

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 630*375.1

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЛЕСОЗАГОТОВОК В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин

Поволжский государственный технологический университет
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: ShirninYA@volgatech.net

Дано обоснование термина «экстремальные условия лесозаготовок», описаны характеристики экстремальных условий. Предложены технологии для разработки лесосек в экстремальных условиях, в основу которых положен комбинированный способ трелёвки. Приведены системы машин для разработки лесосек этим способом в таких условиях. Изложены критерии оценки процессов.

Ключевые слова: экстремальные условия лесозаготовок; система машин; технологическая схема; критерии оценки.

Введение. Тенденции мирового развития лесопользования имеют разнонаправленные векторы. Так, площади лесных насаждений имеют тенденцию стремительного сокращения. Вырубаются в первую очередь высококачественные, легкодоступные древостои. Однако такого сочетания становится всё меньше.

Мировое лесное машиностроение имеет вектор наращивания производства в основном за счёт выпуска высокопроизводительных лесозаготовительных машин. Положительным моментом такого устремления является освобождение лесозаготовителей от тяжёлого труда. Отрицательными моментами являются возрастание энергозатрат, тяжёлые экологические последствия для территорий вырубок.

В этой связи вектор развития лесопользования в сторону трудно доступных территорий: переувлажнённых, ветровальных, с пересечённой поверхностью, отдалённых от транспортных путей и др. имеет весьма существенное значение.

Цель работы: обоснование путей решения проблемы лесозаготовок в экстремальных условиях.

Решаемые задачи: 1) обосновать понятие «экстремальные условия лесозаготовок»; 2) описать возможные системы машин и технологическую схему для разработки лесосек в экстремальных условиях на основе комбинированного способа трелёвки; 3) предложить критерии оценки и сравнения процессов в экстремальных условиях.

Под **экстремальными** следует понимать условия лесозаготовок, при которых: возрастает опасность получения травм персоналом рабочих; увеличивается нагрузка на элементы технологического оборудования; возникают препятствия, существенно снижающие проходимость и производительность лесосечных машин; невозможно использование типовых технологических схем разработки лесосек; затруднительно получение качественной продукции и др.

К таким условиям следует отнести лесные площади, поражённые пожаром (рис. 1). Проведённые нами исследования позволили оставшиеся после пожара деревья распределить на четыре категории: зависшие, упавшие с несвободной корневой системой, упавшие со свободной корневой системой, стоящие [1]. Для их разработки предложен способ [2].

Для древостоев на переувлажнённых

грунтах (рис. 2) предложены машина (рис. 4) и технологическая схема разработки лесосеки (рис. 5). Для лесных территорий, отведённых под строительство линейных объектов (рис. 3), предложен способ разработки лесных территорий трасс нефтегазопроводов и ЛЭП [3]. К экстремальным условиям лесозаготовок следует отнести территории с ветроваль-ной древесиной [4, 5].



Рис. 1. Лесные площади, поражённые пожаром (Источники: <http://banana.by/engine/print.php?newsid=178661>; <http://spletni-v.ru/index.php/interesnoe/7848>)



Рис. 2. Лесные площади заболоченных территорий (Источник: <http://komanda-k.ru/2010/mariiel-8>)



Рис. 3. Лесные площади линейных объектов (Источники: http://images.esosed.ru/tyep_v_lesu/36682159/index.html; <http://2stavropol.ru/home?start=430>)

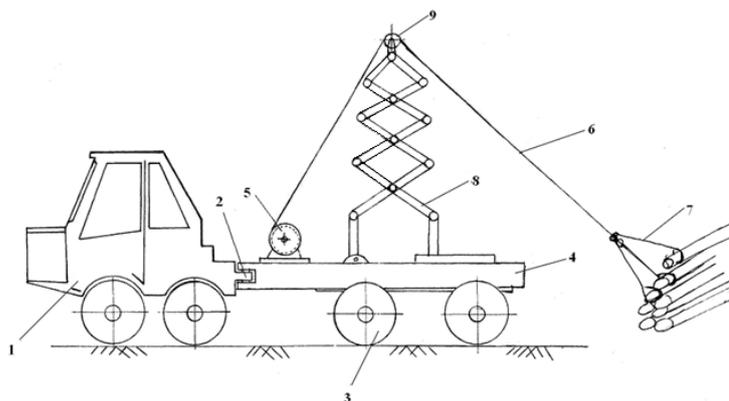


Рис. 4. Машина с модулем, оборудованном лебёдкой и складчатой рамой

В качестве основной идеи для решения цели и задач исследований, для разработки в экстремальных условиях лесозаготовок предлагаются технологии и оборудование, обеспечивающие комбинированный способ трелёвки древесины, сочетающий в себе достоинства трелёвочных машин и канатных установок. Для реализации способа предложено несколько технических решений, обеспечивающих двухстадийную трелёвку [6–8].

