

С. Б. Якимович, М. А. Тетерина

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ НОВОГО СПОСОБА ЗАГОТОВКИ И ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ ХАРВЕСТЕРОМ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ АПРОБАЦИИ

Ключевые слова: способы заготовки и обработки древесины, естественное лесовозобновление, сохранность подроста, укрепление волоков порубочными остатками, высотная структура лесовозобновления.

Изложены методика и результаты оценки эффективности нового патентно защищенного способа заготовки и обработки древесины на основе анализе результатов опытно-промышленных рубок, в ходе которых выполнена заготовка сортиментов традиционным способом и способом по патенту РФ № 2365093. Представленные результаты включают оценку энергоёмкости технологического процесса заготовки и обработки древесины указанными способами, эффективности мер по сохранению подроста и укреплению волоков порубочными остатками. Представлены результаты учета естественного возобновления под пологом леса и после рубки по традиционному и патентно защищенному способам. Дана характеристика естественного возобновления с учетом высоты и жизнеспособности.

Key words: the ways of timber harvesting, natural forest renewal, undergrowth conservation, sawmill remains strengthening of apiary portage, height forest renewal structure.

The methodic and results of effectiveness appraisal of the new patent protected way of round timber harvesting on basis of the results analyze of the experimental-industrial felling, during which was making round timber harvesting of traditional way and of the way according to the patent RF №2365093. Introduced results include assessment of power intensity of timber harvesting of these methods technological process and effectiveness of actions to undergrowth conservation and sawmill remains strengthening of apiary portage. The results of natural renewal under the canopy of the forest and after felling of traditional way and of the way according to the patent accounting are introduced. The characteristic of the natural renewal of the forest with the account of height and viability is given. Also the appraisal of undergrowth quantity and integrity on sawmill apiaries is made.

Для повышения энергоэффективности при обеспечении естественного лесовозобновления при заготовке и обработке древесины необходимо соответствующее обоснование схем и приемов работы машин [1]. Посредством укрепления волоков порубочными остатками, например, обеспечивается снижение интенсивности уплотнения почвы на волоках. Укрепление волоков обеспечивается схемами и приемами работы машин в системах заготовки и обработки древесины, которые также определяют площадь уплотнения почвы [2, 3] и процент сохранности имеющегося на лесосеке подроста. Кроме того, управление режимами (траекториями, схемами, приемами) работы машин в системах заготовки древесины определяет их производительность [1, 3], обеспечивая синхронизацию машин и снижение энергоёмкости соответствующих технологических процессов. На возобновление леса существенно влияют сохранность подроста, степень минерализации почвы и плотность ее верхнего слоя. Определенное влияние оказывают и оставленные на лесосеке порубочные остатки [4]. Таким образом, для достижения поставленной цели разработаны новые способы [5, 6] и выполнена сравнительная экспериментальная оценка традиционного и патентно защищенного [5] способов. На основе анализа результатов промышленной апробации определены энергоэффективность и сохранность подроста при заготовке и обработке древесины указанными способами.

Условия и методика проведения промышленной апробации

Эксперимент проведен в июле 2011г. на территории Акчимского участкового лесничества ГКУ «Вайское лесничество» на базе арендуемых

лесных участков (квартал 240, делянка №5, выдел 7, площадь 24,4 га) и парка машин (харвестер John Deer 1270, форвардер John Deer 1410, операторы с опытом работы 3 года) ОАО «Соликамскбумпром» в следующих природно-производственных условиях: способ рубки – сплошная, вид рубки – главное пользование, состав древостоя 4Е1П2Е2П1Б+К, запас 150 м³/га, уклон 5°, ширина волоков 5 м.

