

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

Научная статья

УДК 630*31

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.66>

EDN: XGUBTS

Обоснование технологии лесосечных работ в горельниках с содействием естественному восстановлению сосны

Ю. А. Ширнин[✉], А. Ю. Ширнин, С. А. Денисов,
И. В. Петухов, П. Н. Анисимов

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

ShirninYA@volgatech.net[✉]

Введение. Исследования естественного возобновления леса на гарях 1921 и 1972 годов показали, что подрост сосны появляется не только за счёт налёта семян из крон сохранившихся живых деревьев, но также из шишек погибших от огня деревьев. Количественные и качественные параметры семян сосны после огневого воздействия были установлены экспериментально и подтверждены при обследовании горельников 2021 года. Совмещение заготовки древесины сосны в горельниках с использованием потенциала естественного возобновления сосны требует технологического решения. **Цель** исследования – обоснование технологии заготовки лесоматериалов в товарных горельниках сосны и оценка её по времени выполнения технологических элементов. **Объектами** являются процессы лесосечных работ с содействием естественному возобновлению сосны в товарных горельниках. **Методами** исследования являются анализ и синтез технологий машинной заготовки лесоматериалов в товарных сосновых горельниках и статистическая обработка результатов хронометражных наблюдений. **Результаты.** Проведённый анализ позволил выявить новые технологические приёмы заготовки лесоматериалов, использующие первичный постпирогенный лесовосстановительный потенциал сосны для её естественного возобновления. В результате синтеза получено новое техническое решение – способ заготовки сортиментов машинами манипуляторного типа в товарных горельниках сосны с обеспечением естественного возобновления сосны. **Выводы.** Предложенный способ рубки леса обеспечивает заготовку сортиментов в товарных горельниках сосны с сохранением семенного материала на вырубке. Увеличение среднего времени цикла обработки одного дерева по предлагаемому способу не существенно и не приводит к значительному снижению производительности харвестера.

Ключевые слова: лесные пожары; система машин; способ разработки горельников; хронометражные наблюдения

Введение. Вопросы о значении крупных лесных пожаров и о ликвидации их последствий в Поволжье неоднократно поднимались в научной литературе, начиная с пожаров 1921 года [1, 2]. Особый интерес к этим вопросам возник после пожа-

ров 1972 года, последствия которых обсуждались на разных уровнях [3], включая вопросы как естественного возобновления леса, так и искусственного лесовосстановления [3, с. 68–75; 4]. Ликвидация последствий этих пожаров включает в себя как

© Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Денисов С. А., Петухов И. В., Анисимов П. Н., 2024

Для цитирования: Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Денисов С. А., Петухов И. В., Анисимов П. Н. Обоснование технологии лесосечных работ в горельниках с содействием естественному восстановлению сосны // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование. 2024. № 1 (61). С. 66–75. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.66>; EDN: XGUBTS

ускоренную вырубку древесины, не потерявшей ещё своей товарности, так и необходимость восстановления лесов и их приёмы [5–7]. Восстановление лесов на гарях 1972 года было проведено со значительной долей лесокультурных работ. Однако искусственное восстановление, особенно крупных площадей гарей, требует значительных затрат финансовых средств и трудовых ресурсов. Естественное же возобновление сосны в этих условиях возможно только при наличии жизнеспособных семян сосны.

Количественные и качественные параметры семян сосны при огневом воздействии были определены экспериментально [8] и в дальнейшем подтверждены при обследовании горельников 2021 года [9]. Выявлено, что в погибших при низовых пожарах сосновых древостоях всхожесть семян сосны, находившихся в шишках, сохраняется на уровне 80 % [9].

Успешному накоплению самосева и подроста сосны способствует минерализация почвы, что осуществляется либо почвообрабатывающими орудиями, либо прохождением огня [5, 10]. Быстрая заготовка товарной древесины сосны с огневой очисткой вырубок не позволяет использовать для лесовосстановления сохранившие всхожесть семена (первичный постпирогенный лесовосстановительный потенциал). Ожидание распространения семян весной следующего после пожара года приводит к частичной потере товарности древесины [3, с. 110–113]. Это противоречие между возможным успешным естественным лесовосстановлением и срочной заготовкой товарной древесины сосны в горельниках требует технологического решения.

Цель исследования – обоснование технологии заготовки лесоматериалов в товарных горельниках сосны с содействием естественному лесовосстановлению и оценка времени выполнения технологических элементов.

Объектом исследования является технологический процесс лесосечных работ на гарях, направленный на ускоренную заготовку древесины и содействие

естественному возобновлению сосны системой лесосечных машин «харвестер + форвардер».