Одно из возможных технических решений представлено на рис. 4. Машина имеет энергетический модуль 1. К машине шарнирно (позиция 2) могут быть присоединены два технологических модуля.

Первый, предназначенный для трелёвки лебёдкой, состоит из шасси 3, платформы 4, на которой устанавливается лебёдка 5 с грузонесущим канатом 6 и чоке-рами 7 и складчатая рама 8, выполненная в виде пантографа. В основании рамы одна опора установлена шарнирно, а вторая, с возможностью изменения положения в горизонтальной плоскости посредством гидроцилиндра, шарнирно соединённого с рамой данного устройства. В верхней части пантографа смонтирован грузовой блок 9. Высокое расположение опорного блока обеспечивает трелёвку с приподнятым передним концом пачки для преодоления наземных препятствий.

Второй технологический модуль представляет собой грузовой отсек для трелёвки сортиментов. Схема разработки лесосеки с использованием комбиниро-

ванной трелёвки древесины машинами представлена на рис. 5 [9].

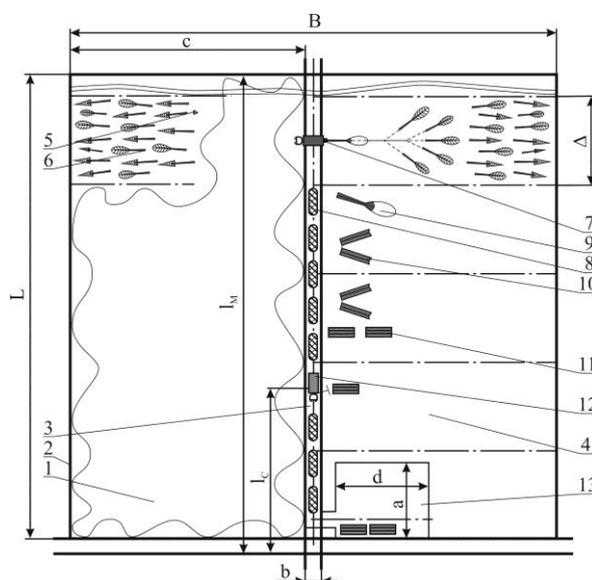


Рис. 5. Схема разработки лесосеки с комбинированной трелёвкой древесины

Лесосека 1 разбивается на делянки с границей 2. В данном случае под делянкой понимается часть лесосеки, тяготеющая к одному магистральному волоку. Посередине делянки разрубается магистральное волокно 3. Делянку в свою очередь разбивают на пачки 4. Валку деревьев проводят, например, бензомоторными пилами 5 вершинами от магистрального волокна. Сваленные деревья 6 при помощи технологического модуля с лебёдкой (ТМл) 7 подтрелёвывают к магистральному волоку. Далее из пачки 9 с деревьев поштучно при помощи бензомоторных пил производят обрезку сучьев 8 и укладку их навалок. За-

тем, например, бензопилами осуществляют раскряжёвку хлыстов 10 на сортименты 11. Трелёвку полученных сортиментов производят при помощи технологического модуля с грузовым отсеком (ТМго) 12 на верхний склад 13.

Для разработки лесосек в экстремальных условиях лесозаготовок с помощью комбинированной трелёвки по данной технологической схеме по модульному принципу скомпонованы системы машин [10].

Система машин № 1 (рис. 6) состоит из: одного энергетического модуля, трёх технологических модулей (1 – ЭМзсу – энергетический модуль с манипулятором и ЗСУ; 2 – ТМл – трелёвочный модуль с лебёдкой для подтрелёвки деревьев; 3 – ТМср – сучкорезно-раскряжёвочный модуль; 4 – ТМго – трелёвочный модуль с грузовым отсеком, одного дополнительного узла (опорный блок на манипуляторе).

Система машин № 1 может быть использована на пересечённой местности с небольшим уклоном, на переувлажнённых грунтах с возможностью однократного прохождения энергетического модуля с

манипулятором и ЗСУ и при разработке линейных объектов.

