

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 630.377

DOI: 10.46960/1816-210X_2020_3_93

В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Б. Карташов

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Описаны назначение и область применения разрабатываемой многофункциональной колесной валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ВСРМ) с интеллектуальной системой управления; представлены ее характеристики и области применения для работы на уклонах. Дана оценка колесной ВСРМ по степени сохранения окружающей среды в соответствии с тремя параметрами: степенью сохранения лесопокрытой площади, степенью минерализации почвы и степенью лесовосстановления. Представлены требования, положенные в основу технических характеристик разрабатываемой отечественной колесной ВСРМ.

Ключевые слова: колесный харвестер, харвестерная головка, сортиментные лесозаготовки, манипулятор, технологическое оборудование.

Введение

Мировой парк колесных лесозаготовительных машин в настоящее время исчисляется десятками тысяч, а количество их моделей – сотнями. В целях создания новых образцов разрабатываются статистические модели для оценки и выбора наиболее рациональных параметров, максимально полно отвечающих условиям их применения. Проектирование колесных лесозаготовительных машин связано, в первую очередь, с анализом развития существующих аналогичных конструкций. Помимо этого, с технологическими и технико-экономическими требованиями к колесной лесозаготовительной системе связана природно-производственная среда, также подчиняющаяся вероятностным закономерностям и усугубляющая стохастичность параметров колесных лесозаготовительных машин.

Разнообразные природно-климатические условия эксплуатации и особенности технологии лесозаготовок требуют создания лесозаготовительных систем с варьируемыми параметрами. При этом, чем шире диапазон условия эксплуатации, тем универсальнее должна быть машина, и тем шире диапазон ее параметров. Как в нашей стране, так и за рубежом, лесозаготовки проводятся в широком диапазоне природно-климатических условий; такая их деконкретизация приводит к расширению вероятностных границ характеристик и параметров колесных лесозаготовительных систем. Тем не менее, статистический анализ показал, что закономерность появления наиболее вероятных значений параметров всегда может быть установлена.

Таблица 1.

**Прогноз производства круглого леса (млн м³)
в РФ по различным сценариям развития лесной промышленности**

Показатели	2020	2025	2030
Инновационный	207,1	248,8	301,2
Умеренный	191	231,8	259,4
Инерционный	188,7	203,1	232,4

Рост лесозаготовок по разным сценариям развития экономики в РФ на период до 2030 г. представлены в табл. 1. Даже по умеренному сценарию развития заготовка леса к 2030 г. может увеличиться на 78,2 млн м³ и составить 259,4 млн м³. В России широкое применение нашли сортиментные технологии лесозаготовки (CTL). Эти технологии предусматривают использование комплектов машин: харвестер+форвардер. Большинство этих машин производится за рубежом. В связи с прогнозируемым ростом лесозаготовок в РФ, актуальным и экономически выгодным представляется организация производства лесозаготовительных машин на отечественных предприятиях.

В рамках договора между НГТУ имени Н.Э. Баумана и ПАО «КАМАЗ» в настоящее время выполняется научно-исследовательская, опытно-конструкторская и технологическая работа, связанная с созданием комплекса современных лесозаготовительных машин, включающего в себя две машины – валочно-сучкорезно-раскряжевую (ВСРМ) и погрузочно-транспортную (ПТМ). Харвестеры и форвардеры отечественного производства должны учитывать природно-производственные условия России.

В настоящей работе приводятся результаты исследований работы харвестеров и форвардеров в природно-производственных условиях России. Используются данные, приведенные в [1-6]. Полученные результаты позволяют обосновать характеристики харвестерных головок и манипуляторов с учетом природно-производственных условий основных лесозаготовительных регионов России.

Систематизация и анализ технологического оборудования ВСРМ и предложенные варианты харвестерных головок позволят более грамотно разработать эскизный и технический проект на харвестер и разработать рабочую конструкторскую документацию на машину. Это даст возможность упростить и удешевить процесс разработки, изготовления и доводки опытных образцов и организацию серийного производства ВСРМ. Кроме того, это позволит сократить номенклатуру запасных частей, упростить ремонт и техническое обслуживание машин и применяемого в их составе технологического оборудования и снизить трудовые затраты за счет правильного и грамотного обслуживания, хранения и эксплуатации.