Методологией исследования являются анализ технологических элементов лесосечных работ машинами при заготовке лесоматериалов [11] в товарных сосновых горельниках и синтез технологии заготовки древесного сырья с учётом процесса естественного возобновления сосны.

Результаты и их обсуждение. Акт лесопатологического обследования древостоев, пройденных пожаром, даёт основание для назначения и проведения сплошных или выборочных санитарных рубок. Погибшие и усыхающие деревья, как правило, быстро заселяются стволовыми вредителями и дереворазрушающими грибами, что обуславливает потерю товарных и технических качеств древесины [3, с. 110–113]. Поэтому лесозаготовки в погибших вследствие лесных пожаров древостоях должны проводиться в кратчайшие сроки, после получения акта ЛПО.

В то же время, использование наличия всхожих семян сосны в погибших древостоях [9] для естественного лесовосстановления позволит исключить или значительно снизить [5] затраты на искусственное лесовосстановление после вырубки горельников.

В филиале ПГТУ «Учебно-опытное лесничество» основной системой машин на лесосечных работах является «харвестер + форвардер». Харвестер выполняет обрабатывающие и переместительные операции. К обрабатывающим относятся спиливание дерева, обрезка сучьев и раскряжёвка хлыстов на сортименты. Традиционно основным продуктом харвестера считаются круглые лесоматериалы. Однако в контексте нашей публикации крона, сучья с шишками и семенами тоже являются продукцией, при этом они подвергаются перемещению.

Траектория переместительных операций начинается возле каждого спиленного дерева, а заканчивается там, где необходимо разместить продукцию. Круглые лесоматериалы целесообразно укладывать у во-

лока, обеспечивая минимальное расстояние от места спиливания дерева до грузового отсека форвардера, при его движении по центру обрабатываемой харвестером ленты леса. Ветви (крону) с шишками и семенами желателно разместить равномерно по всей ширине обрабатываемой ленты леса, в надежде на равномерное распределение семян и последующих всходов сосны.

Важным элементом перемещения является отрыв шишек от сучьев и попадание семян на почву. Это происходит при столкновении кроны с поверхностью почвы при валке дерева. Чем больше сила удара кроны с поверхностью почвы или снежного покрова, тем интенсивнее опадение шишек.

В отличие от валки бензопилой, где последняя стадия валки – свободное падение дерева, при валке харвестером ствол после спиливания удерживается подвижной харвестерной головкой, что позволяет управлять процессом падения дерева. Для усиления соударения кроны с почвой нужно увеличить скорость поворота вершинной части дерева к моменту соударения, что вполне осуществимо манипулятором с харвестерной головкой.

Патентные исследования позволили выявить отсутствие технологий заготовки лесоматериалов машинами на горельниках, способствующих естественному возобновлению леса. В рассмотренных публикациях и патентах основные отличительные элементы относятся к траектории и месту размещения, после спиливания дерева, обрезке сучьев и раскряжёвки, на обрабатываемой ленте леса лесоматериалов и кроны¹ [7, 11]. Место размещения определяется целями сохранения подроста, сокращения времени выполнения технологических элементов, сохранения жизнеспособности оставляемых на доращивание особей при выборочных рубках и т. п.

¹ Азаренок В. А., Герц Э. Ф., Мехренцев А. В. Сортиментная заготовка леса: учебное пособие. Екатеринбург: РИО Уральская государственная лесотехническая академия, 2000. 138 с. EDN: VYLCQZ

Анализ исследований показал также, что для естественного возобновления сосны при разработке товарных горельников следует в процессе обрезки сучьев после валки деревьев оставлять кроны с шишками на месте срезания, равномерно распределяя их ветви по территории вырубki².

В соответствии с задачами исследования на основании патентного поиска был разработан способ заготовки сортиментов системой машин «харвестер + форвардер», обеспечивающий существенное увеличение сохранности семян сосны на территории вырубki [12, 13] (рис. 1, 2).

Предлагаемый способ наряду с заготовкой лесоматериалов в товарных горельниках обеспечивает сохранение семенного материала в качестве меры содействия естественному возобновлению сосны.

Усиление удара кроны о почву обеспечивается резким подъёмом и поворотом харвестерной головки после спиливания дерева, в результате чего дерево из положения 3 перемещается в положение 6 (рис. 1). Таким образом, после спиливания, в процессе падения, комлевая часть дерева, ещё зажатая в головке харвестера, приподнимается манипулятором, создавая условия, усиливающие удар верхней части ствола с кроной о почву или снежный покров. Такое действие будет способствовать интенсивному отряхиванию шишек с кроны.