Заготовка и обработка древесины выполнялась традиционным и патентно защищенным способами [5]. При использовании традиционного способа поваленное дерево размещалось в направлении, перпендикулярном оси волока. При этом порубочные остатки располагались как на волоке, так и на пасеке в зоне размещения кроны поваленного дерева [5, 7]. При работе способом по патенту [5, 7] харвестер выполнял валку деревьев вперёд или назад под углом к волоку, обеспечивающим направленную валку вершиной на волок. Кроме того, при валке комлевая часть дерева поднималась над землей манипулятором харвестера. После валки поднятая над землей комлевая часть поваленного дерева переносилась к волоку таким образом, чтобы обеспечить компактное расположение сортиментов в пачках за пределами куртин подроста. В том случае если переноса комлевой части поваленного дерева по направлению к волоку было не достаточно для соблюдения указанных условий, осуществлялся переезд харвестера и подтаскивание дерева вдоль волока. Затем выполнялась обрезка сучьев и раскряжевка. При этом сучья и вершины располагались на волоке.

С целью количественной оценки эффективности мер по сохранению подроста при заготовке и обработке древесины описанными способами вы-

полнено обследование естественного возобновления леса под пологом и после рубки. Учет естественного возобновления проводился глазомерно-измерительным способом [8]. Обследование проводилось на прямоугольных пробных площадках размером 20 м² (длина 5 м, ширина 4 м). Под пологом леса учет выполнен на 32 пробных площадках, после рубки по традиционному способу – на 30 площадках, по патентно защищенному – на 28.

В связи с тем, что сохранение подроста на волоках не возможно, также выполнена оценка количества и сохранности подроста на пасаках. Результаты обследования естественного возобновления под пологом леса и после заготовки древесины традиционным и патентно защищенным способами представлены в табл.1.

Таблица 1 – Результаты обследования естественного возобновления под пологом леса, после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093 и традиционным способом

	Количество подроста под пологом леса, шт./га	Количество подроста после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093, шт./га	Сохранность подроста после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093, %	Количество подроста после заготовки сортиментов традиционным способом, шт./га	Сохранность подроста после заготовки сортиментов традиционным способом, %
Количество подроста хвойных пород	4969	3857	78	2083	42
Количество подроста березы	1109	232	21	467	42
Общее количество подроста	6078	4089	67	2550	42
Количество подроста на пасаках		5024	83	3326	55
Количество хвойного подроста на пасаках		4762	96	2717	55
Количество жизнеспособного подроста	4641	2929	63	1717	37
Количество сомнительного подроста	922	768	83	533	58
Количество не жизнеспособного подроста	516	393	76	300	58
Количество жиз-	3531	2750	78	1267	36

неспособного хвойного подроста					
Количество сомнительного хвойного подроста	922	732	79	533	58
Количество не жизнеспособного хвойного подроста	516	375	73	283	55
Количество жизнеспос. хв. подроста на пасаках		3381	96	1652	47
Количество сомнительного хвойного подроста на пасаках		905	98	696	75
Количество не жизнеспособного хвойного подроста на пасаках		476	92	370	72
Количество мелкого подроста	2328	1054	45	1000	43
Количество среднего подроста	2719	2232	82	967	36
Количество крупного подроста	1031	804	78	583	57

Исследование синхронизации машин и энергоёмкости технологического процесса заготовки и обработки древесины указанными способами реализовано по методике активного эксперимента [7], матрица планирования представлена на рис.1. Фиксирование соответствующих случайных параметров технологического процесса выполнено на основе показаний информационной системы Timbermatic харвестера и ТМС форвардера.

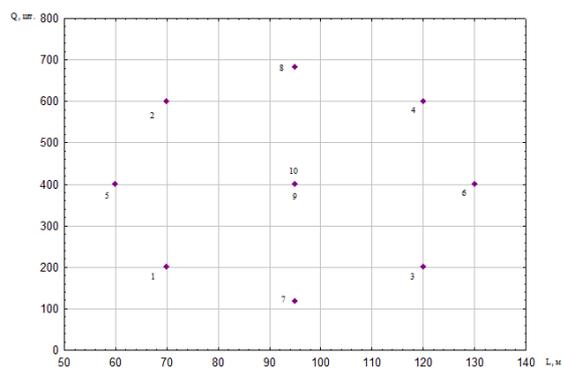


Рис. 1 – Матрица планирования эксперимента по исследованию синхронизации машин и энергоёмкости технологического процесса заготовки и обработки древесины традиционным способом и способом по патенту РФ №2365093 (где Q – рейсовая нагрузка форвардера, шт.; L – расстояние трелевки, м)

Результаты промышленной апробации

По итогам эксперимента получены следующие результаты. Направленная валка вершиной

на волок и компактное размещение сортиментов в пачках около волока с учетом расположения куртин подроста при работе харвестера по новому способу обеспечили практически полное сохранение хвойного подроста, а также деревьев второго яруса, особо ценных пород и сухостоя (биологического разнообразия лесных экосистем) на пасаках (рис.2) и концентрацию всех порубочных остатков на волоке, что позволило снизить уплотнение почвы на них и исключить ее застойное переувлажнение (рис.3).



