

Министерство образования и науки Российской Федерации
Костромской государственной технологической университет

СОРТИМЕНТНАЯ ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСИНЫ

Учебное пособие
для студентов специальности 250401 «Лесоинженерное дело»

Составитель В.В. Шелепов

Кострома
КГТУ,
2010

Рецензенты:

профессор кафедры «Механическая технология древесины»
Костромского государственного технологического университета, д-р техн.наук
С.А. Угрюмов;
доцент кафедры «Ремонт машин и технология металлов» Костромской государственной сельскохозяйственной академии А.В. Савич;
филиал ФГУ «ВНИИЛМ» «Центрально-европейская лесная опытная станция».

Рассмотрено и рекомендовано к изданию
учебно-методической комиссией лесомеханического факультета

Печатается по решению
редакционно-издательского совета университета

Сортиментная заготовка древесины: учеб. пособие / сост. В.В. Шелепов.– Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010, – 53 с.

В пособии описана технология заготовки сортиментов при помощи бензиномоторных пил, харвестеров, форвардеров и процессоров как отечественного, так и импортного производства. Даются рекомендации по выбору механизмов и инструментов для организации сортиментной заготовки древесины, показана технология и рабочие приемы выполнения лесосечных работ.

Предназначено для студентов вузов 4, 5 курсов специальности 250401 «Лесинженерное дело», изучающих дисциплину «Машины и технология лесосечных и лесовосстановительных работ».

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сортиментной называется заготовка древесины, при которой срубленные деревья разделяются на сортименты, непосредственно на месте валки. В прошлом веке до конца 60-х годов в России преобладала сортиментная заготовка, но с появлением мощной гусеничной лесозаготовительной техники она была вытеснена хлыстовой заготовкой. В настоящее время наблюдается обратный процесс, когда по сортиментной технологии заготавливается около 75 % объема древесины [1].

Современная сортиментная заготовка древесины предполагает проведение лесосечных работ на новом уровне с использованием специализированной колесной техники нового поколения, которая более бережно воздействует на почвенный покров лесосек, чем ранее применяемая гусеничная техника. Следует также отметить, что технология лесосечных работ с заготовкой сортиментов является гибкой системой, которая оперативно перестраивается на работу при различных видах дальнейшей переработки древесины и лесовосстановления вырубок. Поэтому на настоящий момент она вполне устраивает конечных потребителей сортиментов, т.к. позволяет минимизировать затраты на производство в соответствии с постоянно меняющимся уровнем цен и спросом на лесоматериалы.

Эти обстоятельства, а также постоянно возрастающий уровень требований к выпускникам лесотехнических вузов выдвигают требования более детального изучения технологии и механизмов для сортиментной заготовки древесины. К тому же следует отметить, что практически вся выпускавшаяся ранее специальная литература по вопросам организации и проведения лесосечных работ отражала вопросы сортиментной заготовки древесины крайне поверхностно, на уровне 50 – 60-х годов прошлого века. Ликвидировать этот пробел и призвано данное учебное пособие. Автор выражает уверенность, что настоящее издание будет полезно студентам специальности «Лесоинженерное дело» не только в период обучения в вузе, но и в начальный период их профессионального становления на производстве.

1. Два способа лесозаготовок

Постановлением Правительства Российской Федерации № 1123 от 20 ноября 1995 года утверждена федеральная программа развития лесопромышленного комплекса Российской Федерации. Целью и задачами программы является разработка комплекса мер, направленных на вывод отрасли из кризиса с последующим развитием всех видов продукции леса для более полного удовлетворения нужд народного хозяйства, населения и повышения экспортного потенциала страны. В программе отмечено, что расчетная лесосека в настоящее время используется только на 24% от установленной нормы пользования [2].