На рис. 2 представлена технологическая схема работы системы машин харвестер + форвардер. На ленте леса 1, поражённой низовым пожаром, харвестером 2 первоначально обрабатываются деревья 3 на полосе будущего волока 4, затем деревья, расположенные ближе к границам волока с выполнением валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжёвки хлыстов.

² Обоснование ресурсосберегающих технологий лесопромышленного комплекса, адаптированных к природным условиям Пермского края, с минимизацией затрат на лесовосстановление / Денисов С. А., Торопов А. С., Микрюкова Е. В. и др. Отчёт о НИР № 6.6-29/2 от 03.08.2007. Министерство промышленности и природных ресурсов Пермского края. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 181 с. EDN: WIQAWB

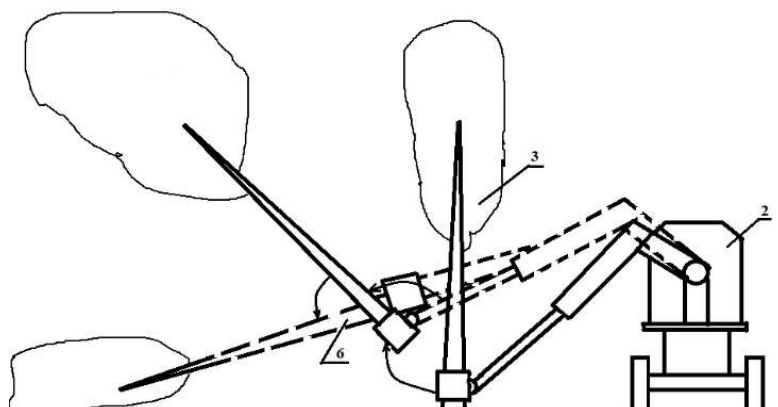


Рис. 1. Схема валки дерева, обеспечивающая соударение вершинной части с кроной с поверхностью ленты леса

Fig. 1. Tree felling scheme ensuring the collision of the top part of the trunk with the crown with the surface of the forest belt

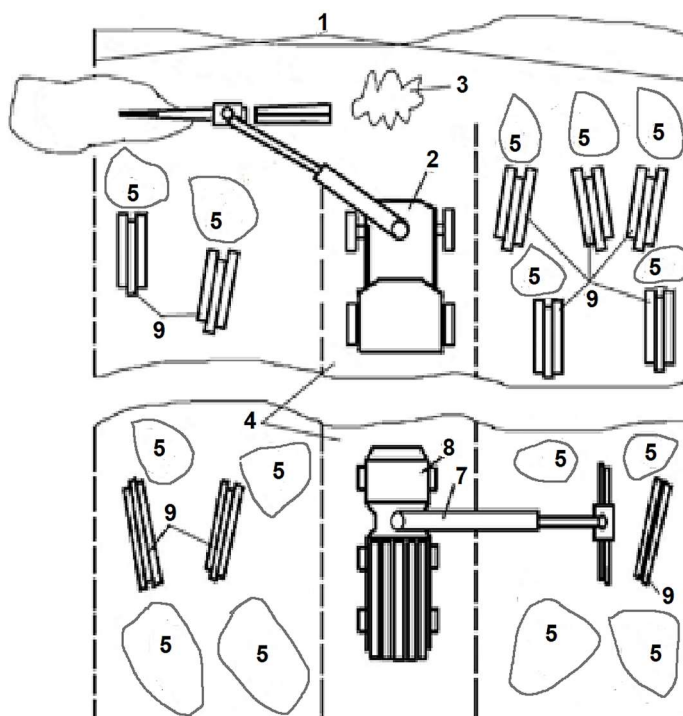


Рис. 2. Технологическая схема работы системы машин харвестер + форвардер

Fig. 2. Technological scheme of the harvester + forwarder machine system

Ветви с шишками 5 по возможности следует располагать равномерно по площади обрабатываемой ленты леса путём выбора соответствующего места. Место обрезания, раскряжёвки и укладки лесоматериалов должно быть в пределах досягаемости манипулятора 7 форвардера 8 при его расположении на волоке во время сбора и погрузки лесоматериалов 9. За счёт этого одновременно со сбором и погрузкой лесоматериалов

осуществляется по необходимости повторное распределение ветвей с шишками по территории разрабатываемой ленты грейферным захватом манипулятора. Предлагаемый способ обеспечивает заготовку лесоматериалов системой машин «харвестер + форвардер» в товарных горельниках после низовых пожаров и способствует сохранности семенного материала для естественного возобновления сосны.

