

А. С. Федоренчик, доцент; П. А. Протас, ассистент; А. И. Хотянович, ассистент

МАШИННЫЙ СПОСОБ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВОСТОЕВ

In the article the questions of using harvesters and forwarders on logging operations are considered. The analysis of the stand characteristics, logging methods and technologies and their influence on basic parameters of machines and technological equipment is shown. The work of machine-logging system is described.

Введение. Функционирование современных предприятий лесного комплекса происходит в русле социально-экономических преобразований в стране. В настоящее время ведется реорганизация структурных подразделений и поиск новых форм организации производства, разработка и внедрение научно обоснованных технологических процессов заготовки и переработки древесины.

В свою очередь, эффективность производства во многом зависит от уровня механизации и автоматизации работ. На современном этапе развития лесозаготовительной отрасли в мире наблюдается увеличение объемов заготовки сортиментов на лесосеке с использованием высокопроизводительных машинных комплексов в составе харвестера (валочно-сучкорезно-раскряжевой машины) и форвардера (погрузочно-транспортной машины). Например, в общем объеме заготовки древесины на долю данной системы машин приходится в Скандинавских странах и Великобритании 80–95%, Германии – 30%, Австрии и Эстонии – 20%, Чехии – около 10%. При этом на заготовке древесины в Швеции работает более 2500 харвестеров, в Финляндии – 1800, в Германии и Великобритании соответственно 900 и 500 машин, в России – около 200, в Эстонии – 70 харвестеров [1].

В Республике Беларусь в последнее время также сформировались определенные условия для увеличения доли машинной заготовки древесины: рост запасов древесины и ежегодных объемов ее заготовки; увеличение доли сортиментной технологии рубок; повышение эффективности заготовки древесины с учетом рационального ее использования и экологических требований; развитие отечественного лесного машиностроения; повышение требований безопасности труда и другие.

Однако наряду с очевидными преимуществами использования системы машин «харвестер – форвардер» ее эффективность в республике остается на достаточно низком уровне. Эксплуатация рассматриваемого комплекса машин требует детального учета разноплановых факторов: природно-производственных условий и параметров предмета труда, способов и технологий рубок, организации производственного процесса и других.

1. Анализ условий эксплуатации харвестеров и параметры предмета труда. С целью установления характера влияния данных факторов на показатели работы машин выполнен

их анализ и определены области эксплуатации исследуемого лесозаготовительного комплекса применительно к лесорастительным условиям Республики Беларусь.

В соответствии с экономическими, экологическими и социальными функциями леса Беларуси разделены на леса первой (50,9%) и второй (49,1%) групп. Средний запас на 1 га спелых насаждений составляет 243 м³. Основные лесобразующие породы сгруппированы в хозяйства: хвойные – 60%; твердолиственные – 4%; мягколиственные – 36%. Распределение лесопокрытой площади и запасов насаждений по группам возраста представлено на рис. 1.

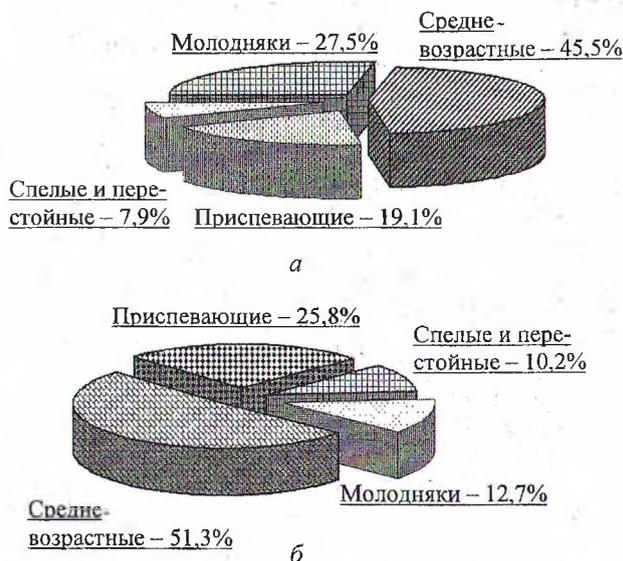


Рис. 1. Распределение лесопокрытой площади лесного фонда Минлесхоза и запасов насаждений по группам возраста:

а – лесопокрытая площадь; б – запас насаждений

Как показано на рис.1, возрастной состав лесов Беларуси характеризуется преобладанием средневозрастных и приспевающих насаждений, что способствует развитию несплошных рубок, которые в общем объеме главного пользования составят (в процентах от вырубаемого запаса): 2006–2010 годы – 14–15%; 2011–2015 годы – 17–19%.