Благодаря историческому опыту ведения лесного хозяйства, Россия была признанным лидером в сфере охраны лесов, научных исследований и разработок. Однако политика централизованного планирования объемов лесозаготовок привела к истощительному методу управления лесным комплексом. Несмотря на значительные запасы древесины и устойчивый спрос на древесину на зарубежных рынках сбыта лесной комплекс России испытывает большие сложности в области управления и централизованной технической политики.

Многие лесозаготовительные предприятия оказались изолированными от экономически доступных лесных ресурсов, лишились возможности получать дешевые транспортные и технологические услуги по искусственно заниженным государством ценам. В результате этого объемы лесозаготовок серьезно снизились и упали до уровня 1913 года, т.е. сократились до 90 млн. м³ древесины в год. Спад производства, наряду с отсутствием лесоперерабатывающих производств, вызывает необходимость пересмотра направления стратегического развития лесного комплекса страны.

В федеральной программе развития лесопромышленного комплекса России указана необходимость:

- создания стабильной базы развития лесозаготовок на основе постоянного пользования лесом, рационального ведения лесозаготовок и своевременного восстановления продуктивных лесов;
- внедрения и расширения сортиментной заготовки древесины при рубках главного и промежуточного пользования лесом.

Предусматривается, что применяемые технологии будут учитывать передовой опыт скандинавских стран, но ориентированы будут на вновь создаваемую отечественную лесозаготовительную технику.

Способы лесозаготовок можно разделить по многим квалификационным признакам, но обычно их классификация основана на том, в каком виде древесина отгружается с верхнего склада. Поэтому различают следующие способы лесозаготовок:

- хлыстовой;
- сортиментный;
- с вывозкой целыми деревьями;
- с вывозкой древесины в виде технологической или топливной щепы.

Каждый из способов лесозаготовок предполагает наличие соответствующего технологического процесса, который состоит из некоторого количества техноло-

гических и переместительных операций с объектом труда, проводимых в определенной последовательности.

Технологической называется операция, при которой объект труда изменяет свои свойства, т.е. размеры, качество, состояние и т.д.

Переместительной называется операция, при которой объект труда меняет свое местоположение.

При сортиментном способе лесозаготовок обязательно наличие следующих операций:

- валка деревьев;
- обрезка сучьев;
- раскряжевка хлыстов на сортименты в соответствии с заказом на выпуск продукции;
- трелевка сортиментов на погрузочный пункт;
- штабелевка сортиментов для их последующего хранения;
- погрузка сортиментов на подвижной состав лесовозной дороги.

Валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка на сортименты в зависимости от применяемой техники могут выполняться либо вальщиком при помощи бензиномоторной пилы, либо харвестером. Трелевка сортиментов к погрузочному пункту производится колесным или гусеничным форвардером.

При хлыстовом способе лесозаготовок отсутствует такая технологическая операции, как раскряжевка хлыстов. Были сделаны многочисленные попытки сравнения экономической эффективности хлыстового и сортиментного способов заготовки древесины. Этот вопрос для России является стратегическим, поскольку переход от одной технологии лесозаготовок к другой связан с огромными материальными затратами.

Хлыстовой способ лесозаготовок наиболее выгоден для разработки крупных лесных массивов. Требуемые механизмы для этого способа по своей технологичности просты и сравнительно дешевы. Однако слабыми сторонами хлыстового способа лесозаготовок является то, что он плохо подходит к рубкам промежуточного пользования, т.к. требует подготовки транспортных путей с повышенными нагрузками на ось лесовозного автомобиля и наличия крупного нижнего склада.

Сортиментный способ лесозаготовок является более экологически чистым, чем хлыстовой, т.к. применяемая техника может быть легче, поскольку работает только с частью ствола дерева. Однако машины для сортиментной заготовки технически более сложны и соответственно стоят дороже, чем машины для хлыстового способа. Вместе с тем, отрицательной стороной данного способа является тот факт, что он снижает выход деловой древесины на 20–25 % по сравнению с хлыстовым способом [3].

