



УДК 630\*3

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.86

## К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ РУБОК С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕНЗОМОТОРНЫХ ПИЛ И МИНИ-ТРАКТОРОВ

*Э.Ф. Герц, д-р техн. наук, доц.*

*Н.Н. Теринов, д-р с.-х. наук*

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, д. 37,  
г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: gerz.e@mail.ru, n\_n\_terinov@mail.ru

Рубки ухода в средневозрастных и приспевающих древостоях, а также выборочные рубки низкой интенсивности предполагают снижение доли волоков, что достигается при разрубке широких пасек. Одним из технологических приемов разработки части пасеки, удаленной от пасечного волока и недосягаемой для манипулятора лесозаготовительной машины, является включение в технологический процесс бензомоторной пилы и мини-трактора. Задача мини-трактора – подтрелевка заготовленной бензопилой древесины к пасечному волоку в зону досягаемости манипулятора харвестера. Весь комплекс работ, выполняемых при помощи бензомоторной пилы и мини-трактора, может производиться по двум вариантам: одним рабочим, использующим механизмы поочередно по мере необходимости, что приводит к простоя одного из механизмов; двумя рабочими, каждый из которых пользуется одним из механизмов, следовательно, механизмы задействованы на протяжении всего рабочего дня. В качестве основного критерия для выбора варианта организации лесозаготовительных работ на лентах, не досягаемых для манипуляторов лесозаготовительных машин, предлагается использовать себестоимость. Расчет себестоимости заготовки и подтрелевки сортиментов двумя или одним рабочим в удаленных от пасечного волока частях полупасек проводили для следующих условий: средний объем вырубаемых деревьев – соответственно 0,13...0,22 и 0,23...0,36 м<sup>3</sup>, среднее расстояние подтрелевки древесины – 58 м. Часовая тарифная ставка оплаты труда рабочего варьировалась в диапазоне от 100 до 3000 р. Выявлено, что граница предпочтительности той или иной формы организации определяется, при прочих равных условиях, средним объемом вырубаемых деревьев и часовой ставкой оплаты труда рабочего. Установлено, что при низких уровнях оплаты труда предпочтительной является организация работ с привлечением двух рабочих, а по мере повышения часовой ставки рабочего приоритет меняется в пользу одного рабочего, использующего оба механизма по мере необходимости.

**Для цитирования:** Герц Э.Ф., Теринов Н.Н. К вопросу об организации рубок с применением бензомоторных пил и мини-тракторов // Лесн. журн. 2019. № 2. С. 86–94. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.86

**Ключевые слова:** выборочные рубки, широкие пасеки, мини-трактор, бензомоторная пила, организация рубок, минимальные затраты.

### *Введение*

Принципы устойчивого лесопользования предполагают переход от сплошных рубок к выборочным, что соответствует требованиям интенсифи-

кации производства. Интенсивное лесопользование предусматривает проведение комплекса рубок ухода. Обзор оборудования, используемого для выполнения рубок, свидетельствует об ориентации на узкопосечные, т. е. сплошные, рубки. Выборочные рубки и рубки ухода в приспевающих насаждениях предполагают рубку широких пасек с возможностью снижения интенсивности изреживания древостоя до 20...15 %. Современные лесозаготовительные машины, имеющие вылет манипулятора до 11 м, такой возможности не дают. Радикальное увеличение вылета манипулятора у этих машин невозможно в силу ряда причин [5].

Разрубка лент пасеки, недостижимых для манипуляторных лесозаготовительных машин (ЛЗМ), дополнительным оборудованием, включенным в систему машин (бензомоторные пилы и мини-тракторы с двигателями, исключая минерализацию почвы при маневрировании), обеспечивает максимальное сохранение компонентов насаждения, формируемого рубками [11], однако приводит, как правило, к увеличению себестоимости рубок и заготовленной древесины в целом [1, 6, 10]. Дополнительное преимущество использования мини-трактора при рубках ухода в молодняках состоит в исключении излома стволов вырубаемых деревьев [7]. Очевидно, что одним из вариантов минимизации негативного воздействия на экономическую эффективность процесса от введения дополнительных операций и, соответственно, дополнительного оборудования является рациональная организация работы на лентах, недостижимых для манипуляторов ЛЗМ, а также комбинирование операций, выполняемых одним рабочим [3, 4, 8, 9].