Научно обоснованным методом современного лесопользования является его планирование и организация на почвенно-типологической основе. В соответствии с этим разработана классификация лесных территорий Беларуси с

учетом эксплуатационных характеристик типов местности, для каждого из которых приводятся рекомендации в отношении технологического процесса лесосечных работ и возможного периода его осуществления на протяжении года [2]. Распределение лесопокрытой площади гослесфонда Министерства лесного хозяйства по типам местности представлено на рис. 2.

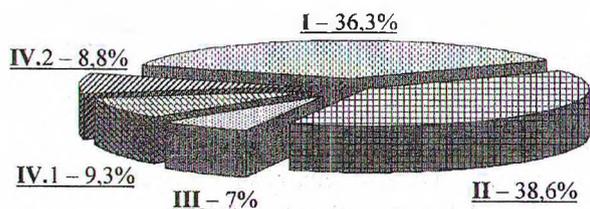


Рис. 2. Распределение лесопокрытой площади лесного фонда Минлесхоза по типам местности

На основании данной классификации I и II типы местности являются рекомендуемыми условиями эффективной работы исследуемой системы машин «харвестер – форвардер».

Так как харвестер является многооперационной машиной, выполняющей валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку хлыстов на сортименты, технические и технологические параметры машины, а также ее производительность по сравнению с другим лесозаготовительным оборудованием в значительной степени зависят от характеристик обрабатываемых деревьев.

Крупномерность деревьев для лесозаготовительных целей оценивается их диаметром, объемом и длиной. Наибольший интерес представляет объем дерева (хлыста), так как он является интегральным показателем, а также главным нормобразующим фактором для большинства лесозаготовительных операций. От него за-

висят удельная трудоемкость заготовки лесоматериалов и мощностные характеристики машин. При машинной валке и обрезке сучьев важное значение имеет диаметр дерева, являющийся лимитирующим параметром для пильной шины, величины раскрытия сучкорезных ножей и др. Длина ствола оказывает определенное влияние на выбор технологической схемы разработки лесосеки и силовые характеристики технологического оборудования (усилия прижима сучкорезных ножей и протаскивающих вальцов, грузовой момент гидроманипулятора и другие). В табл. 1 приведено распределение деревьев по длинам и диаметрам для хвойных, твердолиственных и мягколиственных насаждений.

В дополнение к рассмотренным выше основным таксационным показателям древостоев при обосновании параметров технологического оборудования харвестеров необходимо знать величину диаметра дерева в месте его спиливания с учетом закомелистости, которая влияет на высоту оставляемого пня и, в свою очередь, на степень рационального использования биомассы дерева. В этой связи в табл. 2 приведены значения диаметра дерева у пня от его среднего диаметра с учетом закомелистости [3].

По данным Н.П. Анучина, d_0 изменяется от 1,14 $d_{1,3}$ до 1,36 $d_{1,3}$ для ели и от 1,16 $d_{1,3}$ до 1,38 $d_{1,3}$ для сосны, а в среднем составляет для ели 1,25 $d_{1,3}$, для сосны 1,27 $d_{1,3}$, для березы 1,21 $d_{1,3}$ и для осины 1,16 $d_{1,3}$.

Для обеспечения эффективной и качественной обрезки сучьев при обосновании параметров харвестерной головки должны быть учтены размеры сучьев и ветвей. В табл. 3 представлено распределение средних и максимальных диаметров сучьев от среднего объема хлыста в коре для ели, сосны и березы.

Таблица 1

Распределение деревьев по длинам и диаметрам

Насаждения	Процент деревьев, имеющих диаметр и длину			
	D до 15 см $L = 14-17$ м	$D = 15-19$ см $L = 18-20$ м	$D = 20-25$ см $L = 21-23$ м	$D = 26$ см и > $L = 24$ м и >
Хвойные	24,0	49,1	21,9	5,0
Твердолиственные	26,7	53,3	16,1	3,9
Мягколиственные	5,2	61,5	21,7	11,6

Таблица 2

Значения диаметра дерева в плоскости реза и его среднего диаметра по породам

Закомелистость	Значения d_0 , см для ствола диаметром $d_{1,3}$, см											
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	50
<i>Сосна, ель</i>												
Средняя	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Большая	11	18	22	28	34	39	45	50	56	62	67	73
<i>Береза, осина</i>												
Средняя	10	14	19	24	29	34	38	43	48	53	58	62
Большая	11	15	21	26	32	37	42	47	53	58	64	68