Рис. 2 – Сохранение биологического разнообразия лесных экосистем (хвойного подроста, деревьев второго яруса, особо ценных пород, сухостоя) после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093

Результаты статистической обработки данных учета естественного возобновления, представленные в табл.2, свидетельствуют, что случайная ошибка определения количества подроста на гектар при вероятности 0,68 составляет не более 23% и не превышает допустимую [8].



Рис. 3 – Размещение всех порубочных остатков на волоке и отсутствие значительного уплотнения и переувлажнения почвы после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093

Результаты обследования подроста под пологом леса (табл. 1) позволяют сделать вывод о среднем по густоте [9] возобновлении хвойных пород (5 тыс. шт./га) и редком возобновлении березы (1 тыс. шт./га). При оценке без учета породы возобновление под пологом леса классифицируется как густое (6 тыс. шт./га).

Сохранность подроста березы при исполь-

зовании патентно защищенного способа снижается на 19%, что обеспечивает улучшение породного состава возобновления. Численность подроста березы под пологом леса составляет 18% (1 тыс. шт./га), после рубки по традиционному способу – также 18% (0,5 тыс.шт./га), а после рубки по патентно защищенному способу – 6% (232 шт./га).

Сравнительный анализ сохранности подроста после рубки по традиционной технологии и по патенту РФ №2365093 свидетельствует, что патентно защищенный способ заготовки сортиментов обеспечивает повышение сохранности подроста, а именно:

- сохранность подроста всех пород на всей площади вырубki повышается на 25% (при использовании традиционного способа сохраняется 42% подроста в количестве 2,5 тыс.шт./га, при использовании патентно защищенного способа – 67% в количестве 4 тыс.шт./га);

- сохранность хвойного подроста на всей площади вырубki повышается на 36% (при использовании традиционного способа сохраняется 42% подроста в количестве 2 тыс.шт./га, при использовании патентно защищенного способа – 78% в количестве 4 тыс.шт./га);

- сохранность подроста всех пород на пасаках повышается на 28% (при использовании традиционного способа сохраняется 55% подроста в количестве 3 тыс. шт./га, при использовании патентно защищенного способа – 83% в количестве 5тыс. шт./га);

- сохранность хвойного подроста на пасаках повышается на 41% (при использовании традиционного способа сохраняется 55% подроста в количестве 3 тыс. шт./га, при использовании патентно защищенного способа – 96% в количестве 5 тыс. шт./га).

Оценка жизнеспособности подроста выполнена по методике, изложенной в [9]. Ее результаты свидетельствуют, что под пологом леса жизнеспособный подрост составляет 76% (5 тыс. шт./га жизнеспособного подроста при общем количестве 6 тыс. шт./га). После рубки по традиционной технологии сохраняется 37% жизнеспособного подроста (2 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 67%), после рубки по патентно защищенному способу – 63% (3 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 72%). Доля жизнеспособного подроста в общем количестве хвойного подроста под пологом леса составляет 71% (3,5 тыс. шт./га жизнеспособного хвойного подроста при количестве хвойного подроста 5 тыс. шт./га). После рубки по традиционной технологии сохраняется 36% жизнеспособного хвойного подроста (1 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 61% в общем количестве хвойного), после рубки по патентно защищенному способу – 78% (3 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 71% в общем количестве хвойного). Таким образом, возобновление жизнеспособного хвойного подроста после рубки по традиционной технологии классифицируется как редкое (менее 2 тыс. шт./га), после рубки по патентно защищенному способу сохраняется среднее по густоте возобновление жизнеспособного хвойного подроста.

