



ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ НА ПОЧВУ ПРИ РУБКАХ УХОДА

Ю. Е. ВАДБОЛЬСКАЯ,
аспирант,
В. А. АЗАРЕНОК,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Уральский государственный лесотехнический университет
(620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тр., д. 37; тел.: 8 (343) 262-54-53)

Ключевые слова: рубки ухода, машины для рубок ухода, харвестеры, форвардеры, почва, воздействие на почву, лесоводственно-экологические требования, имитационная модель.

Одной из основных задач развития лесных предприятий является комплексное использование древесины с позиций производственно-экономической и лесоводственно-экологической эффективности. В настоящее время реализацию перспективных направлений лесной политики обеспечивает применение рубок ухода. Наиболее эффективным средством механизации лесосечных работ в условиях жестких ограничений по лесоводственно-экологическим требованиям считаются малогабаритные многооперационные машины, однако сейчас необходимы исследования в этой области по обоснованию параметров машин для рубок ухода с минимизацией ущерба окружающей среде. Поэтому все большее распространение получает сортиментная технология заготовки леса с применением лесозаготовительных машин – харвестеров, форвардеров и форвестеров. На уровень повреждения леса и минерализации почвы оказывают весомое влияние конструктивные факторы лесных машин, в числе которых габаритные размеры, давление на опорную поверхность, способ маневрирования и способ размещения груза (хлыстов и деревьев). Сокращение количества поврежденных деревьев возможно за счет уменьшения площади технологических коридоров путем снижения габаритов лесных машин при одновременном повышении их проходимости и маневренности. В статье предложена структурная схема имитационной модели для выбора и обоснования параметров машин для рубок ухода. Модель позволяет в обобщенном виде учесть основные технологические параметры машин для рубок ухода с учетом характеристик лесонасаждений, почвенно-грунтовых условий, рельефа местности, климатических особенностей. В условиях многообразия природно-производственных факторов и альтернативного набора машин она способствует оптимальному подбору машин из числа существующих. При отсутствии необходимого варианта выбора компьютеризированная система позволяет проводить обоснование основных параметров вновь проектируемых машин и оборудования.

IMPACT OF FOREST MACHINERY ON SOIL AT THINNING

Yu. E. VADBOLSKAYA,
graduate student,
V. A. AZARENOK,
doctor of agricultural sciences, professor, Ural State Forest Engineering University
(37 Sibirskiy tr. Str., 620100, Ekaterinburg; tel.: +7 (343) 262-54-53)

Keywords: thinning, thinning machines, harvesters, forwarders, soil, impact on the soil, forestry and environmental requirements, simulation model.

One of the main tasks of the development of forest enterprises is an integrated use of wood from the standpoint of production and economic and silvicultural and ecological efficiency. At the present time, realization of the perspective directions of the forest policy provides for the use of thinning. The most effective means of mechanization logging operations in the conditions of rigid restrictions on silvicultural and ecological requirements considered as small-sized multifunction machine, but now research in this area is necessary to validate the parameters of machines for thinning whilst minimizing damage to the environment. Therefore, all the more widespread assortment technology of logging with application logging equipment – harvesters, forwarders and forvesters. The level of damage to forest and soil mineralization has strong influence of design factors of forest machines, including dimensions, pressure on the support surface, a method of maneuvering and the distribution of the goods (whips and trees). The reduction in the number of damaged trees is possible by reducing the area of technological corridors by reducing the size of forest machines while improving their possibility and maneuverability. The article suggests a structural diagram of a simulation model for selection and justification of parameters of machines for thinning. The model allows generally take into account the main technological parameters of machines for thinning based on the characteristics of forests, soil and groundwater conditions, terrain, and climatic characteristics. In terms of natural diversity and production factors and alternative set of machines it facilitates optimal selection of cars from the number available. In the absence of the necessary options for selecting a computerized system allows the justification of the main parameters of the newly designed machines and equipment.

Положительная рецензия представлена В. А. Усольцевым, доктором сельскохозяйственных наук, профессором
Уральского государственного лесотехнического университета,
главным научным сотрудником Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук.

Ежегодное прямое воздействие рубок непрерывно охватывает все новые экосистемы. Основные виды воздействия вызваны как уменьшением растительного покрова, так и физическим воздействием самих работ. Степень ущерба зависит от лесорастительных условий, а также от используемых технологий заготовки, систем лесозаготовительных и транспортных машин и оборудования [1].