При сравнении этих двух способов лесозаготовок так и не было найдено существенных преимуществ того или другого. Оказалось, что их можно выявить только на уровне отдельных лесных массивов или лесозаготовительных предприятий. К тому же выбор того или иного из способов определяется не только его эффективностью или экономичностью, но и целым рядом факторов, определяющих особенности данного региона России. К ним можно отнести: уровень развития применяемой лесозаготовительной техники, доступность и квалифицирован-

ность рабочих кадров, уровень цен на лесопroduкцию, альтернативы переработки древесины и т.д.

2. Сортиментный способ лесозаготовок с применением бензиномоторных пил

При сортиментном способе лесозаготовок бензиномоторные пилы могут применяться в следующих системах машин:

- 1) бензиномоторная пила + форвардер;
- 2) бензиномоторная пила + процессор + форвардер;
- 3) бензиномоторная пила + трелевочный трактор + процессор.

Форвардером называется лесной трактор (чаще всего колесный) с манипулятором и тележкой, предназначенный для перевозки сортиментов с делянки к месту их складирования в погруженном положении. Под процессором понимается лесная машина, выполняющая одну или несколько технологических операций (например, обрезку сучьев и раскряжевку).

Как видно, начальным механизмом в любой из систем является бензиномоторная пила с помощью которой операции валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка на сортименты выполняются либо по отдельности, либо все вместе.

2.1. Рекомендации по выбору бензиномоторной пилы для сортиментной заготовки древесины

В процессе организации лесозаготовок важно подобрать оптимальный комплекс лесозаготовительной техники наиболее эффективный в конкретных условиях. На рынке бензиномоторных пил предлагается большая номенклатура инструмента, что позволяет лесозаготовителям выбирать технику различных фирм для реализации разнообразных технологий производства. Наиболее известными поставщиками бензиномоторных пил в Россию являются фирмы «HUSVARNA» (Швеция), «СТИHL» (Германия), «Oleo-Mac» (Италия). Известно, что бензиномоторные пилы делятся на 3 класса:

- легкие, или любительские;
- полупрофессиональные;
- профессиональные.

Данное деление является по большей мере условным, поскольку, помимо мощностных и весовых характеристик бензиномоторных пил, следует учитывать и долговечность инструмента. Например, легкие пилы являются самыми простыми, имеют небольшую мощность и долговечность работы в 30–40 мото-часов, тогда как профессиональные пилы имеют долговечность работы до 2000 мото-часов при ежедневном использовании и непрерывной работе в течение всей смены. Кроме того, при выборе бензиномоторной пилы следует обращать внимание на то, как зарекомендовали себя пилы этой фирмы при работе на лесозаготовках в данном регионе, есть ли сервисный центр по их техническому обслуживанию и т.д.

Основные фирмы-производители выпускают несколько типоразмеров бензиномоторных пил (для примера, у фирмы «HUSQVARNA» их более 20). В основу определения типоразмера профессиональных пил может быть положена мощность двигателя. Оптимальная мощность бензиномоторных пил определяется лесотаксационными показателями древостоев и условиями лесозэксплуатации.

Для бензиномоторных пил, используемых только на валке деревьев, оптимальная мощность двигателя N , кВт может быть определена из уравнения

$$N = \sqrt{\frac{1050 k_0 k_n b d_k}{60 \sqrt{\frac{h}{Q}}}}, \quad (2.1)$$

где k_0 – удельная работа при поперечном пилении древесины цепными пилами (для наиболее распространенных пильных цепей принимается равной 39,2 МДж/м³);

k_n – коэффициент, учитывающий наличие преобладающей породы (для сосны он равен 1; для ели – 0,95; для березы – 1,3 и для осины – 0,75);

b – ширина реза, определяемая технической характеристикой пильной цепи, м;

d_k – диаметр дерева в месте спиливания, м;

h – высота древостоя, м;

Q – запас древесины на 1 га, м³/га.