Логично предположить, что наибольшая плотность отряхиваемых шишек будет на площадке, которую займёт боковая поверхность кроны упавшего дерева.

Площадь проекции кроны на вертикальную плоскость³:

$$S_k = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot H_k \cdot D_k, \text{ м}^2, \quad (1)$$

где ξ_1 – коэффициент формы кроны; ξ_2 – коэффициент густоты заполнения кроны (ветвями, хвоей, листьями). Для сосны $\xi_1 = 0,67$, $\xi_2 = 0,4-0,5$; для ели и пихты $\xi_1 = 0,5$, $\xi_2 = 0,75$.

Высота кроны:

$$H_k = \psi_1 \cdot l_x, \text{ м}, \quad (2)$$

где l_x – длина хлыста (ствола), м; ψ_1 – коэффициент пропорциональности между высотой кроны и длиной хлыста. $\psi_1 = (0,5 \div 0,65)$ – для ели, пихты; $(0,2 \div 0,3)$ – для сосны.

Условный диаметр кроны по срединному (миделевому) сечению:

$$D_k = \psi_2 \cdot H_k, \text{ м}, \quad (3)$$

где ψ_2 – коэффициент пропорциональности между высотой и диаметром кроны; $\psi_2 = (0,2 \div 0,25)$ – для ели; $0,3$ – для сосны.

Относительная плотность опавших шишек со всхожими семенами может быть рассчитана как отношение площади боковой поверхности крон срубленных деревьев к площади вырубki. Данная величина может выступать в качестве предварительного параметра, дающего общее представление о большей или меньшей вероятности успешного возобновления сосны.

В процессе обрезки сучьев контуры куч сучьев и их площадь могут меняться и не в полной мере соответствовать значению, получаемому по формуле (1). Степень закрытия площади вырубki ветвями с шишками будет зависеть не только от густоты, формы и размеров кроны сваленных деревьев, но и от навыков машинистов харвестера и форвардера.

Предлагаемый способ заготовки лесоматериалов существенно повысит степень концентрации и равномерности распределения семян сосны на территории вырубki. Этого можно добиться дополнительным динамическим воздействием харвестера на спиленное дерево. При этом выполняются новые технологические приёмы машинной заготовки лесоматериалов (подъём ствола, выбор места обрезки сучьев и раскряжёвки хлыстов, распределение ветвей по территории обрабатываемой ленты), обеспечивающие использование первичного постпирогенного семенного потенциала сосны после лесных пожаров для последующего естественного лесовосстановления.

Таким образом, предлагаемый способ заготовки лесоматериалов машинами манипуляторного типа в сосновых товарных горельниках позволяет обеспечить непосредственно на месте валки очистку деревьев от сучьев и раскряжёвку хлыстов с оставлением большей части шишек со всхожими семенами непосредственно на месте валки, что будет способствовать естественному возобновлению сосны.

Экспериментальная заготовка лесоматериалов по предлагаемому способу осуществлялась работниками филиала Поволжского государственного технологического университета «Учебно-опытный лесхоз» в квартале 95 Чернушкинского лесного участка. Работа проведена комплектом машин харвестер КХ-451 Сильватек 8266 ТН Sleipner и форвадер Komatsu 840.4. Наблюдение осуществлялось путём съёмки процесса заготовки лесоматериалов на видеокамеру. После съёмки путём просмотра видеоматериалов составлялся лист хронометражных наблюдений за работой харвестера по предлагаемому способу с выделением продолжительности элементов технологического процесса в расчёте на каждое обработанное дерево. При этом ставилась задача выявить и зафиксировать продолжительность этих элементов при двух режимах работы харвестера, без подъёма и с подъёмом комлевой части ствола (табл.).

³ Лесное ресурсоведение: учебник / Ю. А. Ширнин [и др.]; под общ. ред. проф. Ю. А. Ширнина. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. 356 с.