Одной из основных задач развития лесных предприятий является комплексное совершенствование пользования лесом с позиций производственно-экономической и лесоводственно-экологической эффективности. Применение рубок ухода в лесной практике – перспективное направление лесной политики, однако их широкое внедрение сдерживается техническими возможностями.

В большинстве европейских государств все насаждения к возрасту спелости обычно бывают пройдены рубками ухода. Последнее позволяет при освоении спелых и перестойных древостоев выборочными рубками харвестеру маневренно передвигаться между деревьями, сокращая тем самым площадь трелевочных волоков. Лесной фонд РФ принципиально отличается от такового в зарубежных странах, прежде всего тем, что рубки ухода за лесом проводятся в весьма ограниченных объемах. По этой причине густота древостоев к возрасту спелости остается очень высокой и не позволяет харвестеру во многих случаях передвигаться между деревьями [2].

Опыт эксплуатации существующих трелевочных и транспортных машин на лесосеках показывает, что проведение рубок ухода сопровождается неоправданно высокой степенью уменьшения запаса лесонасаждения, что влечет снижение продуктивности оставляемого на доращивание древостоя.

Наиболее перспективным средством механизации лесосечных работ в условиях жестких ограничений по лесоводственно-экологическим требованиям являются малогабаритные многооперационные машины, однако к настоящему времени отсутствуют исследования по обоснованию параметров машин для рубок ухода с минимизацией ущерба окружающей среде.

На уровень повреждения леса и минерализации почвы оказывают весомое влияние конструктивные факторы лесных машин, в числе которых габаритные размеры, давление на опорную поверхность, способ маневрирования и способ размещения груза (хлыстов и деревьев). Очевидно, что сокращение количества поврежденных деревьев возможно за счет уменьшения площади технологических коридоров путем снижения габаритов лесных машин при одновременном повышении их проходимости и маневренности.

Цель и методика исследований. Цель работы – повышение эффективности применения механизиро-

ванных технологий и соответствующих параметров машин для рубок ухода за лесом при обеспечении экологической совместимости с природной средой.

В настоящее время все большее распространение получает сортиментная технология заготовки леса с применением лесозаготовительных машин – харвестеров, форвардеров и форвестеров. Так, технология с заготовкой сортиментов составляет уже 65 % от общего мирового объема заготавливаемой древесины, оставшийся процент приходится на технологии с заготовкой хлыстов и деревьев.

В условиях несплошных рубок трелевка в наибольшей степени определяет стоимость и трудоемкость всех основных и подготовительных работ, а также негативные экологические последствия в виде повреждений подроста и оставляемых на доращивание деревьев.

Результаты исследований. Выбор техники и технологии для выполнения рубок ухода в современных условиях не только не упрощается, но и становится сложнее. Причина этого прежде всего в росте экологического и социального сознания населения и возрастании для общества несырьевых функций леса, таких как климатообразующая, рекреационная и др. Переход «золотого миллиарда» на принципы устойчивого лесопользования и необходимость сертификации лесов по одной из схем добровольной лесной сертификации, имеющих международное признание, являются в свою очередь весомым аргументом извне для перехода на интенсивные технологии лесопользования.

Экологическая допустимость технологических процессов лесосечных работ определяется пороговым значением того или иного фактора и устанавливается правилами рубок и другими нормативными актами, ограничивающими возраст рубки, площадь лесосеки, степень изреживания древостоя и другие организационно-технические параметры лесосек. Кроме того, ограничивается степень повреждения деревьев, оставляемых на доращивание при несплошных видах рубок, и увеличивается сохранность подроста хозяйственно ценных пород, а также степень минерализации поверхности почвы на лесосеке и степень колееобразования на волоках [3].

В Российской Федерации, в том числе в Свердловской области, в больших масштабах велись и ведутся рубки леса в основном (более 90 %) сплошно-лесосечными способами, причем технологии этих и других способов рубок не всегда отвечают экологическим и лесоводственным требованиям. Однако без рубок нет хозяйства в лесу. Поэтому рубки спелых и перестойных насаждений должны повсеместно выполняться экологизированными способами и технологиями, обеспечивающими сохранение лесорастительной среды [4].