Диаметр дерева в месте спиливания может быть определен по формуле

$$d_k = dk_k$$

где d – средний диаметр деревьев в древостое, м;

k_k – коэффициент, учитывающий форму комля (для практических расчетов принимается равным 1,2) .

Пример:

Определить оптимальную мощность бензиномоторной пилы, работающей в березовых древостоях со средним диаметром деревьев 0,3 м, при средней высоте древостоя 21 м и среднем запасе древесины на 1 га – 210 м³/га при пилении древесины пильными цепями OREGON-0404.

Приняв из технической характеристики пильной цепи марки S-70 типа 72D ширину пропила равную 0,050", или 12,7 мм при диаметре в месте спиливания 36 см и подставив в формулу (2.1), получаем, что оптимальная мощность пилы равна 3,57 кВт.

Если бензиномоторная пила используется на валке деревьев и обрезке сучьев, то оптимальную мощность двигателя можно определить по формуле

$$N = \sqrt{\frac{1050 (k_0 k_n b d_k^2 + 0,5 F)}{60 d \sqrt{\frac{h}{Q}} + h}}, \quad (2.2)$$

где F – суммарная площадь обрезаемых сучьев, m^2 .

Численное значение площади F обрезаемых с дерева сучьев может быть определено из уравнения регрессии [4]:

- для елово-пихтовых древостоев

$$F = 1,12 d - 0,17; \quad (2.3)$$

- для сосны и мягколиственных пород

$$F = 0,58 d - 0,08. \quad (2.4)$$

Пример:

Определить оптимальную мощность бензиномоторной пилы, используемой на валке деревьев и обрезке сучьев при заданных ранее условиях эксплуатации моторного инструмента.

Подставив в формулу (2.4) значение среднего диаметра дерева $d = 0,30$ м получаем суммарную площадь обрезаемых сучьев $F = 0,094$ m^2 . Тогда оптимальная мощность двигателя бензиномоторной пилы составит 2,03 кВт.

В случае если бензиномоторная пила используется одновременно на валке, обрезке сучьев и раскряжевке, то оптимальную мощность ее двигателя рекомендуется рассчитывать по следующей формуле

$$N = \sqrt{\frac{1050 \left[k_0 k_1 b d_1^2 \left(1 + \frac{h}{l_c} \right) + 0,5 F \right]}{60 d \sqrt{\frac{h}{Q}} + h}} \quad (2.5)$$

где l_c – средняя длина выпиливаемого сортимента, м.

Пример:

Определить оптимальную мощность бензиномоторной пилы на валке – обрезке сучьев и раскряжевке хлыстов на сортименты длиной 5,2 м.

Ответ: для заданных ранее условий эксплуатации оптимальная мощность бензиномоторной пилы составит 3,65 кВт.

После проведения мощностных расчетов по каталогам фирм-изготовителей моторного инструмента представляется возможным выбрать соответствующую модель бензиномоторной пилы. Так, для случая использования мотоинструмента на валке – обрезке сучьев и раскряжевке рекомендуется применять бензиномо-

торные пилы Husqvarna-372 или Stihl MS-440 с мощностью двигателя соответственно 3,9 и 4,0 кВт.

2.2 . Приемы валки деревьев

В процесс валки деревьев входят следующие операции: осмотр дерева, подготовка рабочего места, выполнение подпила, сталкивание дерева в заданном направлении, переход для совершения следующей операции.

При осмотре дерева вальщик обязательно должен оценить повреждения его ствола, такие как наличие гнили, трещины и т.д. Помимо этого, оценивается порода дерева, форма его кроны, диаметр, высота, наклон дерева и местности, направление и сила ветра, наличие в кроне дерева снега или сломанных сучьев.