Назначение и область применения многофункциональной ВСРМ с интеллектуальной системой управления

В состав разрабатываемого комплекса лесозаготовительных машин входят: харвестер (ВСРМ) и форвардер (погрузочно-транспортная машина). Харвестер предназначен для спиливания одиночных деревьев в эксплуатационных лесонасаждениях, подтаскивания их на технологический коридор (волок), обрезки сучьев и раскряжевки ствола с программным отмером длин и учетом сортиментов. Он состоит из базового колесного шасси и технологического оборудования для валки деревьев. В состав шасси входят рама, моторная установка, трансмиссия, баки, кабина, ходовая часть, в состав технологического оборудования входят система управления, манипулятор и харвестерная головка (ХГ).

Природно-производственные и климатические условия эксплуатации машины должны отвечать следующим требованиям:

- рельеф местности – равнинная и слабопересеченная местность с уклонами до 15°, максимальный преодолеваемый угол подъема не более 20°;
- почвенно-грунтовые условия – первой, второй и третьей лесоэксплуатационной категории [7-9].

Харвестер представляет собой самоходную машину на колесной или гусеничной базе. Разрабатываемый колесный образец (8×8) с передним расположением манипулятора показан на рис. 1.



Рис. 1. Разрабатываемый колесный харвестер (8×8)

Харвестер относится к многооперационным машинам, так как он выполняет несколько технологических операций (спиливание дерева, обрубку сучьев, деление на сортименты (раскряжевку) и учет получаемых сортиментов). При разработке лесосеки машинами работы начинаются с рубки зоны безопасности, погрузочной площадки, магистральных и пасечных волоков. В целях безопасной работы на одной пасеке производится только обработка деревьев харвестером или только подбор с последующей транспортировкой полученных сортиментов форвардером к лесовозной дороге в штабели запасов. Для исключения разворота машины на пасеке предварительно намечаются переезды между волоками.

Машина, передвигаясь по волоку, начинает разработку лесосеки. Харвестер необходимо установить таким образом, чтобы головку можно было навести на дерево без задевания других деревьев. Желательно, чтобы обзор из кабины на место пропила был наилучшим. Валку надо производить, начиная с ближайших деревьев и заканчивая наиболее удаленными. Расстояние переноса деревьев следует стремиться делать минимальным. Последовательность выполнения работ следующая.

ХГ следует поднять в положение валки, раскрыть вальцы с сучкорезными ножами, подвести головку к дереву и захватиться за него ножами и вальцами. Можно захватиться и выше пропила, а затем опустить головку до земли. Необходимо установить ХГ таким образом, чтобы ствол дерева находился в ее центре. Важно чтобы головка не касалась земли или корней. До валки дерева необходимо убедиться, что в опасной зоне нет людей и линий электропередач. Необходимо учитывать направление ветра, наклон спиливаемого дерева и только после этого решить в какую сторону можно направить его повал. После того, как сучкорезные ножи и вальцы плотно охватили ствол, необходимо манипулятором сделать небольшой «натяг» вверх. Включением пилы следует произвести сквозной пропил. После возвращения пильной шины обратно под кожух ствол дерева отделяется от пня; этот момент идентифицируется через его «вздрагивание». Подъемом и поворотом манипулятора нужно обеспечить повал дерева в нужную сторону. Не рекомендуется поднимать головку высоко над землей, тогда верхушка дерева ударяется о землю, поскольку это создаст большую ударную нагрузку на конструкцию манипулятора и головки. Целесообразно начать продвижение дерева через ножи с помощью вальцов в процессе его валки. Это облегчает обрезку сучьев, так как вес дерева способствует его прохождению через ХГ.

Выполняя обработку дерева таким способом, первый сортимент может выйти из головки до того, как дерево ударится о землю. После этого оператор задает программу раскряжевки хлыста на сортименты определенной длины. Далее, дерево может обрабатываться в автоматическом режиме, производя протаскивание на определенную длину и отпиливание

сортиментов. Вместе с протаскиванием дерева производится очистка его от сучьев, объемный и штучный учет полученных сортиментов. Оставшаяся вершинная часть дерева сбрасывается реверсивным ходом вальцов в место накопления сучьев, после чего цикл повторяется.