#### *Объекты и методы исследования*

Технологический процесс разработки боковых лент пасек, недостижимых для манипуляторов ЛЗМ, с применением бензомоторной пилы и мини-трактора может быть организован по двум вариантам: операционный и комбинированный. В первом случае каждая операция технологического процесса осуществляется одним рабочим, во втором – степень комбинирования и число операций, выполняемых одним рабочим, могут быть различными. Целесообразность применения бензомоторной пилы одним рабочим (валка, обрезка сучьев, раскряжевка) показана нами в работе [4]. В качестве альтернативы этому можно предложить следующее:

– выполнение комплекса операций двумя рабочими: один осуществляет все технологические операции бензомоторной пилой (валит деревья, назначенные в рубку, в том числе при необходимости отбирает деревья в рубку; обрезает сучья; при сортиментной технологии дополнительно раскряжевывает хлыст и окучивает маломерные сортименты); второй рабочий при помощи трелевочного мини-трактора производит подбор лесоматериалов, их погрузку и подтрелевку к волоку;

– выполнение комплекса операций одним рабочим, использующим для этого в необходимой последовательности бензомоторную пилу и мини-трактор.

Предпочтительность той или иной формы организации труда, как и целесообразность реализации технологического процесса, может быть определена с учетом экономических, экологических и социальных критериев [1, 3]. В качестве таких критериев могут быть использованы себестоимость, риски

(вероятность) повреждения компонентов формируемого древостоя, снижение физической нагрузки на рабочего или на его отдельные группы мышц за счет исключения однообразных и монотонных движений, причем себестоимость [1] в приведенном перечне можно рассматривать как доминирующий фактор, а другие – в качестве ограничений. Таким образом, за целевую функцию примем минимум себестоимости по комплексу работ (валке, обрезке сучьев, раскряжевке, подтрелевке древесины к пасечному волоку):

$$C^{n+m} \Rightarrow \min. \quad (1)$$

Себестоимость заготовки и подтрелевки древесины к пасечному волоку с лент, не достигаемых для манипуляторных ЛЗМ, при выполнении комплекса операций с использованием бензomotorной пилы и мини-трактора двумя рабочими определяется суммой стоимости содержания этих механизмов и их производительностью:

$$C^{n+m} = \left( \frac{C^n}{\Pi^n} + \frac{C^m}{\Pi^m} \right) Q_1, \quad (2)$$

где  $C^n$ ,  $\Pi^n$  – себестоимость машиносмены и сменная производительность бензomotorной пилы;  $C^m$ ,  $\Pi^m$  – себестоимость машиносмены и сменная производительность мини-трактора;  $Q_1$  – объем выполненных работ.

Себестоимость работ при выполнении комплекса операций, производимых при помощи бензomotorной пилы и мини-трактора, по валке, обрезке сучьев, раскряжевке и подтрелевке древесины к волоку одним рабочим в очередности, обусловленной технологическим процессом:

$$C^{n+m} = Q_1 (C^n + C^m) / \Pi^{n(m)}. \quad (3)$$

Сменная производительность поочередно используемых механизмов (оборудования) в едином цикле выравнивается и сокращается за счет простоев, однако несколько возрастает за счет относительного сокращения времени, затраченного на переходы между вырубаемыми деревьями [4].