Система машин № 2 (рис. 7) состоит из: одной или нескольких бензопил, одного энергетического модуля, трёх технологических модулей: 1 – БП_в – бензопила для валки деревьев; 2 – ТМл – трелёвочный модуль с лебёдкой для подтрелёвки деревьев; 3 – ТМср – сучкорезно-раскряжёвочный модуль; 4 – ТМго – трелёвочный модуль с грузовым отсеком для трелёвки сортиментов, одного дополнительного узла (опорный блок на манипуляторе).

Система машин № 2 может быть использована при разработке горельников, территорий, подверженных ветровалу, и при разработке линейных объектов.

В системе машин № 3 (рис. 8) в отличие от системы № 1 вместо ТМср включаются две бензопилы: БП_{ос} (поз. 2) – бензопила для обрезки сучьев; БП_р (поз. 4) – бензопила для раскряжёвки хлыстов. В отличие от системы № 1 обрезка сучьев в системе машин № 3 осуществляется после валки деревьев, и тогда трелёвка осуществляется хлыстами.

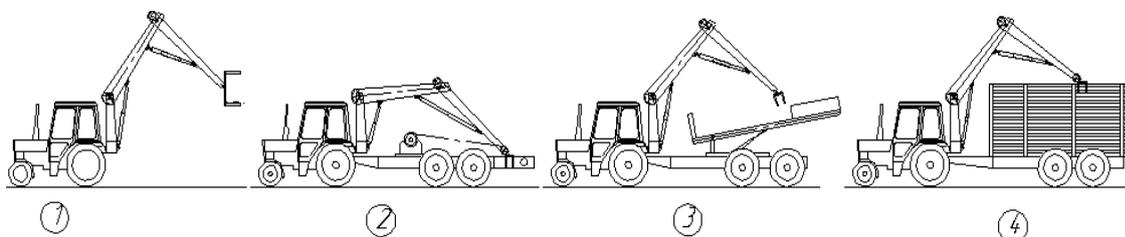


Рис. 6. Система машин № 1

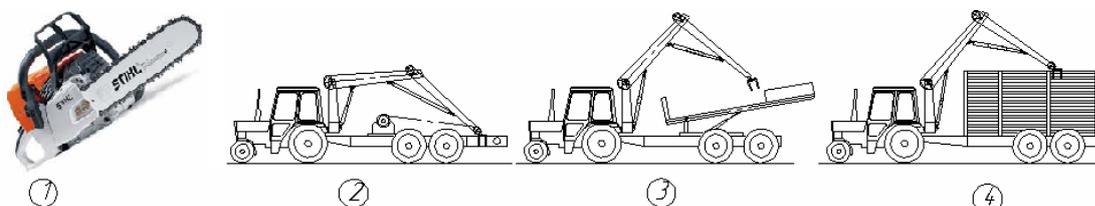


Рис. 7. Система машин № 2

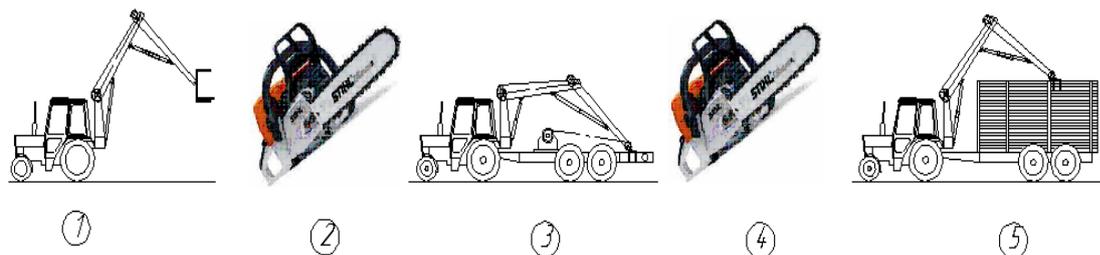


Рис. 8. Система машин № 3

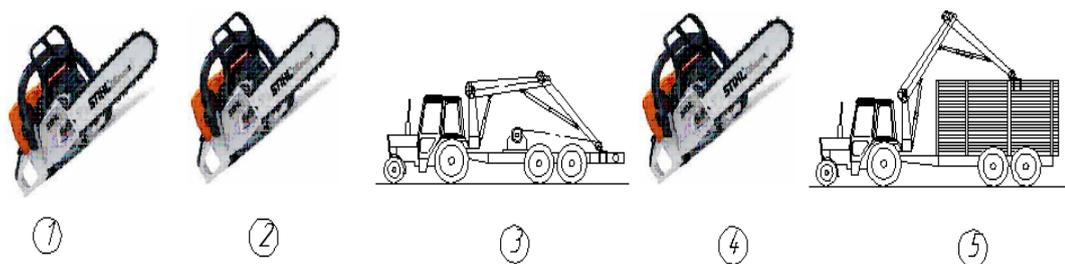


Рис. 9. Система машин № 4

Система машин № 3 может быть использована там же, что и система машин № 2, но в отличие от неё увеличивается ручной труд на обрезке сучьев.

Система машин № 4 (рис. 9) в отличие от системы машин № 3 использует бензопилу на валке деревьев – БП_в (поз. 1).

Система машин № 4 может быть использована там же, что и система машин № 3, но в отличие от неё увеличивается ручной труд на раскряжёвке.

Все системы машин рекомендуются к использованию в малообъёмных лесозаготовительных предприятиях. При этом можно существенно снизить затраты на приобретение оборудования за счёт сокращения числа энергетических модулей.

Анализ полученных результатов. Комплексную оценку технологических процессов и систем машин предлагается осуществлять по следующим критериям: уровень механизации труда, производительность труда, критерий экологичности, критерий энергоёмкости, экономические критерии.

Под уровнем механизации труда следует понимать отношение времени, в течение которого рабочий (работчие) управляет механизмом (T_m) при выполнении какой-либо операции (или технологического процесса в целом), ко всему времени (T), затрачиваемому на выполнение этой операции (или технологического процесса) [11]

$$y_{m.t.} = \frac{T_m \cdot n_m}{T \cdot n}, \quad (1)$$

где n_m – число рабочих, занятых на обслуживании механизма (машины); n – число рабочих, принимающих участие в выполнении операции.