ХГ, помимо спиливания деревьев, должна обеспечивать качество получаемых в процессе обработки деревьев круглых лесоматериалов в соответствии с ГОСТ 9462-88 (лиственных пород) и ГОСТ 9463-88 (хвойных пород). При работе харвестера на волоке с одной стороны образуется вал из сучьев и вершинок, а с противоположной стороны – пачки из сортиментов, которые затем с помощью погрузочно-транспортной машины (форвардера) подают к лесовозной дороге в штабель. Сучья можно использовать для укрепления волоков на переувлажненных грунтах.

Последовательность работы ВСРМ заключается в следующем [10]. Оператор, двигаясь по лесосеке, выбирает наиболее лучшую позицию машины по обзору и беспрепятственному доступу технологическим оборудованием относительно спиливаемых деревьев. Затем оператор переводит ХГ из горизонтального положения в вертикальное, чтобы открыть ножи (захваты) ХГ и обхватить ими спиливаемое дерево в районе комлевой части. После закрытия ножей оператор спиливает дерево при помощи пильного механизма ХГ и осуществляет ее валку. Дерево, находясь в горизонтальном положении, протаскивается вальцами (рябухами) ХГ на необходимую оператору длину; при этом происходит срубание сучьев при помощи ножей ХГ, затем происходит отпил сортимента определенной длины. Данный процесс повторяется до тех пор, пока дерево целиком не будет обработано.

После обработки всех деревьев, находящихся в зоне действия технологического оборудования, машина перемещается чуть дальше и снова выполняет аналогичные технологические операции.

Параметры и области применения колесной ВСРМ для работы на уклонах

Наметившаяся за последние годы тенденция смещения лесозаготовок в холмистую и горную местности выдвигает в ряд первоочередных задач создание валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин для работы на уклонах. Следует заметить, что харвестер, способный работать на уклонах, может с успехом использоваться и в равнинной местности.

Характеристика рельефа местности, на которой можно осуществлять заготовку леса, делится на три группы.

К *первой группе* относится местность с уклоном до 15° . В данных условиях лесозаготовительные машины без ограничения и круглогодично могут осуществлять свою работу.

Ко *второй группе* относится местность с уклоном от 16° до 25° . В данных условиях работа лесозаготовительных машин возможна в сухую погоду летнего периода времени.

К *третьей группе* относится местность с уклоном более 26° . В данных условиях запрещено проводить лесозаготовки машинами, при этом допускается использование специального лебедочного трелевочного оборудования [11-14].

Согласно данным [11], на уклонах более 15° площадь территорий, предназначенных для проведения лесозаготовительных операций, составляет всего около 10 %, а для уклонов свыше 26° – всего 3 %.

Для характеристики условий эксплуатации разрабатываемого комплекса машин необходимо указать предельную крутизну склонов, на которых могут работать машины с выполнением всех технологических операций, а в качестве дополнительных характеристик могут быть указаны предельные углы подъема, спуска и крена, преодолеваемые машиной (ГОСТ 4.373, п. 1.23). В пояснительной записке показано, что около 90 % лесопокрытых площадей расположено на местности с крутизной склонов до 15° , что является основанием для характеристики области применения машин по параметру крутизны склонов.

Технические характеристики колесных ВСРМ (харвестеров), закупаемых лесозаготовительными предприятиями России, ориентированы преимущественно для работы в равнинной и слабопересеченной местности (рис. 2 и 3).