При работе харвестера способом по патенту сохраняется главным образом жизнеспособный хвойный подрост (его сохранность составила 79% при сохранности сомнительного и нежизнеспособного 76% и 77% соответственно). В то время как при заготовке традиционным способом, наиболее значительной является сохранность нежизнеспособного хвойного подроста (составила 58% при сохранности сомнительного и жизнеспособного подроста 54% и 37% соответственно).

При заготовке и обработке древесины патентно защищенным способом особенно значительно повысилась сохранность жизнеспособного хвойного подроста на пасаках – на 49% (с 47% до 96%). Таким образом, способ работы харвестера по патенту РФ №2365093 обеспечил соблюдение требований п. 51 «Правил заготовки древесины» [10] по сохранению подроста «...хозяйственно-ценных пород на площадях, не занятых погрузочными пунктами, трассами магистральных и пасечных волоков, дорогами, производственными и бытовыми площадками, в количестве не менее 70 процентов при проведении сплошных рубок». При этом традиционный способ соблюдение данных требований не обеспечивает.

Высотная структура возобновления под пологом леса характеризуется преобладанием среднего подроста (3 тыс. шт./га, 45%). При этом количество мелкого подроста составляет 2 тыс. шт./га (38%), а крупного 1 тыс. шт./га (17%). После заготовки сортиментов по патентно защищенному способу также преобладает средний подрост. Его сохранность составляет 82%, а количество – 2 тыс. шт./га (55%). Доля крупного подроста повышается до 20% (1 тыс. шт./га), а мелкого – снижается до 26% (1 тыс. шт./га). После заготовки сортиментов по традиционному способу высотная структура подроста также изменяется: преобладает мелкий подрост, его количество составляет 1 тыс. шт./га. Доля мелкого подроста повышается до 39%, а среднего – снижается до 38% (1 тыс. шт./га).

Оценка успешности возобновления определяет следующие выводы. В соответствии с «Правилами лесовосстановления» [9] для условий Северо-Уральского района характеристика сохраненного подроста после заготовки и обработки древесины по патентно защищенному способу (количество жизнеспособного подроста ели и пихты при оценке с учетом коэффициентов пересчета мелкого и среднего подроста в крупный – 2,2 тыс. шт./га) обеспечивает естественное лесовосстановление путем мероприятий по сохранению подроста. После заготовки и обработки древесины по традиционному способу требуется естественное лесовосстановление путем минерализации почвы или комбинированное лесовосстановление (количество жизнеспособного подроста ели и пихты при оценке с учетом коэффициентов пересчета мелкого и среднего подроста в крупный – 0,9 тыс. шт./га).

Анализ результатов исследования синхронизации и энергоемкости технологического процесса заготовки и обработки древесины указанными способами показал, что непроизводительные потери топлива харвестера при работе традиционным спо-

собом составляют в среднем 0,184 кг/м³, а при работе по новому способу вследствие увеличения коэффициента загрузки харвестера – 0,136 кг/м³ (рис.4).

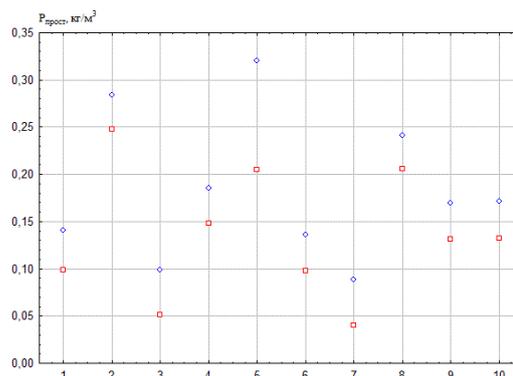


Рис. 4 – Непроизводительные потери топлива харвестера $P_{прост}$, кг/м³: ○ – при заготовке и обработке древесины традиционным способом, □ – при заготовке и обработке древесины способом по патенту РФ №2365093(номера точек соответствуют номерам опытов на рис.1)

Выводы

1. Валка ромбом, вершинами деревьев на волок, без приземления комлевой части дерева, а также компактное размещение сортиментов с учетом расположения куртин хвойного подроста при заготовке сортиментов патентно защищенным способом обеспечили почти полное сохранение хвойного подроста на пасаках. Валка вершиной на пасеку при заготовке сортиментов традиционным способом привела к повреждению значительной части хвойного подроста на пасаках при обрезке сучьев и раскряжке, в ходе которых крона поваленного дерева перемещается по площади пасеки.