Средние и максимальные размеры сучьев

Средний объем хлыста (в коре), м ³	Средний диаметр $d_{1,3}$, см	Средний диаметр сучьев, см			Максимальный диаметр сучьев, см		
		сосна	ель пихта	береза	сосна	ель пихта	береза
0,14	15,0	2,5	1,3	2,9	9,5	4,2	8,8
0,22	17,2	2,8	1,5	3,1	11,0	4,8	10,5
0,30	20,0	3,2	1,7	3,3	11,5	6,4	12,2
0,40	22,0	3,4	2,0	3,7	12,0	6,8	13,0
0,50	24,0	3,7	2,1	4,1	12,5	7,2	13,5
0,76	29,0	4,3	—	—	16,0	—	—

Исследованиями установлено, что независимо от возраста для любой породы существуют значительные интервалы высот, диаметров и объемов хлыстов в зависимости от класса бонитета (условий произрастания).

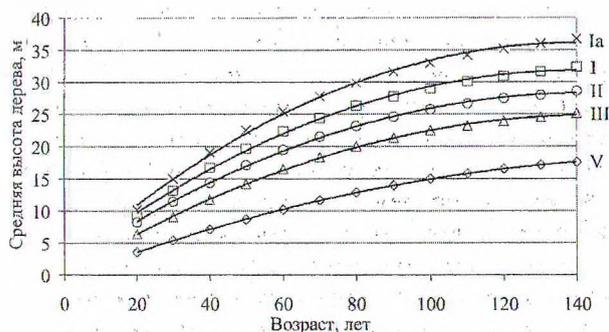


Рис. 3. Зависимость средней высоты сосны от возраста породы

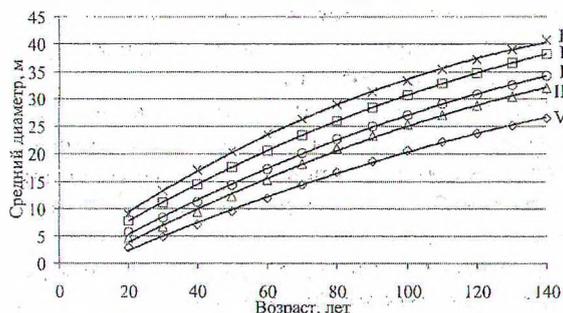


Рис. 4. Зависимость среднего диаметра сосны от возраста породы

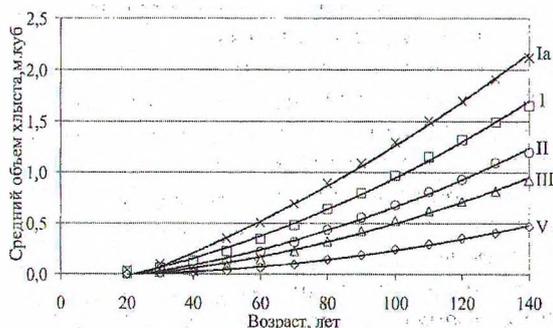


Рис. 5. Зависимость среднего объема хлыста сосны от возраста породы

В этой связи по таблицам хода роста нормальных древостоев были вычислены эти величины для главных лесообразующих пород (сосна, ель, береза) с учетом классов бонитета и типов местности, рекомендуемых для работы исследуемой системы машин «харвестер – форвардер». В качестве примера данные зависимости для сосны представлены на рис. 3–5.

На основании приведенных зависимостей представляется возможным на этапе проектирования лесных машин, формирования систем лесозаготовительных машин и планирования технологий рубок установить их взаимосвязь и оптимальные параметры с учетом лесозаготовительных условий.

2. Способы и технологии рубок с использованием харвестера. Помимо учета параметров предмета труда при планировании и организации лесопользования с применением валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин (харвестеров) должны быть приняты во внимание особенности технологий рубок и приемов работы [4, 5].

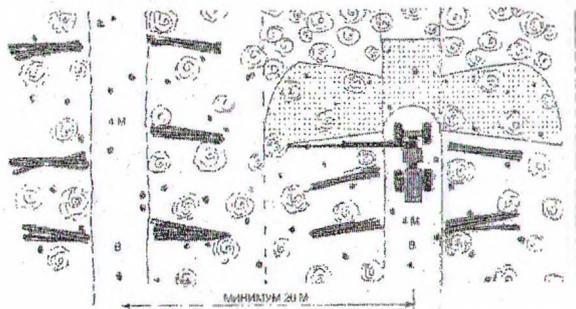
Технологии разработки лесосек этими машинами при проведении различных способов рубок главного и промежуточного пользования в достаточной степени отработаны и внедрены в Скандинавских странах и требуется их адаптация к условиям Республики Беларусь.