Рис. 2. Работа харвестера Ponsse ScorpionKing в равнинной и слабопересеченной местности в летних условиях

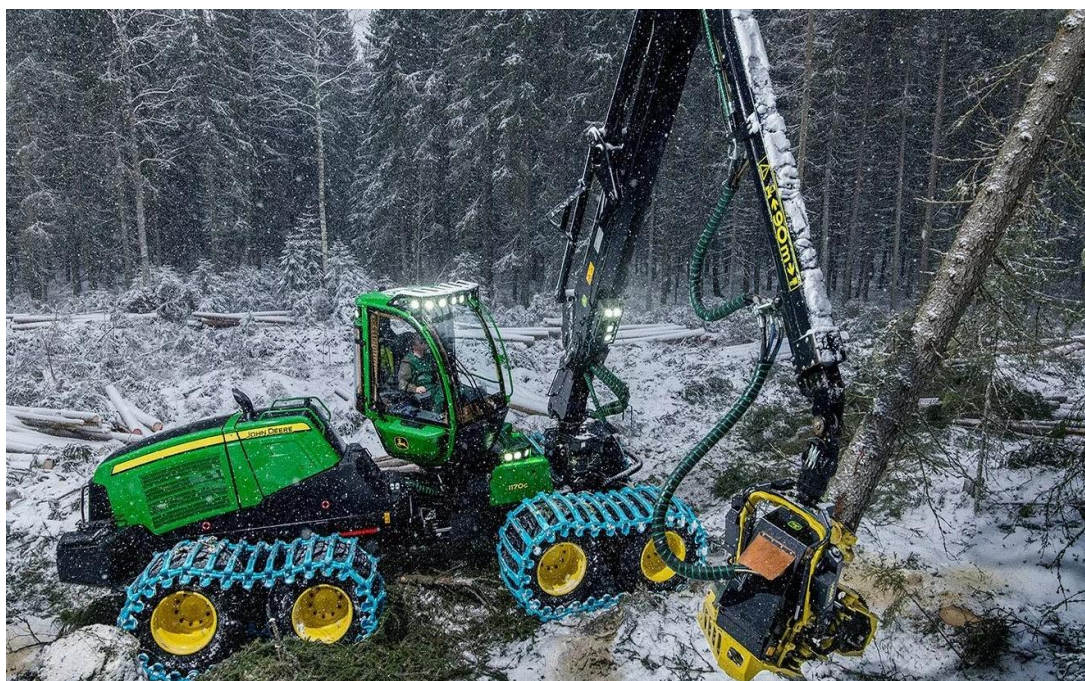


Рис. 3. Работа харвестера JohnDeere 1170G в равнинной и слабопересеченной местности в зимних условиях

В основу технических характеристик разрабатываемой отечественной колесной ВСРМ положены следующие требования.

1. Условия эксплуатации – равнинная и слабопересеченная местность с уклонами до 15° .
2. Машина должна преодолевать уклоны до 20° .
3. Колона манипулятора (наклонный стол) должна иметь механизм выравнивания при движении машины вдоль или поперек склона с обеспечением угла наклона назад/вперед $20/20^\circ$.
4. Кабина должна иметь механизм выравнивания при движении машины вдоль или поперек склона с обеспечением угла наклона продольного $\pm 20^\circ$; угла наклона бокового $\pm 7^\circ$.
5. Кабина должна иметь механизм поворота, обеспечивающий угол поворота 310° .
6. Колесная ВСРМ при работе с лесонасаждениями объемом хлыста до $1,0 \text{ м}^3$ и на уклонах должна обладать необходимой устойчивостью.
7. Колесная ВСРМ должна иметь клиренс, достаточный для пропускания под собой пней, камней и отдельно лежащих деревьев.
8. Колесная ВСРМ должна обладать надежностью на уровне лучших отечественных и зарубежных машин подобного класса.

Оценка колесной ВСРМ по степени сохранения окружающей среды

Являясь одним из немногих восполняемых природных ресурсов, а также национальным богатством страны, лес служит не только лесосырьевой базой и источником разнообразной недревесной продукции, но и мощным природоохранным и регулирующим фактором. Поэтому необходимо, удовлетворяя потребности народного хозяйства в древесине и недревесной продукции, обеспечить в то же время благоприятное влияние лесов на окружающую среду, сохранить защитно-регулирующие, средообразующие и другие полезные свойства лесных насаждений. В процессе проведения лесозаготовительных работ избежать вредного воздействия на лесную экосистему со стороны применяемых лесозаготовительных машин невозможно. К вредному воздействию на лесную экосистему можно отнести уплотнение почвы, что негативно сказывается на молодом подросте, воздействии на древостой и других компонентах лесной экосистемы.