Определим себестоимость содержания машиносмены оборудования, используемого для выполнения работ на лентах пасеки, не достигаемых для манипуляторов ЛЗМ:

$$C^{n(m)} = Z + Z_e + P_m + q_{топл} + \Gamma + H + q_{пр}, \quad (4)$$

где  $Z$  – зарплата основных рабочих с начислениями и доплатами;  $Z_e$  – основная и дополнительная зарплата вспомогательных рабочих и обслуживающего персонала;  $P_m$  – стоимость текущих ремонтов оборудования;  $q_{топл}$  – стоимость топлива;  $\Gamma$  – стоимость смазочных материалов;  $H$  – стоимость амортизационных отчислений;  $q_{пр}$  – стоимость прочих производственных затрат (10 % от всех затрат).

Основная и дополнительная зарплата тракториста с начислениями:

$$Z = TT_m (1 + K_d), \quad (5)$$

где  $T$  – продолжительность смены, ч;  $T_m$  – часовая тарифная ставка рабочего, р.;  $K_d$  – суммарный нормативный коэффициент доплат к основной зарплате.

В зарплату вспомогательных рабочих и обслуживающего персонала включается зарплата вспомогательных рабочих, занятых на содержании трак-

торов (подвозка воды и горюче-смазочных материалов, подогрев воды и смазочных масел, охрана и перебазирование оборудования, прогрев тракторов зимой). Тогда основная и дополнительная зарплата вспомогательных рабочих с начислениями:

$$Z_g = T n_g T_g (1 + K_g), \quad (6)$$

где  $n_g$  – трудозатраты на содержание механизмов;  $T_g$  – часовая тарифная ставка вспомогательных рабочих;  $K_g$  – коэффициент доплат к основной зарплате вспомогательных рабочих.

Затраты на текущий ремонт состоят из затрат на профилактическое обслуживание и текущий ремонт трелевочных тракторов. Затраты на ремонтное обслуживание механизмов, приходящиеся на одну машиносмену, могут быть определены исходя из балансовой стоимости и годовых отчислений на текущий ремонт:

$$P_m = \frac{C_m \Psi}{100 t}, \quad (7)$$

где  $C_m$  – балансовая стоимость механизма;  $\Psi$  – отчисления на технический уход и текущий ремонт за год, % от первоначальной стоимости механизма;  $t$  – количество рабочих смен в году.

Расход топлива зависит в основном от мощности двигателя и степени его загрузки:

$$q_{\text{топл}} = T \eta_N \eta_T q_n N, \quad (8)$$

где  $\eta_N$  – коэффициент использования мощности двигателя;  $\eta_T$  – коэффициент использования двигателя по времени;  $q_n$  – норматив расхода топлива на 1 кВт/ч;  $N$  – мощность двигателя, кВт.

Расход смазочных масел устанавливается в процентах от расхода топлива: для дизельных двигателей  $\Gamma = 0,07 q_{\text{топл}}$ .

Нормы амортизационных отчислений предназначены для полной реновации первоначальной стоимости и проведения капитальных ремонтов. Годовой размер амортизационных отчислений обычно устанавливается в процентах к балансовой стоимости оборудования:

$$H = \frac{C_m + \sum K - \Delta}{T_a C_m} 100 \%, \quad (9)$$

где  $H$  – годовая норма амортизационных отчислений, % от балансовой стоимости механизма;  $C_m$  – балансовая стоимость механизма;  $\sum K$  – стоимость всех капитальных ремонтов за период службы механизма;  $\Delta$  – ликвидационная стоимость,

$$\Delta = P_k n F_m; \quad (10)$$

$P_k$  – конструкционная масса механизма;  $n$  – выход металлолома от конструкционного веса, доли от единицы;  $F_m$  – стоимость 1 кг металлолома;  $T_a$  – амортизационный период.

Определим размер амортизационных отчислений за смену:

$$A = \frac{C_m H}{100t}. \quad (11)$$

Характеристика механизмов и условия, принятые в расчетах.

Мини-трактор:

мощность – 4 кВт;

вес – 400 кг;

скорость – 6 км/ч;

цена – 750 тыс. р.