Организация лесозаготовок с использованием машинного комплекса «харвестер – форвардер» имеет ряд специфических особенностей в технологии работы, которые наиболее ярко выражены при проведении несплошных рубок. В процессе работы харвестер движется по намеченному визиру, обрабатывая все деревья на волоке. Путь движения машины может отклоняться от прямолинейного с целью сохранения групп подроста и оставляемых на дорастивание деревьев. За один проход машины по волоку удаляются деревья по всей ширине полупасек. Колесному легкому харвестеру в некоторых случаях разрешается сход с волока для валки отдельно стоящих деревьев. При сплошных рубках число проходов зависит от запаса древесины и ширины полупасек. Оператор харвестера может обеспечиваться бензопилой для

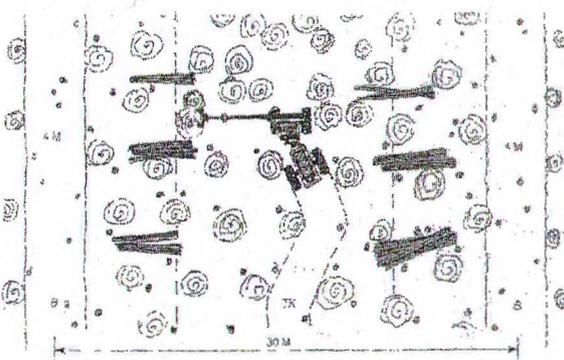
валки и раскряжевки деревьев, которые по техническим возможностям машины не могут быть обработаны. Если число таких деревьев превышает 10% от всех заготавливаемых, то к машинному комплексу выделяется вальщик. В отличие от системы машин «бензопила – форвардер», которая практически не имеет ограничений в применении, полностью машинный технологический комплекс помимо ограничения по диаметру и форме ствола спиливаемого дерева имеет еще ограничения в использовании [6].

– Эксплуатация харвестера не допускается в древостоях с наличием жизнеспособного подроста в количестве более 3000 шт./га при равномерном его распределении. Ограничивается использование харвестера и для валки деревьев, вокруг которых расположены густые группы подроста. В этом случае харвестер выполняет обрезку сучьев и раскряжевку, а валка деревьев осуществляется направленно бензопилой.

– Применение харвестера также может ограничиваться по лесоводственным соображениям (расстояние между волоками превышает двойной вылет гидроманипулятора, т. е. 16–20 м). Принципиальные схемы работы машины приведены на рис. 6.



а



б

Рис. 6. Технологические схемы работы харвестера: а – схема освоения лесосеки харвестером без заезда машины на пасеку (ширина пасеки – 20 м); б – с заездом на пасеку (ширина пасеки – 30–40 м)

3. Организация работы комплекса машин «харвестер – форвардер». Рациональное использование харвестеров также требует про-

работки различных вариантов организации их работы, которая характеризуется следующими показателями: режим работы предприятия (сменность работы, количество рабочих дней в году и др.); простой техники по организационным причинам; способы выполнения ремонтных работ; уровень использования исправной техники; степень концентрации лесосек и сезонность их освоения; форма организации труда.

Эффективное использование харвестера с экологической и экономической позиций применительно к несплошным рубкам наиболее рационально в составе следующего технологического комплекса: 2–3 бензопилы + один харвестер + два форвардера. В этом случае харвестер используется в основном на разрубке волоков и пяти-семи-метровой зоны вдоль них. Остальная площадь пасек осваивается бензопилами. Преимущества такого технологического комплекса:

– работа харвестера на малом вылете, а также при сплошной выборке деревьев на разрубке волоков повышает его производительность;

– формируя пачки сортиментов, харвестер освобождает вальщика леса от тяжелой работы по окучиванию в естественных условиях разрубки волока, одновременно создает условие для более производительной работы форвардера;

– харвестер, обеспечивая укладку сучьев и вершин на волок, укрепляет его, тем самым повышается проходимость форвардера; уменьшается вероятность повреждения корней расположенных рядом с волоком деревьев, и, что особенно важно, вальщики леса в значительной степени освобождаются от сбора порубочных остатков для укрепления волока, сохраняя это время для основной работы;

– освоение основной площади полупасек вальщиками леса уменьшает вероятность ошибки в выборке деревьев, а направленная валка бензопилой обеспечивает лучшее сохранение подроста.