Существуют три основных показателя, по которым оценивается степень сохранения окружающей среды. К первому относится сохраненная площадь земли, покрытая лесом в процентном соотношении; второй показывает процентное соотношение минерализации почв, третий – процентное соотношение площади восстановленного лесного фонда.

Оценка по степени сохранения лесопокрытой площади

Вылет манипулятора на разрабатываемой валочно-сучкорезно-раскряжевочной машине предусматривается от 8 до 10 м. При максимальном вылете манипулятора 8 м ширина пасеки равняется 16 м, а при вылете 10 м – 20 м. Например, при проведении выборочных рубок при ширине лесосеки 160 м и вылете манипулятора 8 м потребуется 10 пасечных волоков, а при вылете манипулятора 10 м – 8 пасечных волоков. Длину лесосеки примем 500 м.

Лесопокрытая площадь определяется по формуле (1):

$$S_{лес} = a \times b, \quad (1)$$

где a – ширина лесосеки, (160 м); b – длина лесосеки (500 м).

Тогда $S_{лес} = 8 \text{ га}$.

При ширине технологического волока 5 м общая площадь пасечных волоков при максимальном вылете манипулятора 8 м (2):

$$S^8 = 500 \times 5 \times 10 = 2,5 \text{ га}. \quad (2)$$

Процент вырубаемой под волока лесопокрытой площади составит: $P_8 = 31,25 \%$.
При максимальном вылете манипулятора 10 м (3):

$$S^{10} = 500 \times 5 \times 8 = 2,0 \text{ га.} \quad (3)$$

Процент вырубаемой под волока лесопокрытой площади составит: $P_{10} = 25 \%$.

В итоге, в зависимости от вылета манипулятора, степень сокращения лесопокрытой площади при выполнении выборочных рубок леса колеблется от 25 % до 31,25 %. Наиболее благоприятный режим рубок при вылете манипулятора 10 м.

Оценка по степени минерализации почвы

Под пологом леса, как правило, формируются почвы с очень высокими водно-физическими свойствами. Под влиянием хозяйственных мероприятий эти свойства претерпевают существенные изменения. Их характер зависит не только от вида мероприятий, но и от их технологии. При рубках леса ухудшаются водно-физические свойства почвы в результате ее уплотнения и снижения пористости. Минерализацию – важный показатель, от которого зависят водно-физические свойства почвы, делят на три категории: слабая, средняя и сильная [15]. Механическое воздействие на почву при заготовке древесины по рассматриваемым вариантам технологии производят ВСРМ при перемещении по лесосеке [16]. Повышается вероятность разрушения и уплотнения грунта при обработке деревьев ВСРМ под движителем. Ширина одного колеса харвестера составляет 0,71 м, двух – 1,42 м.

С учетом рассмотренного примера, при разработке лесосеки харвестером с вылетом манипулятора 8 м суммарная минерализованная полоса от движителя харвестера составит 7100 м², что составляет 8,9 % от общей площади лесосеки. При разработке этой же лесосеки харвестером с вылетом манипулятора 10 м суммарная минерализованная полоса от движителя составит 5680 м² или 7,1 %. Разница составляет около 2 %.

Оценка по степени лесовосстановления

Лесовосстановление на вырубках ведется двумя способами – искусственным и естественным. При искусственном способе ведется посев семян или посадка сеянцев, при естественном – максимальное сохранение подростка при рубке и разброс семян ветром от стены стоящего леса или отдельных деревьев, оставленных на лесосеке для этих целей. Естественное лесовосстановление имеет ряд недостатков (сменяемость породы на менее ценные, замедленный рост, требуются рубки прореживания и т.п.), поэтому за рубежом от него давно отказались. Так, в США через год все вырубленные площади полностью засаживаются сеянцами. В табл. 2 приведены сводные показатели воздействия харвестера с вылетом манипулятора 8 и 10 м на окружающую среду.

Таблица 2.

Показатели воздействия харвестера на лесную среду

Наименование техники	Вырубаемая площадь под волока, %	Минерализация почвы, %	Сохранение подростка (по площади), %
Харвестер колесный с вылетом манипулятора 8 м	31,25	8,9	68,75
Харвестер колесный с вылетом манипулятора 10 м	25,0	7,1	75,0

Из табл. 2 видно, что в случае изготовления харвестера с вылетом манипулятора 8 м сводные показатели отрицательного воздействия харвестера на окружающую среду (уплотнение и минерализация почвы, площадь лесосеки под волоками) на 1,8-6,25 % выше, чем с вылетом манипулятора 10 м.