Подготовка рабочего места вальщика заключается в уборке кустарника, камней, снега и прочих препятствий, мешающих работе с моторным инструментом. Радиус рабочего места вальщика составляет 1 м от дерева. На цветном вкладыше (рис. 2.1) показаны особенности подготовки рабочего места вальщика леса. Одновременно с этим готовится дорожка отхода вальщика от места валки длиной 4–5 м, которая должна располагаться под углом 45° в направлении противоположном направлению валки. Так же при помощи бензиномоторной пилы убираются низко висящие сучья, при этом между телом вальщика и обрезаемыми сучьями обязательно должен находиться ствол дерева.

Выполнение операций валки дерева при использовании импортного моторного инструмента принципиально отличается от технологии валки дерева с помощником, которая традиционно была распространена в России. Это связано с тем, что большинство моделей бензиномоторных пил импортного производства имеют повышенные скорости движения пильной цепи за счет увеличенной частоты вращения коленчатого вала двигателя до 9600 мин^{-1} . При выполнении подпила, почти всегда имеющего клинообразную форму, в первую очередь выполняется наклонный рез, располагаемый под углом 45° – 60° к горизонтальной плоскости (рис. 2.2). Затем выполняется нижний горизонтальный рез с таким расчетом, чтобы линия, по которой сойдутся оба реза отстояла от поверхности ствола дерева на $1/4$ диаметра (рис. 2.3). Это называется глубиной подпила. В том случае, если дерево наклонено в направлении валки, то глубина подпила увеличивается до $1/3$ диаметра, если в противоположном – то глубина подпила уменьшается до $1/5$. Направление валки удобно контролировать с помощью специальной линии, нанесенной на корпус бензиномоторной пилы (рис. 2.4). Плоскость спиливания, или что тоже самое валочный пропилен, обязательно должны располагаться выше плоскости подпила. Их выполнение начинается с того, что вальщик, используя так называемый метод пиления «на таран», т.е. пиление концом ведомой звездочки, пропиливает дерево насквозь (рис. 2.5). При этом обязательно должен быть оставлен недопил ствола дерева шириной не менее 2 см, который при валке играет роль шарнира.

Затем вальщик начинает круговое ведение бензиномоторной пилы вокруг ствола дерева (рис. 2.6). Пропилив до $1/2$ окружности ствола дерева, он вставляет

в рез валочный клин, ножную или ручную валочную лопатку. Затем спиливание дерева продолжается. По окончании пиления бензиномоторная пила вынимается из валочного реза, вальщик ударяет по клину или нажимает на валочную лопатку, и с этого момента начинается свободное падение дерева. При начале падения дерева вальщик должен отойти на безопасное расстояние (рис. 2.7). После валки дерева вальщик переходит к операции обрезка сучьев.

2.3 . Обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов

Основное правило техники безопасности при обрезке моторным инструментом заключается в том, что между режущим органом и частями тела рабочего должен располагаться ствол дерева (рис. 2.8). Расстояние между двумя мотористами должно быть не менее 5 м. Обрезка сучьев начинается с комлевой части дерева и заканчивается на вершинной части. Для снижения нагрузки на руки моторист должен принять устойчивое положение и удерживать бензиномоторную пилу на стволе дерева. К обрезке нижних сучьев моторист приступает после обрезки верхних и боковых сучьев, передвигаясь от вершины к комлю.

Раскряжевка хлыстов бензиномоторными пилами производится по индивидуальному методу раскря, который заключается в индивидуальной оценке хлыста и разметке его на сортименты (рис. 2.9). Операции по разметке и раскряжевке начинаются с комля дерева – наиболее ценной части хлыста. Хлысты раскряживаются на сортименты в соответствии с отраслевыми требованиями или пожеланиями потребителя. Для удобства разметки на поясе моториста закреплена самосматывающаяся рулетка. Оптимальность схемы раскряжки хлыста на сортименты определяется объемным выходом деловой древесины. Как правило, при сортиментном способе лесозаготовок производится выпиливание ограниченного числа сортиментов. Например, при работе в хвойных древостоях хлыст обычно разделяется на пиловочник и рудстоечно-балансовое долготье. Увеличение количества выпиливаемых сортиментов отрицательно сказывается на производительности трелевочных механизмов и качестве разделки хлыстов.