Бензомоторная пила:

мощность – 2,5 кВт;

цена – 35 000 р.

Стоимость топлива для мини-трактора – 30 р.

Стоимость топлива для бензомоторной пилы – 35 р.

Диапазон варьирования часовой ставки рабочего – от 100 до 3 000 р.

Количество рабочих дней в году – 260.

Коэффициент использования мощности двигателя – 0,7.

Коэффициент использования двигателя по времени – 0,6.

Выход металлолома от конструкционной массы – 0,8.

Себестоимость заготовки и трелевки сортиментов двумя или одним рабочим в удаленных от пасечного волока частях полупасек рассчитывали для следующих условий: средний объем вырубемых деревьев – соответственно 0,13...0,22 и 0,23...0,36 м<sup>3</sup>, среднее расстояние трелевки древесины – 58 м.

Норма времени на выполнение операций валки, обрезки сучьев, раскряжевки для древостоя со средним объемом вырубемого ствола 0,13...0,22 и 0,23...0,32 м<sup>3</sup> составила соответственно 0,991 и 0,787 ч/м<sup>3</sup> [4].

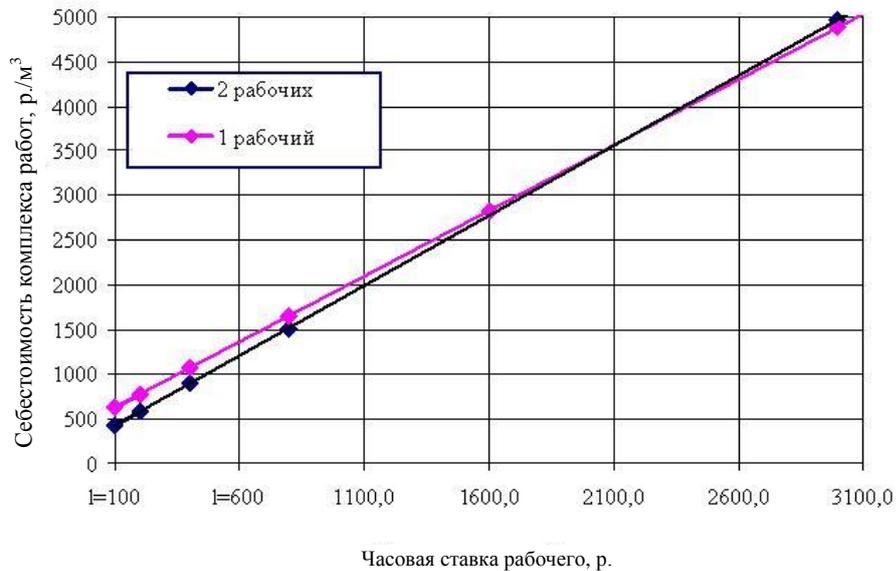
Часовая производительность мини-трактора при среднем расстоянии трелевки 58 м по данным [2] – 2,3 м<sup>3</sup>, норма времени – 0,435 ч/м<sup>3</sup>. Нормы времени на выполнение всех операций одним рабочим снижены в расчетах на 9 % [4].