Заключение

Анализ тенденций развития лесозаготовительной техники на основе последних мировых достижений лесного машиностроения в современных условиях представляет несомненный интерес. Кратко эти тенденции можно сформулировать так:

- интенсификация процесса лесозаготовок с введением совмещения операций и их непрерывности на некоторых фазах;
- поиски новых технических решений для создания лесозаготовительных машин;
- повышение качества, надежности и долговечности машин за счет совершенствования и внедрения новых высокопрочных материалов;
- повышение комфортабельности и упрощение системы обслуживания и эксплуатации лесозаготовительных машин;
- совершенствование системы управления, частичная или полная автоматизация систем управления с применением интеллектуальных систем управления лесозаготовительной машиной;
- расширение универсальности машин и технологического оборудования;
- повышение мобильности, проходимости, устойчивости и других показателей машин.

Практика лесозаготовок отвергает нежизнеспособные и малоэффективные технические решения, а наиболее удачные технические решения и находки распространяются на другие лесозаготовительные машины. Вместе с тем, принципиальные конструктивные схемы лесных машин к настоящему времени изменились в большинстве случаев незначительно. По-прежнему традиционным остается применение на лесных машинах дизельных двигателей с учетом сложных условий их эксплуатации в лесу. Дизельные двигатели лесных машин имеют, как правило, турбонаддув с сухим воздушным фильтром, улучшенную систему очистки топлива, предварительный подогрев, обеспечивающий надежный запуск в любое время года.

На лесных машинах применяют гидрообъемные бесступенчатые трансмиссии, облегчающие управление и способствующие повышению проходимости и маневренности. На лесных колесных машинах обычно применяют все ведущие мосты с автоматической блокировкой. В четырехосных машинах для привода колес используются балансирные тележки с одно или двухступенчатыми шестеренчатыми передачами. Ходовые системы лесных машин выполняются с учетом жестких требований лесозаготовок. Для колесных лесных машин шина является тем элементом, который, в конечном счете, определяет все важнейшие динамические свойства машины. Выбор специальной лесной шины для лесозаготовительной машины обуславливается стремлением получить высокие тягово-динамические качества и надежность. Удачно выбранная шина обеспечивает высокую проходимость при большой грузоподъемности. Для снижения удельных давлений и повышения тягово-сцепных качеств на балансирных тележках используются гусеничные цепи.

В связи с большой информационной нагрузкой на операторов, к конструкции рабочего места сейчас предъявляются повышенные требования. На большинстве лесозаготовительных машин кабины отличаются высокой эргономичностью: место установки и конструкция кабин обеспечивают хорошую обзорность, кабины снабжаются кондиционером воздуха, для снижения вибраций кабины устанавливаются на амортизаторах, внутренние стенки облицовываются звуко- и теплоизоляционным материалом. На лесных машинах активно применяют интеллектуальные системы управления.

Большое внимание уделяется внешнему эстетическому оформлению лесозаготовительных машин. Как правило, база и технологическое оборудование машины функционально хорошо связаны. Цветовое оформление хорошо выделяет машины на фоне зеленого или заснеженного леса.

Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э. Баумана при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения №075-11-2019-030 от 22 ноября 2019 г.