После раскряжки хлыста моторист вручную производит сортировку сортиментов и их подтаскивание в зону действия манипулятора форвардера. Для этого используются крючья и клещи, входящие в комплект вальщика леса. Нередко применяется метод подтаскивания не полностью распиленного хлыста при помощи манипулятора форвардера. Но в этом случае моторист отвлекается от выполнения своих непосредственных обязанностей, что приводит к снижению производительности его труда.

2.4. Производительность бензиномоторных пил на заготовке сортиментов

Каждый тип бензиномоторной пилы имеет собственную очень важную характеристику – производительность чистого пиления. Она определяется при экс-

периментальных исследованиях каждого вновь создаваемого образца моторного инструмента. Производительность чистого пиления рассчитывается по формуле:

$$П_{ч} = \frac{S}{t_n}, \quad (2.6)$$

где S – площадь поперечного сечения распиливаемого образца, $см^2$;
 t_n – время на пиление древесины при подпиле и спиливании, с.

Данные о производительности чистого пиления бензиномоторных пил импортного производства в каталогах фирм-изготовителей обычно не приводятся, но для отечественных бензиномоторных пил они известны:

- для бензиномоторной пилы МП-5 «Урал» $П_{ч} = 100 \text{ см}^2/\text{с}$;
- для бензиномоторной пилы «Тайга-214» $П_{ч} = 60 \text{ см}^2/\text{с}$.

Учитывая, что импортный моторный инструмент имеет более высокие скорости резания и более высокое качество изготовления пильных цепей, следует полагать, что производительность чистого пиления находится в пределах $100 - 140 \text{ см}^2/\text{с}$. Для практических расчетов производительность чистого пиления можно определить по эмпирической формуле

$$П_{ч} \approx 20 N. \quad (2.7)$$

На самом деле, этот показатель не оказывает решающего влияния на сменную производительность труда моториста. Следует учитывать, что, помимо времени на непосредственное пиление древесины, рабочее время моториста расходуется на перемещение вдоль ствола дерева, на переходы от дерева к дереву, т.е. на время, когда двигатель бензиномоторной пилы работает на холостых оборотах, но при этом никакой полезной работы не совершается. Время на холостую работу двигателя зависит от лесотаксационных параметров древостоев и условий использования моторного инструмента.

Сменная производительность бензиномоторных пил определяется по формуле

$$П_{см} = \frac{(T - t_{nz} - t_{om})\varphi q}{t_{ц}}, \quad (2.8)$$

- где T – продолжительность рабочей смены, мин;
 t_{nz} – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, связанное с заправкой пилы, регулировками, очисткой после работы и т.д., мин;
 t_{om} – время на отдых и личные надобности, мин;
 φ – коэффициент использования рабочего времени моториста;
 q – средний объем хлыста, $м^3$;

t_y – продолжительность времени на обработку одного дерева, мин.

При использовании бензиномоторной пилы на валке деревьев продолжительность рабочего цикла определяется по формуле

$$t_y = t_n + t_\partial + t_{np}, \quad (2.9)$$

где t_∂ – дополнительное время на преодоление различных препятствий, с;

t_{np} – время на переход вальщика от дерева к дереву, с.

Время на пиление древесины при подпиле и спиливании и его свободное падение может быть определено по формуле

$$t_n = \frac{c \pi d_k^2}{4 \Pi_4 \varphi_1} + 8, \quad (2.10)$$

где C – коэффициент, учитывающий дополнительное время на выполнение подпила (при работе по так называемой «скандинавской технологии» принимается равным 1,6);

φ_1 – коэффициент, определяющий производительность чистого пиления древесины в производственных условиях (для практических расчетов принимается равным 0,5).

