnykh i lesoskladskikh rabot* [Energy use of wood biomass. Practical work]. Minsk, BGTU Publ., 2016. 204 p.
5. Klokov D. V., Turlay I. V., Leonov E. A. *Oborudovaniye lesopromyshlennykh predpriyatiy. Laboratornyy praktikum* [Equipment timber companies. Laboratory practicum]. Minsk, BGTU Publ., 2015. 200 p.



6. Fedorenchik A. S., Klokov D. V., Leonov E. A. *Energeticheskoye ispol'zovaniye drevesnoy biomassy. Praktikum* [Energy use of wood biomass. Practical work]. Minsk, BGTU Publ., 2015. 212 p.
7. Fedorenchik A. S., Mokhov S. P., Klokov D. V., Leonov E. A. *Tekhnologiya i oborudovaniye kompleksnogo ispol'zovaniya drevesnogo syr'ya. Praktikum* [Technology and equipment for the integrated use of wood raw material. Practical work]. Minsk, BGTU Publ., 2014. 274 p.
8. Grigor'ev I. V., Valyazhonkov V. D. *Sovremennyye mashiny i tekhnologicheskiye protsessy lesosechnykh rabot* [Modern machines and technological processes logging activities]. St. Petersburg, Templan Publ., 2009. 287 p.
9. Shegel'man I. R., Laurila Ya. T., Skrypnik V. I., Galaktionov O. N. *Innovatsionnyye tekhnologii lesosechnykh rabot* [Innovative logging technology]. Petrozavodsk, Verso Publ., 2016. 134 p.
10. Zhukov A. V. *Teoriya lesnykh mashin* [The theory of forest machines]. Minsk, BGTU Publ., 2001. 640 p.
11. Fedorenchik A. S., Lednitskiy A. V. *Energeticheskoye ispol'zovaniye nizkokachestvennoy drevesiny i drevesnykh otkhodov* [Energy use of low-quality wood and wood waste]. Minsk, BGTU Publ., 2010. 446 p.
12. Matveyko A. P. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesozagotovitel'nogo proizvodstva* [Technology and equipment of timber production]. Minsk, Tekhnoperspektiva Publ., 2006. 444 p.
13. Kononovich D. A. Technologies cleaning cutting areas form logging waste. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2017, no. 2, pp. 245–250 (In Russian).
14. Simanovich V. A., Leonov E. A., Kononovich D. A., Ariko S. Ye., Mokhov S. P., Golyakevich S. A., Dukhovnik A. A. *Sposob razrabotki lesosek* [The method of harvesting area]. Patent BY, no. a 20180500, 2020.

#### Информация об авторах

**Духовник Алеся Александровна** – магистрант. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: alesya.duhovnik@mail.ru

**Леонов Евгений Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: debager13@rambler.ru

**Арико Сергей Евгеньевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sergeyariko@mail.ru

**Клоков Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная графика машиностроительного профиля». Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12, Республика Беларусь). E-mail: klokov\_dm@mail.ru

#### Information about the authors

**Dukhovnik Alesya Aleksandrovna** – Master's degree student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: alesya.duhovnik@mail.ru

**Leonov Evgeniy Anatol'yevich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: debager13@rambler.ru

**Ariko Sergey Yevgen'yevich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sergeyariko@mail.ru

**Klokov Dmitriy Viktorovich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Engineering Graphics for Machine-Building. Belarusian National Technical University (12, Ya. Kolasa str., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: klokov\_dm@mail.ru

Поступила 20.03.2021