Почвы района исследований весьма разнообразны, что обусловлено высокой дифференциацией климата, рельефа и почвообразующих пород. В центральных частях Свердловской области доминируют подзолистые и дерново-подзолистые супесчаного, суглинистого и глинистого механического состава почвы. В хребтовой части в основном представлены бурые горнолесные почвы, на юго-востоке области значительная доля принадлежит серым и темно-серым лесным почвам, а также выщелоченным и оподзоленным черноземам. На северо-востоке области широко распространены торфяно-болотные почвы. Все типы почв хребтовой части в основном мелкие, слабопрочные (28 % от лесопокрытой площади) по отношению к водной эрозии и воздействию тяжелой лесозаготовительной техники. Все переувлажненные почвы также высокой прочности по отношению к тяжелой лесозаготовительной технике не имеют, что требует выполнения экологизированных рубок.

Свердловская область – один из наиболее облесенных субъектов РФ (лесистость около 65 %). Соотношение хвойных и мягколиственных лесов – 60/40 %. Общий запас древесины составляет 2,1 млрд м³, в том числе хвойных пород – 1,3 млрд м³, или 62 %. Спелых и перестойных насаждений по отношению ко всей лесопокрытой площади около 29 %, что близко к нормальной возрастной структуре лесов. Однако эта группа насаждений под напором сплошнолесосечных рубок спелых и перестойных насаждений сокращается высокими темпами. В 1961 г. она составляла 60 %, а к текущему времени сократилась вдвое.

Покрытая лесом площадь ГЛФ (11,1 млн га) по возрастной структуре лесных насаждений подразделяется следующим образом (табл. 1).

Средний возраст хвойных древостоев – 121 год, мягколиственных – 99 лет. Средний класс бонитета насаждений III,6, варьирует от II,8 в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов до IV,6 в северной подзоне тайги. Средняя полнота древостоев около 0,7 [5]. С учетом больших запасов молодняков второго класса возраста и средневозрастных насаждений представляют интерес рубки ухода. Применение

рубков ухода позволит обеспечить рост объема заготовок древесины при сохранении лесной среды.

Выращивание продуктивных древостоев в онтогенезе во многих случаях должно сопровождаться рубками ухода с использованием технологий, позволяющих минимизировать причиняемый лесным экосистемам ущерб. Решение этой задачи предполагает использование на работах по уходу за лесом специализированной техники, которая наряду с приемлемыми экономическими и эксплуатационными показателями обеспечивала бы сохранение лесорастительной среды и древостоя на лесосеках в процессе рубок [6].

Конструктивные факторы включают тип машин, их основные размеры, массу и развесовку по осям, тип движителя (для колесных машин – колесную формулу и размеры колес, для гусеничных – тип гусеницы и ее размеры, расположение ведущей звездочки), тип трансмиссии, компоновку и параметры технологического оборудования, тип и уровень надежности гидросистемы, эргономические показатели (обзорность, удобство работы оператора, уровень шума и вибрации), характеристики двигателя (в том числе, степень токсичности отработанных газов).

Однозначно установлено, что более легкие, малогабаритные машины наносят меньший вред окружающей среде при работе в лесу. Главной проблемой при их применении является обеспечение необходимой грузоподъемности манипуляторного оборудования при удовлетворении требования устойчивости против опрокидывания.

Что касается трансмиссии, то на большинстве зарубежных машин она гидромеханическая или гидростатическая. Такой тип трансмиссии снижает буксование, обеспечивает плавность начала движения машины с места и, следовательно, уменьшает отрицательное воздействие на лесные почвы.

Компоновка машины должна быть выполнена таким образом, чтобы нагрузки на все колеса или опорные катки распределялись равномерно. Для машин с шарнирно-сочлененной рамой желательное обеспечение требования равенства расстояний от центрально-

Таблица 1
Возрастная структура лесов Свердловской области

Группа возраста	Молодняки первого класса возраста	Молодняки второго класса возраста	Средне-возрастные насаждения	Приспевающие насаждения	Спелые и перестойные насаждения
Площадь, млн га	1,2	1,6	3,7	1,3	3,3
%	10,8	14,4	33,3	11,6	29,9

Table 1
Age structure of forests of Sverdlovsk region

Group of age	Young growth of the first age class	Young growth of the second age class	Middle-aged stands	Maturing stands	Mature and overmature stands
Area, mln ha	1.2	1.6	3.7	1.3	3.3
%	10.8	14.4	33.3	11.6	29.9

го шарнира до оси передних и задних колес. В этом случае при поворотах в лесу задние колеса движутся по колею передних: меньшая площадь подвергается уплотнению, снижается вероятность повреждения стволов, стоящих на границе с волоком.