Дополнительное время на преодоление различных препятствий определяется по эмпирической формуле

$$t_\partial = 54 + \frac{20,4}{q} \quad (2.11)$$

Время на переход вальщика от дерева к дереву определяется как

$$t_{kp} = 55 t_1 d \sqrt{\frac{h}{Q}}, \quad (2.12)$$

где t_1 – время на преодоление вальщиком 1 м пути (при слабой захламленности лесосек и в летний период лесозаготовок принимается равным 5 с; при сильной захламленности лесосек или в зимний период – 8 с).

Пример:

Определить сменную производительность бензиномоторной пилы на валке деревьев при заданных ранее условиях лесозаготовок.

Сменная производительность бензиномоторной пилы на валке деревьев составит

$$P_{см} = \frac{60 \cdot (420 - 37 - 22) \cdot 0,9 \cdot 0,33 \cdot 0,36^2 \cdot 21}{\frac{1,6 \cdot 3,14 \cdot 36^2}{4 \cdot 20 \cdot 3,9 \cdot 0,5} + 8 + 54 + \frac{20,4}{0,9} + 55 \cdot 5 \cdot 0,36 \sqrt{\frac{21}{210}}} = 99 \text{ м}^3 / \text{смену}$$

Время на обработку одного дерева при использовании бензиномоторной пилы на валке деревьев и обрезке сучьев определяется по формуле

$$t_{ц} = t_n + t_{д} + t_{пр} + t_{об} + t_{хл}, \quad (2.13)$$

где $t_{об}$ – время на обрезку сучьев со ствола дерева, с;

$t_{хл}$ – время на перемещение моториста вдоль ствола дерева, с.

Время на обрезку сучьев определится как

$$t_{об} = \frac{10000 F}{P_4 N \varphi_2}, \quad (2.14)$$

где φ_2 – коэффициент, учитывающий использование производительности чистого пиления бензиномоторных пил на обрезке сучьев (принимается равным 0,2).

Время на перемещение моториста вдоль ствола дерева будет равно:

$$t_{хл} = t_1 (h - h_в), \quad (2.15)$$

где $h_в$ – длина оставляемой вершинной части ствола дерева (обычно составляет 1,5–2 м), м.

Пример:

Определить производительность бензиномоторной пилы Husqvarna -372 на валке деревьев и обрезке сучьев при заданных ранее условиях лесозаготовок.

В этом случае сменная производительность моториста работающего на валке деревьев и обрезке сучьев, составит

$$P_{см} = \frac{60 \cdot (420 - 37 - 23) \cdot 0,9 \cdot 0,33 \cdot 0,36^2 \cdot 21}{\frac{1,6 \cdot 3,14 \cdot 36^2}{4 \cdot 20 \cdot 3,9 \cdot 0,5} + 8 + 54 + \frac{20,4}{0,9} + 55 \cdot 5 \cdot 0,36 \sqrt{\frac{21}{210}} + \frac{10^4 \cdot 0,094}{20 \cdot 3,9 \cdot 0,2} + 5 \cdot (21 - 2)} = 49,8 \text{ м}^3 / \text{смену}$$

В случае если бензиномоторная пила используется на валке, обрезке сучьев и раскряжке хлыстов на сортименты, то суммарное время на обработку одного дерева можно рассчитать как

$$t_{\Sigma} = t_n + t_{\partial} + t_{np} + t_{об} + t_{хл} + t_p + t_{ш}, \quad (2.16)$$

где t_p – время пиления ствола дерева при раскряжке на сортименты, с;

$t_{ш}$ – время на ручное подтаскивание сортимента в зону действия манипулятора форвардера, с.

Время на раскряжку хлыста на сортименты определяется по формуле:

$$t_p = \frac{\pi d^2 (h - h_{\epsilon})}{4 \cdot 20 \cdot N \varphi_1 l_c}. \quad (2.17)$$

Время на подтаскивание сортиментов в зону действия манипулятора форвардера можно определить из уравнения:

$$t_{ш} = t_1 (h - l_m), \quad (2.18)$$

где l_m – максимальный вылет манипулятора форвардера, принимаемый из технической характеристики механизма (обычно составляет 7–10 м).