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

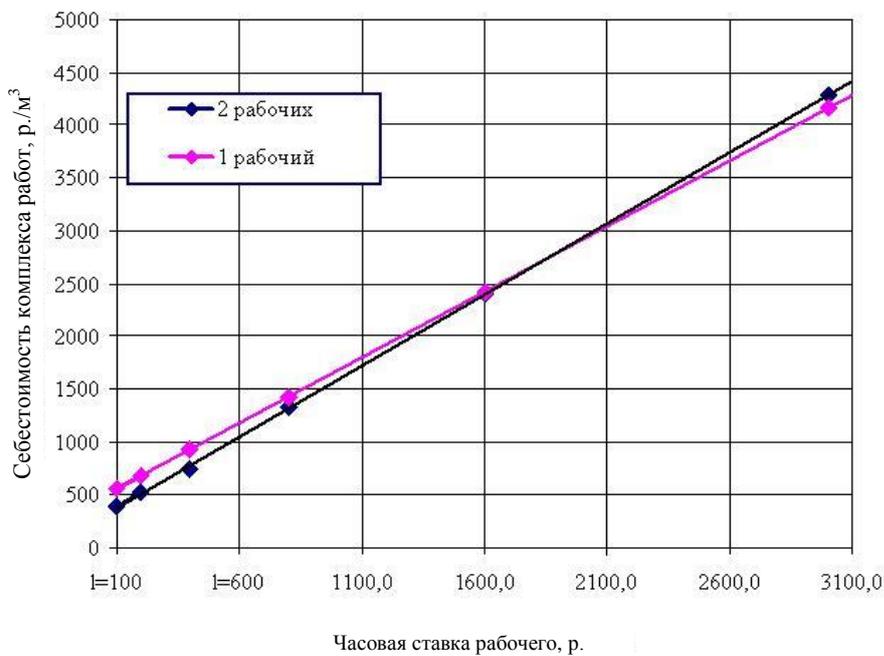
Зависимость себестоимости работ по заготовке сортиментов (при проведении выборочных рубок в елово-пихтовых древостоях со средним объемом ствола 0,13...0,22 и 0,23...0,32 м<sup>3</sup>), их подтрелевке к волоку мини-трактором от часовой ставки рабочего в случае выполнения работ одним и двумя рабочими представлена на рисунке.

Величина часовой ставки оплаты труда рабочего оказывает существенное влияние на себестоимость заготовленных сортиментов, причем в мелко-товарных древостоях эта зависимость выражена сильнее.

При минимальных ставках оплаты труда рабочего в рассмотренных размерных группах древостоев предпочтительным является выполнение комплекса работ двумя рабочими. Граница предпочтительности выполнения комплекса работ одним рабочим смещается в древостоях большей крупности к меньшим уровням часовой ставки рабочего.



а



б

Зависимость себестоимости комплекса работ по заготовке и подтрелевке сортиментов к пасечным волокам при выборочных рубках в елово-пихтовых древостоях со средним объемом ствола 0,13...0,22 м<sup>3</sup> (а) и 0,23...0,32 м<sup>3</sup> (б) от часовой ставки рабочего

The dependence of prime cost of complex of works in logging and hauling-in of assortments to skidding trails during selective thinning in spruce-fir stands with the average trunk volume of 0.13...0.22 м<sup>3</sup> (а) and 0.23...0.32 м<sup>3</sup> (б) on hourly rate of a worker

### Заключение

Таким образом, на выбор рациональной формы организации рубок с применением бензомоторной пилы и мини-трактора оказывают влияние, при прочих равных условиях, уровень оплаты труда рабочего и объем вырубаемых деревьев.

1. Повышение часовой ставки рабочего от 100 до 3000 р. ведет к увеличению суммарной себестоимости заготовки и подтрелевки сортиментов к паечному волоку:

при среднем объеме вырубаемых деревьев  $0,13...0,22 \text{ м}^3$  и выполнении комплекса операций двумя рабочими себестоимость возрастает от 419 до  $4967 \text{ р./м}^3$ , а при выполнении комплекса операций одним рабочим – от 630 до  $4890 \text{ р./м}^3$ ;

при среднем объеме вырубаемых деревьев  $0,23...0,32 \text{ м}^3$  и выполнении комплекса операций двумя рабочими себестоимость возрастает от 382 до  $4278 \text{ р./м}^3$ , а при выполнении комплекса операций одним рабочим – от 552 до  $4161 \text{ р./м}^3$ .

2. При среднем объеме вырубаемых деревьев  $0,13...0,22 \text{ м}^3$  суммарная себестоимость выполнения комплекса операций по заготовке сортиментов и их подтрелевке к волоку в диапазоне тарифной ставки от 100 до 2200 р./ч ниже при участии двух рабочих, а при ставке более 2200 р./ч суммарная себестоимость выполнения комплекса операций ниже при их проведении одним рабочим.