2. В соответствии с «Правилами лесовосстановления» количество сохраненного подроста после заготовки сортиментов по патентно защищенному способу обеспечивает естественное лесовосстановление путем мероприятий по сохранению подроста.

3. Заготовка сортиментов способом по патенту РФ №2365093 обеспечила соблюдение требований «Правил заготовки древесины» по сохранению подроста хозяйственно-ценных пород на пасаках в количестве не менее 70%.

4. Анализ результатов исследования синхронизации и энергоемкости технологического процесса заготовки и обработки древесины указанными способами показал, что снижение непроизводительного расхода топлива харвестера при работе по новому способу составляет в среднем 0,048 кг/м³ сравнительно с традиционным способом.

Литература

1. Сафин, Р.Р. Анализ современного состояния лесопромышленного комплекса и перспективы его развития на базе кафедр лесотехнического профиля КГТУ / Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин // Вестн. Казанского технологического ун-та. – 2010. - № 4. –С. 120-126.

2. Якимович, С.Б. Сравнительная оценка эффективности технологических схем работы систем машин «Харвестер-Форвадер» по критериям площади технологических коридоров и производительности / С.Б. Якимович, Э.Ф. Герц, А.В. Мехренцев // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2012. - № 4(87). – С. 63-67.
3. Якимович, С.Б. Синхронизация обрабатывающе-транспортных систем заготовки и первичной обработки древесины: монография / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина. - Йошкар-Ола, 2011. - 201 с.
4. Обыденников, В.И. Лесоводственно-экологические принципы оценки последствий рубок и работы лесосечных машин / В.И. Обыденников // Вестник МГУЛ. Лесной Вестник. – 1998. - №1 (9). – С.47-49.
5. Пат. 2365093 РФ, МПК А 01 G 23/02 Способ заготовки сортиментов машиной манипуляторного типа / С.Б. Якимович, В.В. Груздев, В.Н. Крюков, М.А. Тетерина; заявители патентообладатель ГОУ ВПО МарГТУ; №2008107195/12; заявл. 26.02.2008; опубл. 27.08.2009.
6. Пат. 2467559 РФ, МПК А 01 G 23/02 Способ заготовки сортиментов машиной манипуляторного типа с сохранением молодняка / С.Б. Якимович, В.В. Груздев, А.Н. Свириденков, М.А. Тетерина, А.Я. Минай, А.М. Столяров; заявители патентообладатель ФГБОУ ВПО «ПГТУ»; №2011125457/13; заявл. 20.06.2011; опубл. 27.11.2012.
7. Якимович, С.Б. Опытно-промышленная оценка эффективности нового способа заготовки сортиментов / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина, В.В. Груздев // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2013. - № 1(92). – С. 192-196.
8. Лесоустроительная инструкция (Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 14 июля 2008 г. N 28): утв. приказом МПР РФ от 6 февраля 2008 г. N 31, введ в действие с 24.08.2008.
9. Правила лесовосстановления (Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 1 октября 2007 г. N 40): утв. приказом МПР РФ от 16 июля 2007 г. N 183, введ в действие с 10.10.2007.
10. Правила заготовки древесины: зарег. в Министерстве юстиции Российской Федерации 30 декабря 2011 г, рег. N22883; утв. приказом ФАЛХ РФ от 1 августа 2011 г. N337: введ в действие с 31.01.2012.

Результаты получены при выполнении поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы по теме «Оптимально функциональные синхронизированные транспортно-обрабатывающие машины» (гос. контракт №16.740.11.0518 от 16 мая 2011 г.)

© С. Б. Якимович – доц., проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства, Уральский государственный лесотехнический университет, jak.55@mail.ru; М. А. Тетерина – доцент той же кафедры, tetetet-marya@mail.ru.