Предварительный анализ даёт возможность системы машин по данному критерию распределить в следующей последовательности: № 1, № 2, № 3, № 4, учитывая то, что в системах машин № 2, № 3, № 4 возрастает ручной труд при использовании бензодвигательной пилы. Точную оценку можно будет осуществить при выявлении параметров T_m и T .

Часовая производительность определяет объём продукции, выполненной при непрерывной работе и при отсутствии каких-либо потерь времени. Непрерывная работа на практике вполне возможна в течение часа, поэтому часовую производительность реально рассматривать как теоретическую и находить её по формуле

$$P = \frac{3600 \cdot A}{T}, \quad (2)$$

где A – объём единицы готовой (обработанной или перемещённой) продукции (пачка деревьев, хлыст, сортимент и т.п.), м³; T – время на обработку или перемещение единицы продукции, с; 3600 – продолжительность часа в секундах, с.

Для расчёта производительности по формуле (2) следует расписать составляющие T , времени цикла, провести хронометраж за работой машин и оборудования и выявить статистические корректные значения элементов цикла и рассчитать производительность на каждой операции. Следующим этапом будет обоснование оптимального числа машин (оборудования) в системе. Далее следует рассчитать заготовленный объём продукции (выработку) на одного рабочего.

Можно предположить, что по этому показателю система машин расположится

в такой же последовательности, что и по уровню механизации: № 1, № 2, № 3, № 4.

Степень нарушения экологических функций леса можно оценивать коэффициентом экологичности [13]

$$\chi = \frac{S_{np}}{S}, \quad (3)$$

где S_{np} – площадь лесосеки, отводимая под погрузочные пункты, волока, технологические коридоры, m^2 ; S – площадь лесосеки, m^2 .

Для технологической схемы (рис. 5) площадь, отводимая под подготовительные работы, будет состоять из площади магистрального волока: $S_b = B \cdot L$ и площади погрузочных пунктов – $S_n = d \cdot a \cdot n$, где a , d – длина и ширина погрузочного пункта, m ; n – число погрузочных пунктов на лесосеке.

В этом случае коэффициент экологичности технологической схемы находится из выражения

$$\chi = \frac{(b \times L + d \times a) \times n}{L \times B}.$$

По этому показателю в меньшей степени система № 1 и в большей степени системы № 2, № 3, № 4 будут существенно превосходить любые системы машин с использованием тракторной трелёвки, в частности трелёвки форвадером, так как из технологической схемы (рис. 5) исключены пасечные волока, а движение машин осуществляется только по магистральному волоку. При его качественном обустройстве можно существенно повысить скорость перемещения и производительность на втором этапе трелёвки.