Важным вопросом проектирования и эксплуатации лесной машины выступает выбор типа движителя. Подавляющее большинство отечественных машин имеют гусеничные движители со стальными гусеничными лентами. Зарубежные машины, наоборот, в большинстве базируются на колесных шасси. Исключение составляют мощные валочно-пакетирующие машины экскаваторного типа, имеющие гусеничный движитель, и некоторые легкие харвестеры и форвардеры, предназначенные для работы на влажных грунтах.

Имеющиеся сравнительные испытания колесных и гусеничных машин эквивалентной массы показали, что у тех и других машин глубина колеи увеличивалась с увеличением числа проходов. На сухих песчаных и супесчаных почвах воздействие на глубинные слои почвы (20–50 см) оказалось практически идентичным. А вот верхние слои быстрее разрушались гусеничной машиной, в то время как колесная только уплотняла их.

На влажных почвах обе машины нарезали глубокую колею. Кроме того гусеничная машина при поворотах сдирала верхний гумусный слой.

Для снижения колееобразования и уплотнения почвогрунта в последние годы начали применять трелевочную технику с движителями повышенной опорной поверхности. Это многоколесные машины на широких лесных шинах, машины на уширенных гусеницах, четырехгусеничные машины с резиноармированными и подобными им лентами, машины на пневмокатках типа «rolligon», машины с гибридными свойствами движителя (колесный вариант – для почвогрунтов с хорошо несущей способностью, гусеничный вариант – для почв с низкой несущей способностью) [7].

Ряд современных исследований доказывают экологические преимущества гусеничных машин с резиновыми траками. Они меньше уплотняют почву. Так, замеры, проведенные с использованием пенитрометра (плотномера), показали, что после прохода машин с двумя типами гусениц показания пенитрометра на глубине 20 см для колеи под стальным траком возросли на 22,3 % по сравнению с контрольным участком. Для резинового трака этот показатель был 20 %. На глубине 10 см показания были 150 и 120 % соответственно. Плотность почв после прохода машин возросла. Под стальным траком этот рост составил от 0,24 % до 15,4 % для всех проведенных опытов, а для резинового трака – от 0,24 % до 9,8 %. Применение машин с резиновыми траками сдерживается их меньшей надежностью и более высокой ценой [8].

Установлено также, что увеличение ширины трака гусеницы с 440 до 550 мм позволяет на суглинках и глинистых грунтах снизить напряжения в почве на 10–12 %. Аналогично увеличение ширины пневматических шин с 600 до 800 мм приводит к снижению напряжений в почве на 7–10 %. Применение на колесных форвардерах гусеничных цепей позволяет снизить напряжения в почве и является позитивным техническим решением.

Разница в напряжениях в почве на глубине (начиная с 15–20 см), вызванных движением гусеничных и колесных машин равной массы, незначительна. С ростом массы машин при тех же параметрах движителей напряжения в почве растут практически линейно [9].

Нами предложена структурная схема имитационной модели функционирования машинного комплекса харвестер + форвардер на рубке ухода за лесом. Эта модель позволяет в обобщенном виде учесть основные технологические параметры машин для рубок ухода, характеристики лесонасаждений, почвенно-грунтовые условия, рельеф местности, климатические особенности [10]. При этом можно выделить управляемые параметры технологического процесса и системы машин:

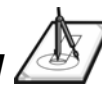
- схема освоения лесосеки – размер делянки, процент выборки, планировка волоков и их размеры;
- параметры харвестера – конструктивные параметры харвестера, включая характеристики манипулятора и харвестерной головки;
- параметры форвардера – конструктивные параметры форвардера и применяемого технологического оборудования.

Неуправляемые параметры, обусловленные природой:

- горизонтальная и вертикальная структура древостоя – распределение деревьев по площади и их размеры;
- местность – параметры, характеризующие рельеф и почвенно-грунтовые условия;
- климат – параметры, характеризующие климатические условия эксплуатации.