Реальными резервами роста производительности исследуемых машин являются:

– повышение коэффициента технической готовности машин;

– перераспределение запланированного объема ремонтных работ проектируемой машины в плановом периоде (выполнение ТО и ремонта в выходные и праздничные дни);

– увеличение коэффициента сменности;

– оптимальное обоснованное планирование очередности разработки лесосек и других организационно-технологических вопросов;

– включение в комплекс «харвестер – форвардер» бензиномоторной пилы для обработки особо крупных, фаутовых деревьев, деревьев, имеющих значительную кривизну ствола, находящихся в зоне, недоступной для манипулятора харвестера;

– смена работы операторов (чередование работы на харвестере и с бензиномоторной пилой позволяет снизить утомляемость работников, монотонность труда, риск возникновения аварийных ситуаций).

Выводы. 1. Выполненный анализ условий лесозаготовок в Республике Беларусь позволил установить связь между параметрами предмета труда и технико-экономическими показателями эксплуатации системы машин «харвестер – форвардер», а также влияние их на характеристики базовых машин и технологического оборудования.

2. Исследованиями установлено, что в лесном фонде страны преобладают маломерные и средней крупности насаждения. Это позволяет ориентироваться на применение валочно-сучкорезно-ряскряжевых машин с шарнирно-сочлененной рамой и колесной формулой 4К4 для рубок промежуточного пользования и 6К6 – главного пользования.

3. Для такого типа машин при их эксплуатации на рубках промежуточного и главного пользования соответственно определены диапазоны основных технических характеристик: мощность двигателя 85–90 и 110–120 кВт; эксплуатационная масса до 12 000 кг и 15 000 – 17 000 кг; наименьший радиус поворота не более 6 и 8 м; дорожный просвет 600 и 500 мм. Трансмиссия этих машин должна быть гидравлической (для варианта 4К4 с целью удешевления машины допускается применение механической трансмиссии). Кроме того, в обоих случаях значения средних удельных давлений движителя не должны превышать 140 кПа.

4. К основному технологическому оборудованию (гидроманипулятор и харвестерная головка) для машин 4К4 и 6К6 соответственно предъявляется ряд требований: максимальный диаметр в месте спиливания до 50 и 60–65 см; максимальный диаметр ствола в зоне обрезки сучьев около 30 и 43–45 см; вес головки без ротатора не более 600 и 700 кг. Общими пара-

метрами технологического оборудования этих машин могут быть: максимальный грузовой момент брутто манипулятора не менее 120–130 кН·м, вылет стрелы – 9–10 м, угол поворота в горизонтальной плоскости в пределах 240–260°, рабочее давление в гидросистеме 22–28 МПа.

5. Так как форвардер работает в комплексе с харвестером в идентичных условиях эксплуатации, требования к базовой машине в большинстве случаев аналогичны. Эта машина также должна иметь шарнирно-сочлененную раму с колесной формулой 6К6 и мощность двигателя 80–90 кВт. Эксплуатационная масса машины 13 000–14 000 кг. Грузоподъемность форвардера должна быть не менее 11 000 кг с возможностью транспортировки сортиментов длиной 2–6 м. Максимальный грузовой момент гидроманипулятора – 80 кН·м, вылет стрелы – 9 м.

Литература

1. Moskalik T. Model maszynowego pozyskiwania drewna w zrownowazonym lesnictwie polskim. – Warszawa.: Wydawnictwo SGGW, 2004. – 134 s.

2. Федоренчик, А. С. Деградация лесных почв при проведении лесозаготовок / А. С. Федоренчик, П. А. Протас // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: сб. науч. тр. – Брянск: БГИТА, 2003. – Вып. 6. – С. 47–51.

3. Коротаев, Л. В. Параметры деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовительного производства / Л. В. Коротаев. – Л., 1982. – 80 с.

4. Матвейко, А. П., Технология и оборудование лесозаготовительного производства / А. П. Матвейко, Д. В. Клоков, П. А. Протас. Практикум. – Минск: БГТУ, 2005. – 160 с.

5. Федоренчик, А. С. Харвестеры / А. С. Федоренчик, И. В. Турлай. – Минск: БГТУ, 2002. – 172 с.

6. Промежуточное пользование лесом на Северо-Западе России / В. А. Ананьев [и др.]. – Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2005. – 150 с.