Средняя продолжительность элементов работы харвестера без подъёма и с подъёмом ствола при валке дерева и средние параметры деревьев

The average duration of the harvester work elements without lifting and with lifting the trunk during tree felling; the average parameters of trees

Движение на рабочей позиции, с	Наведение, захват, спиливание, с	Падение, подтаскивание, с	Протаскивание ствола при обрезке сучьев и раскряжёвке, с	Среднее время цикла обработки одного дерева, с	Диаметр в комле, см	Длина ствола, м	Объём хлыста, м³
Без подъёма							
1,4	11,4	6,4	41,01	60,21	18,14	19,4	0,31
С подъёмом							
1,5	11,95	8,25	43,07	64,77	17,19	17,72	0,31

Границы между технологическими элементами времени принято называть фиксажными точками (ФТ). Время цикла обработки одного дерева при двух режимах работы харвестера без подъёма и с подъёмом комлевой части ствола разбивалось на четыре технологических элемента:

1) движение харвестера на рабочую позицию (ФТ – «начало движения харвестера»);

2) движение харвестерной головки к дереву и его захват (ФТ – «начало движения харвестерной головки»);

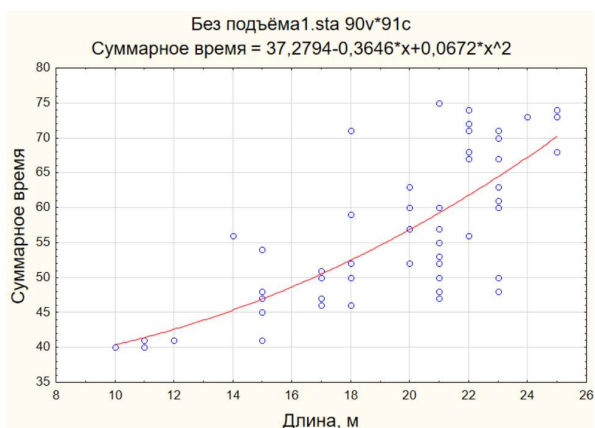
3) спиливание, падение дерева с подъёмом комля, подтаскивание дерева к месту обрезки сучьев и раскряжёвки (ФТ – «начало спиливания»);

4) протаскивание ствола при обрезке сучьев, раскряжёвка хлыстов (ФТ – «начало протаскивания»).

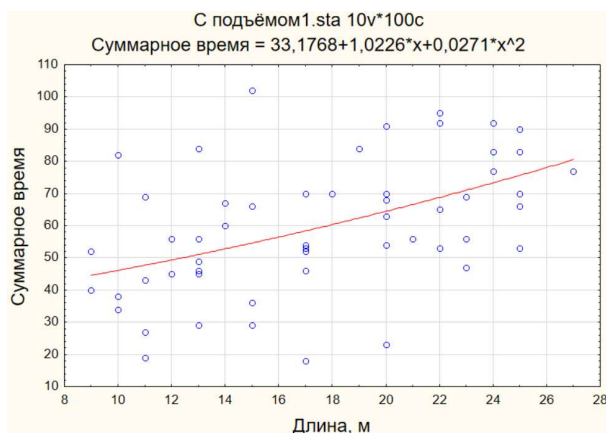
Исследования позволили выполнить сравнение продолжительностей техно-

логических элементов операции традиционным и предлагаемым способом с подъёмом комлевой части ствола при падении дерева.

Обработка экспериментальных данных выполнялась с использованием программы Statistica-12. Рассеяние значений средней продолжительности технологических элементов обработки одного дерева в зависимости от длины ствола без подъёма и с подъёмом комлевой части при падении представлены на рис. 3. Такое рассеяние значений средней продолжительности элементов обработки одного дерева обусловлено как ситуационной обстановкой и расположением деревьев на лесосеке, так и введением нового элемента в технологический процесс. Представленные на рис. 3 регрессионные зависимости носят ориентировочный характер, но позволяют сравнить два варианта исполнения технологического элемента.



а) без подъёма



б) с подъёмом

Рис. 3. Рассеяние значений продолжительности элементов времени в зависимости от длины ствола обрабатываемого дерева без подъёма и с подъёмом комлевой части при падении

Fig. 3. The spread of values of the duration of time elements depending on the length of the trunk of the processed tree without lifting and with lifting of its butt part during falling

Средняя продолжительность технологических элементов обработки одного дерева харвестером при двух режимах его работы с подъёмом и без подъёма комлевой части ствола при валке и средние параметры обработанных деревьев представлена в таблице.

Таким образом, среднее время на обработку одного дерева с подъёмом составило 64,77 с, а без подъёма – 60,21 с. При среднем объёме хлыста 0,31 м³ расчётная сменная производительность харвестера составила 117 м³ с подъёмом и 126 м³ без подъёма.

Выводы

1. Системой машин «харвестер + форвардер» можно организовывать технологический процесс лесосечных работ, одновременно увеличивая долю сохранности семенного материала для естественного возобновления сосны в поражённых низовым пожаром сосновых насаждениях.