Энергоёмкость операций технологического процесса является одним из показателей, используя который можно дать объективную оценку как вновь создаваемым машинам, так и существующим, и проанализировать влияние различных факторов и лесорастительных условий на производительность машин. При этом исключается влияние таких субъективных факторов, как квалификация оператора, техническое состояние машины, качество эксплуатационных материалов и т.п. [14].

Суммарные затраты энергии в $kВт \cdot ч/га$ по данным авторов равны

$$E = E_{r.p} + E_{д.т} + E_{p.o} + E_x, \quad (4)$$

где $E_{m.p}$ – затраты энергии на выполнение технологической работы, $kВт \cdot ч/га$; $E_{d.m}$ – затраты энергии на движение машины при выполнении технологической работы, $kВт \cdot ч/га$; $E_{p.o}$ – затраты энергии на движение рабочих органов машины в процессе выполнения технологической работы, $kВт \cdot ч/га$; E_x – затраты энергии на движение машины на холостом ходу, $kВт \cdot ч/га$.

По проведённым нами исследованиям наименьшие затраты энергии у системы машин № 4 [9, 10].

По сравнению с базовыми системами машин, включающими, например, харвестор и форвадер, предлагаемые системы имеют преимущество за счёт экономии энергии при холостом и рабочем ходе рабочей машины по пасечным волокам. Следует также отметить уменьшение удельных (по отношению ко всей площади лесосеки) площадей магистральных волоков за счёт увеличения длины растаскивания каната при лебёдочной трелёвке.

Выражения для нахождения экономических критериев в оценке лесозаготовительных процессов представлены ниже, а именно: удельной себестоимости работ – C_y , $р/м^3$; удельных приведённых затрат – $ЗП_y$, $р/м^3$:

$$C_y = \frac{C_1}{P_{см.1}} + \frac{C_2}{P_{см.2}} + \frac{C_m}{P_{см.m}}; \quad (5)$$

$$ЗП_y = C_y + e \cdot K_y; \quad (6)$$

где C_1, C_2, \dots, C_m – себестоимость машиностроительного оборудования, составляющего оцениваемый технологический процесс, $р$; $P_{см.1}, P_{см.2}, \dots, P_{см.m}$ – сменная, производительность машин, участвующих в выполнении технологического процесса, $м^3$; e – годовой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K_y – удельные капитальные вложения, $р/м^3$.

Результат окончательного сравнения выявится в процессе применения экономических критериев, но при этом следует иметь в виду, что в отдельных экстремальных условиях использование систем машин, включающих тракторную трелёвку, а также систему машин № 1 невозможно использовать по эксплуатационным характеристикам машин и по условиям охраны труда.

Выводы

1. Объединение лесных территорий, разработка которых традиционными методами и распространёнными системами машин затруднительна, единым термином «экстремальные условия лесозаготовок» считаем целесообразным. Такое объединение направляет поиск технических решений, реализация которых позволит производителям оборудования рассчиты-

вать на широкий рынок сбыта этого оборудования.

2. Для оценки лесозаготовок в экстремальных условиях рекомендуется применять следующие критерии: коэффициент экологичности, уровень механизации труда, энергоёмкость, производительность, себестоимость, удельные приведённые затраты заготавливаемой древесины.

3. Для перечисленных выше экстремальных условий лесозаготовок предложены технологии и машины, в основе которых лежит комбинированный способ трелёвки. Несмотря на снижение уровня механизации, этот способ выигрывает по таким критериям, как энергоёмкость и экологичность.

4. Предложенные системы машин рекомендуются для использования на предприятиях при работе в экстремальных условиях.