Выводы. Рекомендации. Имитационную модель можно использовать применительно к условиям лесонасаждений Свердловской области, так как она позволяет учесть основные характеристики лесонасаждений, в которых возможно применять рубки ухода.

Подобная модель при учете многообразия природно-производственных факторов и альтернативном наборе машин помогает осуществлять оптимальный подбор машин из числа существующих. При отсутствии необходимого варианта выбора компьютеризированная система позволяет проводить обоснование основных параметров вновь проектируемых машин и оборудования.



Литература

1. Майорова Л. П., Рябухин П. В. Воздействие лесозаготовок на окружающую среду // Вестник КрасГАУ. 2012. № 8. С. 73–77.
2. Азаренок В. А., Герц Э. Ф., Залесов С. В., Луганский Н. А. Сортиментная технология лесосечных работ при равномерно-постепенных рубках // Аграрный вестник Урала. 2012. № 8. С. 51–54.
3. Азаренок В. А., Герц Э. Ф., Силуков Ю. Д. Алгоритм выбора технологии и системы машин для выполнения рубок // Аграрный вестник Урала. 2012. № 1. С. 35–36.
4. Азаренок В. А. Экологизированные рубки спелых и перестойных насаждений в реализации концепции повышения защитных функций лесов // Аграрный вестник Урала. 2012. № 9. С. 57–58.
5. Азаренок В. А. Экологизированные рубки спелых и перестойных насаждений в реализации концепции сохранения лесорастительной среды (на примере Свердловской области) : дис. ... д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2012.
6. Теринов Н. Н., Герц Э. Ф., Безгина Ю. Н. Малогабаритный трактор для рубок ухода и его влияние на лесную среду // Аграрная Россия. 2015. № 7. С. 27–31.
7. Андронов А. В., Валяжонков В. Д., Добрынин Ю. А. Снижение воздействия машин на почвогрунт при проведении рубок ухода // Вестник КрасГАУ. 2014. № 7. С. 151–157.
8. Питухин А. В., Сюнев В. С. Минимизация техногенного воздействия на лесную среду в процессе лесозаготовок // Фундаментальные исследования. 2005. № 9. С. 116–120.
9. Сюнев В. С. Обоснование выбора параметров машин для рубок ухода : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Воронеж, 2000. 16 с.
10. Сюнев В. С. Новые информационные технологии как инструмент оптимального выбора для лесозаготовок // ИВУЗ. Лесной журнал. 2004. № 1. С. 125–135.

References

1. Mayorova L. P., Riabukhin P. V. Impact of logging on the environment // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. 2012. № 8. P. 73–77.
2. Azarenok V. A., Hertz E. F., Zalesov S. V., Lugansky N. A. Technology of logging activities in the evenly-gradual cuttings // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 8. P. 51–54.
3. Azarenok V. A., Hertz E. F., Silukov Yu. D. The algorithm of the choice of technology and the system of machinery for cutting // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 1. P. 35–36.
4. Azarenok V. A. Ecologized felling of mature and over-mature forests in the implementation of concept enhance the protective functions of forests // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 9. P. 57–58.
5. Azarenok V. A. Ecologized felling of mature and over-mature forests in the implementation of the concept of environmental conservation forest vegetation (in the example of Sverdlovsk region) : dis. ... dr. of agricult. sciences. Ekaterinburg, 2012.
6. Terinov N. N., Hertz E. F., Bezgina Yu. N. Small tractor for thinning and its influence of the forest-environment // Agrarian Russia. 2015. № 7. P. 27–31.
7. Andronov A. V., Valyazhonkov V. D., Dobrynin Yu. A. Reducing the impact of cars on the soils during thinning // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. 2014. № 7. P. 151–157.
8. Pitukhin A. V., Syunev V. S. The minimization of anthropogenic impact on the forest environment during harvesting // Basic Research. 2005. № 9. P. 116–120.
9. Syunev V. S. Justification of the parameters choice of machines for thinning : authoref. dis. ... dr. of techn. sciences. Voronezh, 2000. 16 p.
10. Syunev V. S. New information technologies as a tool for selecting the optimum harvesting // News of higher educational institutions. Forest magazine. 2004. № 1. P. 125–135.