2. Предлагаемый способ рубки леса наряду с заготовкой лесоматериалов системой машин «харвестер + форвардер» в поражённых низовыми пожарами лесных массивах способствует росту доли сохранности семенного материала на вырубке путём стряхивания шишек с крон в процессе валки деревьев и равномерного распределения кроны после валки по территории вырубki, что повышает вероятность естественного возобновления сосны на вырубках.

3. Анализ результатов хронометражных наблюдений показал, что увеличение средней продолжительности цикла обработки харвестером одного дерева по предлагаемому способу не существенно и в полной мере компенсируется содействием естественному возобновлению леса на гари за счёт реализации первичного постпирогенного лесовосстановительного потенциала сосны.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Яшинов Л. И. Обзор исследований лесовозобновления на гарях Маробласти, проведённых кафедрой общего лесоводства Казанского института сельского хозяйства и лесоводства // Известия Казанского института сельского хозяйства и лесоводства. 1930. № 1. С. 18–26.
2. Петров А. П. Типы возобновления гарей Волжского лесранхоза // МАО (Марийская Автономная Область): науч.-популяр. и политико-эконом. журн.: Орган Марийс. науч.-исслед. ин-та, Обл. плановой комис. и Обл. бюро краеведения. 1934. № 2–3. С. 56.
3. Проблемы ликвидации последствий лесных пожаров 1972 г. в Марийской АССР: сборник докл. и выступлений на выездном заседании секции лесного хозяйства и лесной промышленности Научн.-техн. совета МВ и ССО СССР, проходившем в Йошкар-Оле с 16 по 21 сент. 1974 г. М-во высш. и сред. спец. образования СССР, Марийский политехн. ин-т им. М. Горького; ред. А. К. Денисов. Йошкар-Ола: Маркнигоиздат, 1976. 143 с.
4. Калинин К. К., Иванов А. В., Лисов Н. А. Рекомендации по ведению хозяйства в лесах, повреждённых пожарами. М.: Министерство лесного хозяйства РСФСР, 1986. 86 с.
5. Санников С. Н., Подшивалов В. А., Санников Д. С. Рекомендации по содействию естественному возобновлению главных пород на гарях в лесах Западной Сибири. Екатеринбург: Научно-исследовательский совет УрО РАН, 2000. 51 с. EDN: TYZPUG
6. Денисов С. А. Регулирование роли берёзы в естественном возобновлении гарей // Лесное хозяйство. 1979. № 7. С. 19–21.
7. Патент RU № 2769472 C1, МПК A01G23/08. Способ посадки, выращивания культур и выборочных рубок с заготовкой сортиментов машинами на возобновляемых искусственным путём лесных площадях / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин, И. Г. Гайсин, В. Н. Коновалов, С. В. Марихин; заявитель и патентообладатель ПГТУ. Заявка № 2021130999; заявл. 25.10.2021; опубл. 01.04.2022, Бюл. № 10. 7 с. EDN: LKEXKM
8. Денисов С. А., Шакирова З. Н. Влияние температурных условий низового пожара на всхожесть семян сосны обыкновенной // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 4 (36). С. 35–47. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.4.35; EDN: YKYQXI
9. Влияние пожара в сосняке брусничном на всхожесть и качественные особенности семян сосны / С. А. Денисов, З. Н. Домрачева, К. А. Мотова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2022. № 2 (54). С. 26–39. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.2.26; EDN: UWBFUO

10. Калинин К. К. Крупные лесные пожары в лесном Среднем Заволжье и система лесохозяйственных мероприятий по ликвидации их последствий: монография. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. 364 с. EDN: TUMOXB

11. Сравнение и выбор вариантов выполнения элементов технологических операций при работе системы машин «харвестер+форвардер» / Ю. А. Ширнин, И. Г. Гайсин, С. Г. Рыганова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. № 2 (50). С. 42–51. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.2.42; EDN: SAZTZB

12. Разработка повреждённых низовым пожаром горельников системой машин «харвестер + фор-

вардер» / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин, С. А. Денисов и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2022. № 2 (54). С. 55–63. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.2.55; EDN: DPGXCY

13. Патент RU № 2781950 C1, МПК A01G23/02. Способ заготовки сортиментов машинами манипуляторного типа в поражённых низовыми пожарами лесных массивах с обеспечением естественного возобновления сосны / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин, С. А. Денисов, М. Н. Волдаев; заявитель и патентообладатель ПГТУ. Заявка № 2022106098; заявл. 09.03.2022; опубл. 21.10.2022, Бюл. № 30. 7 с. EDN: OQMXFI

Статья поступила в редакцию 19.01.2024; одобрена после рецензирования 18.03.2024; принята к публикации 27.03.2024