Список литературы

1. *Ширнин, Ю. А.* Пространственное размещение деревьев на пораженных пожаром лесных территориях / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Моржанов, И. В. Зверев // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2012. – № 6. – С. 176–180.
2. Пат. 2499383 РФ, МПК А01G23/00. Способ разработки пораженных пожарами лесных массивов / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Зверев И. В., Моржанов А. Ю., Филиппова Е. Р.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2011128865/13; заявл. 12.07.2011; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2.
3. Пат. 2489844 РФ, МПК А01G23/00. Способ разработки лесных территорий трасс нефтегазопроводов и ЛЭП / Ширнин Ю. А., Зверев И. В., Кренев А. В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2011112309/13; заявл. 01.07.2011; опубл. 27.01.2013, Бюл. № 3. – 6 с.
4. *Карпачев, С.П.* Заготовка ветровальной древесины с использованием ручных бензопил и чокерного трактора с тросом из синтетического материала / С.П. Карпачев, В.П. Шмырев, Г.Е. Приоров // Лесопромышленник. – 2008. – №4. – С. 8 – 11.
5. *Карпачев, С.П.* Высокомеханизированный процесс лесозаготовок ветровальных деревьев на базе мощного харвестера / С.П. Карпачев, В.П. Шмырев, Г.Е. Приоров // Лесопромышленник. – 2008. – №4. – С. 16 – 17.
6. Пат. 112592 РФ, МПК А01G23/00. Машина для трелёвки / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Егоров А. В., Зверев И. В., Моржанов А. Ю.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2010129675/13; заявл. 15.07.2010; опубл. 20.01.2012, Бюл. № 2.
7. Пат. 2348146 РФ, МКИ⁷ А01G23/00. Машина для трелёвки / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Богатырева Е. А., Аказова О. В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2007127930/12; заявл. 20.07.2007; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 7. – 5 с.
8. Пат. 2357407 РФ, МКИ⁷ А01G23/00. Способ и машина для трелёвки / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Богатырева Е. А., Аказова О. В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – 2007122910/12; заявл. 18.06.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 8. – 5 с.
9. *Ширнин, Ю.А.* Моделирование энергозатрат адаптивно-модульных систем машин при комбинированной трелёвке древесины / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2013. – № 3. – С. 166 – 175.
10. *Ширнин, Ю. А.* Моделирование энергозатрат при комбинированной трелёвке древесины адаптивно-модульными машинами/ Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин, И. В. Зверев, А. Ю. Моржанов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 50-57

11. Ширнин, Ю. А. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Часть 1. Лесосечные работы : учеб. пособие / Ю. А. Ширнин. – М. : МГУЛ, 2004. – 446 с.

12. Ширнин, Ю. А. Комплексное освоение участков лесного фонда / Ю. А. Ширнин // Известия вузов. Лесной журнал. – 2002. – № 4. – С. 89–95.

13. Ширнин, Ю. А. Моделирование процессов заготовки сортированных деревьев и хлыстов : монография / Ю. А. Ширнин. – Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1992. – 204 с.

14. Кочегаров, В. Г. Технология и машины лесосечных работ : учеб. пособие / В. Г. Кочегаров, Ю. А. Бит, В. Н. Меньшиков. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 392 с.

Статья поступила в редакцию 15.04.14.

Ссылка на статью: Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю. Пути решения проблем лесозаготовок в экстремальных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С 46-54.

Информация об авторах

ШИРНИН Юрий Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – машины и технология лесосечных работ. Автор 300 публикаций.

ШИРНИН Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – машины и технология лесосечных работ. Автор 25 публикаций.

WAYS OF SOLUTION OF TIMBER HARVESTING PROBLEMS IN EXTREME CONDITIONS

Yu. A. Shirnin, A. Yu. Shirnin

Volga State University of Technology,
3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: ShirninYA@volgatech.net

Key words: *extreme conditions of timber harvesting; machines system; process scheme; criterion of estimation.*

ABSTRACT

The subject of the research are extreme conditions of timber harvesting, combined method of skidding, modular concept of machine arrangement, mathematical models of technological processes of criteria of estimation. A grounding to "extreme conditions of timber harvesting" term is given and photos of such conditions are offered. In order to develop felling points in extreme conditions, a combined method with the use of cable and tractor skidding, based on modular principle of machine arrangement, is offered. An engineering solution for combined skidding implementation was stated. A process scheme for establishment of felling points with the use of this type of skidding in extreme conditions was offered. The systems of modular machines for elaboration of such felling points were composed. A preliminary estimate of technological processes and machines systems with the use of the offered criteria is given. In comparison with basic systems of machines, including harvester and forwarder, the offered systems have advantage due to energy saving during free and operating run of working machine along cutting strips. Specific (to the total felling area) areas of main logways are also being reduced, thus, there is no need in cutting strips laying.