Библиографический список

1. **Лаптев, А.В.** Обоснование конфигурации и геометрических размеров рабочей зоны колесного харвестера / А.В. Лаптев, А.В. Матросов // Лесной вестник. – 2018. – Т. 22. № 5. – С. 77-85.
2. **Karpachev, S.P.** Simulation modelling of the felling-bunching machine logging operation with the multiple-tree accumulating head / S.P. Karpachev, M A Vykovskiy // IOP Conference Series: Earth Environ. Sci. – 2019. – V. 226, 012021.
3. **Karpachev, S.P.** Simulation modelling of the multioperational felling-bunching machine / S.P. Karpachev, M.A. Vykovskiy // IOP Conference Series: Earth Environ. – 2019. – V. 316, 012018.
4. Комплексная Оценка Эффективности Технологий Лесосечных Работ (на примере конкретных природно-производственных условий) // LAP Lambert Academic Publishing. – 2011. – № 15.
5. **Морозов, Е.В.** Вероятностно-статистический анализ процесса заготовки сортиментов / Е.В. Морозов, И.Р. Шегельман, П.В. Будник // Перспективы науки. – 2011. – № 7(22). – С. 183-186.
6. **Чайка, О.Р.** Моделирование работы харвестера на выборочных рубках леса / О.Р. Чайка // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – № 2 (55).
7. **Шегельман, И.Р.** Анализ показателей работы и оценка эффективности лесозаготовительных машин в различных природно-производственных условиях / И.Р. Шегельман, В.И. Скрышник, А.В. Кузнецов // Ученые записки ПетрГУ. – 2010. – № 4. – С. 66-75.
8. **Клубничкин, В.Е.** Моделирование движения гусеничных машин по лесным дорогам / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, А.В. Редкозубов, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2016. – № 1. – С. 171-176.
9. **Редкозубов, А.В.** Математическая модель поверхности движения лесных дорог / А.В. Редкозубов, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 4 (106). – С. 348-352.
10. **Федоренчик, А.С.** Лесные машины «Амкодор» / А.С. Федоренчик, А.А. Герман, П.А. Протас // учеб.-метод. пособие для студентов специальностей «Лесоинженерное дело», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Лесное хозяйство» – Минск : БГТУ, – 2013. – 240 с.
11. **Клубничкин, В.Е.** О проходимости лесозаготовительных машин на гусеничном ходу и агрегатных машин на их базе / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2016. – № 4 (115). – С. 169-175.
12. **Visser, R.** Expanding Ground-based Harvesting onto Steep Terrain: A Review / R. Visser, K. Stampfer // Croat. j. for. eng. – 2015. – V. 36. – P. 321-331.
13. **Stampfer, K.** Efficiency of mechanised steep terrain harvesting systems. / K. Stampfer. // COFE-CWF Conference. – 2000. – P. 1-4.
14. Виды лесосечных работ, порядок и последовательность их проведения, Формы технологической карты лесосечных работ, Формы акта осмотра лесосеки и Порядка осмотра лесосеки [Приказ Минприроды России от 27.06.2016, N 367].
15. **Курганова, И.Н.** Оценка скорости минерализации органического вещества почв в лесных экосистемах внутриматерикового умеренного, средиземноморского и тропического муссонного климата / И.Н. Курганова, В.О. Лопес де Гереню, Л. Галлардо, К.Т. Ем // Почвоведение. – 2012. – № 1. – С. 82-94.
16. **Klubnichkin, E.E.** Theoretical research of soil packing by timber harvester running gear / E.E. Klubnichkin, V.E. Klubnichkin, G.O. Kotiev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – V. 386, 012025.

Дата поступления

в редакцию: 08.08.2020

V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, A.B. Kartashov

**A BRIEF ANALYSIS OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT
OF FORESTRY MACHINES**

Bauman Moscow State Technical University

Purpose: Analysis of trends in the development of logging machines. On the basis of the analysis, the definition of technical characteristics and requirements for them for the developed domestic wheeled harvester.

Design / methodology / approach: It was shown in the work that about 90% of forested areas are located on terrain with a steepness of slopes up to 15°, which is the basis for characterizing the field of application of machines, is the basis for drawing up the requirements presented in the work to the technical characteristics of the wheeled harvester being developed.

Findings: The paper formulated an analysis of trends in the development of forestry equipment, based on the latest world achievements.

Research implications/implications: This article describes the purpose and scope of the developed wheeled harvester with an intelligent control system. It offers parameters and scopes of the wheeled harvester operation on the slopes. It gives environmental impact assessment of the wheeled harvester which includes assessment by preservation of a forested area, by soil disturbance and by forest regeneration.

Originality/value: The materials of the research carried out can be used in the design of similar wheeled forestry machines.

Key words: wheeled harvester, harvester head, cut-to-length, loader, manufacturing equipment.