3. При среднем объеме вырубаемых деревьев  $0,23...0,32 \text{ м}^3$  суммарная себестоимость выполнения комплекса операций по заготовке сортиментов и их подтрелевке к волоку в диапазоне тарифной ставки от 100 до 1800 р./ч ниже при участии двух рабочих, а при ставке более 1800 р./ч суммарная себестоимость выполнения комплекса операций ниже при их проведении одним рабочим.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаренок В.А., Герц Э.Ф., Силуков Ю.Д. Алгоритм выбора технологии и системы машин для выполнения рубок // Аграр. вестн. Урала. 2012. № 1(93). С. 35–36.
2. Валяжонков В.Д., Мясущев Д.Г. Особенности малой механизации лесозаготовок за рубежом // Лесн. журн. 2005. № 6. С. 64–69. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Герц Э.Ф., Азаренок В.А., Лившиц Н.В., Мехренцев А.В. К вопросу о целесообразности применения операции подтрелевки при несплошных рубках // Лесн. журн. 2002. № 3. С. 44–48. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Герц Э.Ф., Теринов Н.Н. Рациональная организация выборочной рубки с использованием бензомоторной пилы и мини-трактора // Перм. аграр. вестн. 2017. № 4(20). С. 152–157.
5. Иевинь И.К., Розинь Т.Я. Доступность деревьев при машинной рубке выборочным способом // Комплексная механизация рубок ухода. Рига: Зинатне, 1975. С. 61–75.
6. Harstela P. Work Postures and Strain of Workers in Nordic Forest Work: A Selective Review // International Journal of Industrial Ergonomics. 1990. Vol. 5, iss. 3. Pp. 219–226. DOI: 10.1016/0169-8141(90)90058-A
7. Luthy C., Gerz E. Zange oder Seilwinde? // Wald und Holz. No. 1.15/94. Pp. 22–25.

8. Magagnotti N., Spinelli R. Financial and Energy Cost of Low-Impact Wood Extraction in Environmentally Sensitive Areas // *Ecological Engineering*. 2011. Vol. 37, iss. 4. Pp. 601–606. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2010.12.021

9. Marchi E., Picchio R., Spinelli R., Verani S., Certini G. Environmental Impact Assessment of Different Logging Methods in Pine Forests Thinning // *Ecological Engineering*. 2014. Vol. 70. Pp. 429–436. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.06.019

10. Spinelli R., Magagnotti N., Relano R.L. An Alternative Skidding Technology to the Current Use of Crawler Tractors in Alpine Logging Operations // *Journal of Cleaner Production*. 2012. Vol. 31. Pp. 73–79. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.02.033

11. Vusić D., Šušnjar M., Marchi E., Spina R., Zečić T., Picchio R. Skidding Operations in Thinning and Shelterwood Cut of Mixed Stands – Work Productivity, Energy Inputs and Emissions // *Ecological Engineering*. 2013. Vol. 61, part A. Pp. 216–223. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2013.09.052

Поступила 04.09.18

UDC 630\*3

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.86

### On the Issue of Thinning Schedule Using Gasoline Saws and Mini Skidders

*E.F. Gerts, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor*

*N.N. Terinov, Doctor of Agricultural Sciences*

Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; e-mail: gerz.e@mail.ru, n\_n\_terinov@mail.ru