REFERENCES

1. Shirnin Yu.A., Morzhanov A.Yu., Zverev I.V. Prostranstvennoe razmeshchenie derevev na porazhennykh pozharom lesnykh territoriyakh [Spatial Distribution of Trees at the Damaged by Fire Forest Territories]. *Vestnik MGUL. Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forest. Forest Vestnik]. 2012. № 6. P. 176–180.
2. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Zverev I.V., Morzhanov A.Yu., Filippova E.R. *Sposob razrabotki porazhennykh pozharami lesnykh massivov* [A Way of

Development of Damaged by Fires Forests]. Patent RF, no 2499383, 2013.

3. Shirnin Yu.A., Zverev I.V., Krenev A.V. *Sposob razrabotki lesnykh territoriy trass neftegazoprovodov i LEP* [A Way of Development of Forest Territories of Oil and Gas Pipeline Routes and Power Lines]. Patent RF, no 2489844 2013.

4. Karpachev S.P., Shmyrev V.P., Priorov G.E. *Zagotovka vetrovalnoy drevesiny s ispolzovaniem ruchnykh benzopil i chokernogo traktora s trosom iz sinteticheskogo materiala* [Logging of Wind Fell Wood with the Use of Hand-Held Power Saws and Choker Skidder with a Cable of Synthetic Material]. *Lesopromyshlennik* [Timberman]. 2008. № 4. Pp. 8 – 11.

5. Karpachev S.P., Shmyrev V.P., Priorov G.E. *Vysokomekhanizirovanny protsess lesozagotovok vetrovalnykh derevev na baze moshchnogo harvestera* [Highly Mechanized Process of Logging of Wind Fell Wood on the Basis of Powerful Harvester]. *Lesopromyshlennik* [Timberman]. 2008. № 4. Pp. 16 – 17.

6. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Egorov A.V., Zverev I.V., Morzhanov A.Yu. *Mashina dlya trelevki* [Machine for Skidding]. Patent RF, no 112592, 2012.

7. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Bogatyreva E.A., Akazova O.V. *Mashina dlya trelevki* [Machine for Skidding]. Patent RF, no 2348146, 2009.

8. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Bogatyreva E.A., Akazova O.V. *Sposob i mashina dlya trelevki* [A Way and Machine for Skidding]. Patent RF, 2357407, 2009.

9. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu. *Modelirovanie energozatrat adaptivno-modulnykh sistem mashin pri kombinirovannoy trelevke drevesiny* [Simulation of Energy Consumption of Adaptive and Modular Systems of Machines in Case of Combined Skidding of

Wood]. *Vestnik MGUL. Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forest. Forest Vestnik]. 2013. № 3. Pp. 166 – 175.

10. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Zverev I.V., Morzhanov A.Yu. *Modelirovanie energozatrat pri kombinirovannoy trelevke drevesiny adaptivno-modulnymi mashinami* [Simulation of Energy Consumption in Case of Combined Skidding of Wood by Means of Adaptive and Modular Machines]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. № 3. Pp. 50-57

11. Shirnin Yu.A. *Tekhnologiya i oborudovanie lesopromyshlennykh proizvodstv. Chast 1. Lesosechnye raboty : ucheb. posobie* [Technology and Equipment of Wood and Paper Industries. Part 1. Logging Operations: study guide]. Moscow: MGUL, 2004. 446 p.

12. Shirnin Yu.A. *Kompleksnoe osvoenie uchastkov lesnogo fonda* [Complex Development of Forest Fund Territories]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Universities News. Forest Journal]. 2002. № 4. Pp. 89–95.

13. Shirnin Yu.A. *Modelirovanie protsessov zagotovki sortirovannykh derevev i khlystov: monografiya* [Simulation of the Processes of Storage of Assorted Trees and Long Log: monograph]. Krasnoyarsk: Izdatelstvo Krasnoyarskogo universiteta, 1992. 204 p.

14. Kochegarov V. G., Bit Yu.A., Menchikov V.N. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot : ucheb. posobie* [Technology and Machines for Logging Operations: study guide]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1990. 392 p.

The article was received 15.04.14

Citation for an article: Shirnin Yu. A., Shirnin A. Yu. Ways of solution of timber harvesting problems in extreme conditions. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 2(22). Pp. 46-54.

Information about the authors

SHIRNIN Yuri Alexandrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Technology and Equipment of Pulp and Paper Industry, Volga State University of Technology. Research interests – machines and technology of cutting operations. The author of 300 publications.

SHIRNIN Alexander Yurievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Profesor at the Chair of Safety, Volga State University of Technology. Research interests – machines and technology of cutting operations. The author of 25 publications.