Информация об авторах

ШИРНИН Юрий Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесопромышленных и химических технологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование и оптимизация технологических параметров лесозаготовок, эффективность технологических процессов. Автор 300 научных публикаций. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4509-1324>; SPIN-код: 4947-2182

ШИРНИН Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование и оптимизация технологических параметров лесозаготовок, эффективность технологических процессов. Автор 60 научных публикаций. SPIN-код: 7890-5335

ДЕНИСОВ Сергей Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, лесная пирология. Автор 150 научных публикаций. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8805-1253>; SPIN-код: 9711-7130

ПЕТУХОВ Игорь Валерьевич – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС. Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интеллектуальный анализ, человеко-машинные системы, автоматическое управление. Автор 160 научных публикаций. ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-2365-4857>; SPIN-код: 6009-1846

АНИСИМОВ Павел Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Поволжский государственный технологический университет. Автор 80 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>; SPIN-код: 9087-4940

Вклад авторов:

Ширнин Ю. А. – методология исследования, подготовка исходного текста.

Ширнин А. Ю. – подготовка исследования, патентный поиск, обработка материалов хронометража.

Денисов С. А. – лесоводственное обоснование, подбор объектов, научная консультация, подготовка окончательной версии для публикации.

Петухов И. В. – редактирование текста, научная консультация.

Анисимов П. Н. – проведение экспериментов, анализ полученных результатов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Scientific article

UDC 630*31

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.66>

EDN: XGUBTS

Justification of the Technology of Logging Operations Promoting the Natural Regeneration of Pine in Burnt Areas

Yu. A. Shirnin[✉], A. Yu. Shirnin, S. A. Denisov, I. V. Petukhov, P. N. Anisimov

Volga State University of Technology,
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
ShirninYA@volgatech.net ✉

ABSTRACT

Introduction. Studies of natural forest regeneration in the burnt areas of 1921 and 1972 showed that pine regrowth appears not only due to the fall of seeds from the crowns of surviving living trees, but also from the cones of trees killed by fire. The quantitative and qualitative parameters of pine seeds after fire exposure were established experimentally and confirmed during a survey of pine forests in 2021. Combining the harvesting of pine wood in burnt forests with the use of the natural regeneration potential of pine requires a technological solution. **The purpose of the study** is to substantiate the technology for harvesting timber in commercial fire-damaged pine forests and evaluate it based on the time it takes to complete the technological elements. **The objects** are the processes of logging operations that promote the natural regeneration of pine in commercial fire-damaged forests. **The research methods** are analysis and synthesis of technologies for machine harvesting of timber materials in commercial fire-damaged pine forests, and statistical processing of the time study results. **Results.** The analysis made it possible to identify new technological methods for harvesting timber that use the primary post-pyrogenic regeneration potential of pine for its natural recovery. As a result of the synthesis, a new technical solution was obtained – a method for preparing assortments using manipulator-type machines in commercial fire-damaged pine stands, ensuring the natural regeneration of pine. **Conclusion.** The proposed method of logging ensures the harvesting of assortments in commercial fire-damaged pine forests while preserving the seed material in the logging area. The increase in the average cycle time for processing one tree using the proposed method is not significant and does not lead to a significant reduction in harvester productivity.

Keywords: forest fires; machine system; method of burnt forest area development; time observations

REFERENCES

1. Yashnov L. I. Review of the studies of reforestation on the burnt areas of Maroblast, carried out by the General Silviculture Department of Kazan Institute of Agriculture and Forestry. *News of Kazan Institute of Agriculture and Forestry*. 1930. No 1. Pp. 18-26. (In Russ.).
2. Petrov A. P. Types of regeneration of burnt areas of the Volzhsky Lespromhoz. *MAO (Mari Autonomous Oblast): popular science and politico-economic journal: Organ of the Mari Research Institute, Regional Planning Commission, and Regional Bureau of Local History*. 1934. No 2–3. P. 56. (In Russ.).
3. Problems of eliminating the consequences of forest fires of 1972 in Mari ASSR: Collection of reports and speeches of the offsite meeting of the Section of Forestry and Forest Industry of the Scientific and Technical Education of the USSR, held in Yoshkar-Ola on September 16–21, 1974. Ministry of Higher and Middle Special Education of the USSR, Mari Polytechnic Institute named after M. Gorky, et al. Ed. by A. K. Denisov. Yoshkar-Ola: Marknigoizdat, 1976. 143 p. (In Russ.).
4. Kalinin K. K., Ivanov A. V., Lisov N. A. Recommendations on the management of forests damaged by fires. Moscow: Ministry of Forestry of RSFSR, 1986. 66 p. (In Russ.).
5. Sannikov S. N., Podshivalov V. A., Sannikov D. S. Recommendations for promoting natural regeneration of the main species in the burnt areas in the forests of Western Siberia. Ekaterinburg: Scientific Council of UrO RAN, 2000. 51 p. EDN: TYZPUG (In Russ.).
6. Denisov S. A. The role of birch in the natural forest regeneration. *Forestry*. 1979. No. 7. Pp. 19–21. (In Russ.).
7. Shirnin Yu. A., Shirnin A. Yu., Gaisin I. G. et al. Method of planting, growing crops and selective felling with the harvesting of assortments by machines on artificially renewable forest areas. Patent RF, no. 2769472 C1, 2022. EDN: LKEXKM (In Russ.).
8. Denisov S. A., Shakirova Z. N. Influence of thermal conditions of creeping fire on viability of Scots pine seeds. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2017. No 4 (36). Pp. 35–47. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.4.35; EDN: YKYQXI (In Russ.).
9. Denisov S. A., Domracheva Z. N., Motova K. A. et al. The impact of fire in a vaccinium-type pine forest