Improvement thinning of middle-aged and maturing forest stands, as well as selective thinning of low intensity assumes a decrease in a part of trails, which can be achieved during cutting of broad swathes. One of the technological methods for developing a part of a swath remote from skidding trail and inaccessible for harvester grapple is the use of gasoline saw and mini skidder in technological process. Hauling-in to the skidding trails (reach area of harvester grapple) wood logged with a gasoline saw is carried out using a mini skidder. There are two possible thinning schedules for providing the whole complex of works using gasoline saw and mini skidder. The first one is performed by a worker who uses mechanisms one at a time as and when necessary, which leads to downtime of one of the mechanisms. The second is performed by two workers. Each of them uses one of the mechanisms and, therefore, mechanisms are used throughout the working day. Prime cost is proposed as the main criterion for selecting the thinning schedule on sites inaccessible for the harvester grapples. Prime cost calculation of logging and hauling-in of assortments by one or two workers in the remote from skidding trail parts of half-swathes was done for the following conditions: the average volumes of felling trees are 0.13–0.22 and 0.23–0.36 m<sup>3</sup>, respectively; the average distance of wood hauling-in is 58 m. The worker's hourly rate ranged from 100 to 3000 rub. It has been revealed that the limit of preference of one or another schedule is determined, all else equal, by the average volume of felling trees and hourly rate of worker. It was determined that at low levels of payment for work thinning schedule with two workers is preferable, while with the increase of hourly rate preference is changing in favor of one worker using both mechanisms as necessary.

**For citation:** Gerts E.F., Terinov N.N. On the Issue of Thinning Schedule Using Gasoline Saws and Mini Skidders. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 2, pp. 86–94. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.86

**Keywords:** selective thinning, broad forest swathes, mini skidder, gasoline saw, thinning schedule, minimum costs.

## REFERENCES

1. Azarenok V.A., Gerz E.F., Silukov J.D. Algorithm for Selecting Technologies and System Machines for Cutting. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2012, no. 1(93), pp. 35–36.
2. Valyazhonkov V.D., Myasishchev D.G. Peculiarities of Small Mechanization of Forest Harvesting Abroad. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2005, no. 6, pp. 64–69.
3. Gerts E.F., Asarenok V.A., Livshits N.V., Mekhrentsev A.V. To Question of Expediency of Using Hauling Operations in Non-clear Cutting. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2002, no. 3, pp. 44–48.
4. Gerz E.F., Terinov N.N. Rational Organization of Selective Cutting Using a Gasoline Saw and Minitractor. *Permskiy agrarnyy vestnik* [Perm Agrarian Journal], 2017, no. 4(20), pp. 152–157.
5. Iyevin' I.K., Rozin' T.Ya. Accessibility of Trees under Machine Cutting by the Selective Method. *Comprehensive Mechanization of Improvement Thinning*. Riga, Zinatne Publ., 1975, pp. 61–75.
6. Harstela P. Work Postures and Strain of Workers in Nordic Forest Work: A Selective Review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1990, vol. 5, iss. 3, pp. 219–226. DOI: 10.1016/0169-8141(90)90058-A
7. Luthy C., Gerz E. Zange oder Seilwinde? *Wald und Holz*, no. 1.15/94, pp. 22–25.
8. Magagnotti N., Spinelli R. Financial and Energy Cost of Low-Impact Wood Extraction in Environmentally Sensitive Areas. *Ecological Engineering*, 2011, vol. 37, iss. 4, pp. 601–606. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2010.12.021
9. Marchi E., Picchio R., Spinelli R., Verani S., Certini G. Environmental Impact Assessment of Different Logging Methods in Pine Forests Thinning. *Ecological Engineering*, 2014, vol. 70, pp. 429–436. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.06.019
10. Spinelli R., Magagnotti N., Relaño R.L. An Alternative Skidding Technology to the Current Use of Crawler Tractors in Alpine Logging Operations. *Journal of Cleaner Production*, 2012, vol. 31, pp. 73–79. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.02.033
11. Vusić D., Šušnjar M., Marchi E., Spina R., Zečić T., Picchio R. Skidding Operations in Thinning and Shelterwood Cut of Mixed Stands – Work Productivity, Energy Inputs and Emissions. *Ecological Engineering*, 2013, vol. 61, part A, pp. 216–223. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2013.09.052

Received on September 04, 2018

---