on the germination and quality characteristics of pine seeds mortality. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2022. No 2 (54). Pp. 26–39. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.2.26; EDN: UWBFUO (In Russ.).

10. Kalinin K. K. Large Forest fires in forest Middle Volga region and system management activities to eliminate their consequences: monograph. Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2012. 364 p. EDN: TUMOXB (In Russ.).

11. Shirnin Yu. A., Gaisin I. G., Ryganova S. G. et al. Comparison and selection of performance variants of the elements of technological operations at work of the “harvester+forwarder” machine system. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest.*

Ecology. Nature Management. 2021. No 2 (50). Pp. 42–51. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.2.42; EDN: SAZTZB (In Russ.).

12. Shirnin Yu. A., Shirnin A. Yu., Denisov S. A. et al. Developing burnt forest areas affected by ground fires with a “harvester+forwarder” machine system. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2022. No 2 (54). Pp. 55–63. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.2.55; EDN: DPGXCY (In Russ.).

13. Shirnin Yu. A., Shirnin A. Yu., Denisov S. A. et al. Method for harvesting assortments by manipulator-type machines in forest areas affected by ground fires with ensuring natural regeneration of pine. Patent RF, no. 2781950 C1, 2022. EDN: OQMXFI (In Russ.).

The article was submitted 19.01.2024; approved after reviewing 18.03.2024; accepted for publication 27.03.2024

For citation: Shirnin Yu. A., Shirnin A. Yu., Denisov S. A., Petukhov I. V., Anisimov P. N. Justification of the Technology of Logging Operations Promoting the Natural Regeneration of Pine in Burnt Areas. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2024. № 1 (61). Pp. 66–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.66>; EDN: XGUBTS

Information about the authors

Yury A. Shirnin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Forestry and Chemical Technologies, Volga State University of Technology. Research interests – modeling and optimization of the technological parameters of logging, efficiency of the technological processes of logging. Author of 300 scientific publications. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4509-1324>; SPIN: 4947-2182

Aleksandr Y. Shirnin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair of Life Safety, Volga State University of Technology. Research interests – modeling and optimization of the technological parameters of logging, efficiency of the technological processes of logging. Author of 60 scientific publications. SPIN: 7890-5335

Sergei A. Denisov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Chair of Forestry and Forest Management, Volga State University of Technology. Research interests – silviculture, forestry, forest pyrology. Author of 150 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8805-1253>; SPIN: 9711-7130

Igor V. Petukhov – Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Chair of Design and Production of Computing Systems, Volga State University of Technology. Research interests – data mining, human-machine systems, automatic control. Author of 160 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2365-4857>; SPIN: 6009-1846

Pavel N. Anisimov – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Chair of Enterprises Power Supply, Volga State University of Technology. Research interests – the technology of logging and wood processing industries. Author of 80 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>; SPIN: 9087-4940

Contribution of authors:

Shirnin Yu. A. – research methodology, preparation of the initial draft.

Shirnin A. Yu. – preparation of research, patent search, processing of the time study materials.

Denisov S. A. – silvicultural justification, selection of objects, scientific consultation, preparation of the final version of the manuscript for publication.

Petukhov I. V. – reviewing and editing of the text, scientific consultation.

Anisimov P. N. – performing the experiments, analyzing the results obtained.

The authors declare that they have no conflict of interest.

All authors read and approved the final manuscript.