Пример:

Определить сменную производительность бензиномоторной пилы Husqvarna - 372 на валке, обрезке сучьев и раскряжке при длине выпиленных сортиментов 5,2 м, когда моторист работает с форвардером, имеющим максимальный вылет манипулятора равный 10 м.

Подставив в формулы (2.16) – (2.18) указанные величины, получаем

$$\begin{aligned} P_{см} &= \frac{60 \cdot (420 - 37 - 23) \cdot 0,9 \cdot 0,33 \cdot 0,36^2 \cdot 21}{\frac{1,6 \cdot 3,14 \cdot 36^2}{4 \cdot 20 \cdot 3,9 \cdot 0,5} + 8 + 54 + \frac{20,4}{0,9} + 55 \cdot 5 \cdot 0,36 \sqrt{\frac{21}{210} + \frac{10^4 \cdot 0,094}{20 \cdot 3,9 \cdot 0,2}} + 5 \cdot (21 - 2) + \frac{3,14 \cdot 0,26^2}{4 \cdot 20 \cdot 3,9 \cdot 0,5}} = \\ &= 37,2 \text{ м}^3 / \text{смену}. \end{aligned}$$

2.5 Техника безопасности на валке деревьев, обрезке сучьев и раскряжке

До начала работы вальщик обязан:

- обойти свой участок лесосеки и убедиться в том, что он подготовлен к промышленной заготовке древесины, т.е. что на нем убраны все опасные деревья и имеется технологическая разметка;

- осмотреть моторный инструмент и, убедившись в исправности и надежности крепления всех его частей, произвести опробование моторного инструмента на холостом ходу;
- проверить исправность валочных приспособлений;
- оградить место валки запрещающими знаками в радиусе 5 м от места валки. Знаки выставляются на дорожках, тропах, волоках, т.е. там, где могут появиться люди.

При валке деревьев вальщик обязательно должен соблюдать все элементы валки дерева, такие как глубина подпила, величина недопила и т.д. В случае работы вальщика без помощника запрещается разработка ветровально-буреломных лесосек и валка деревьев при встречном ветре силой более 3 баллов, а также работа на склонах крутизной более 20°. В начале падения дерева вальщик должен немедленно отойти на безопасное расстояние по заранее подготовленным дорожкам, следя при этом за падающим деревом. Не разрешается сбивание нескольких подпиленных деревьев одним падающим деревом, т.е. групповая валка деревьев. Не допускается оставление подпиленных и зависших деревьев, а также деревьев с зависшими вершинками и сучьями. При работе по любой технологии запрещается:

- валка деревьев на стену леса;
- валка при видимости менее 50 м;
- валка при ветре силой более 6 баллов;
- валка в грозу;
- работа при температуре ниже -35°С.

По окончании работы вальщик обязан очистить моторный инструмент от пыли и грязи, произвести необходимые регламентные работы по очистке воздушного фильтра, карбюратора и воздушного вентилятора и сдать моторный инструмент на хранение.

При обрезке сучьев бензиномоторной пилой моторист дополнительно должен следовать следующим правилам:

- обрезать сучья, передвигаясь от комля к вершине;
- помнить, что вокруг места обрезки сучьев существует опасная зона радиусом 5 м;
- при зажиме пильного механизма сначала требуется заглушать моторный инструмент и только затем устранить причину зажима;
- ни в коем случае не обрезать сучья у неустойчиво лежащего дерева.

До начала раскряжевки мотористу необходимо подготовить рабочее место, т.е. убрать мешающие сучья и валежник, а также закрепить деревья при крутизне склона более 20°. Во время раскряжевки моторист должен находиться с нагорной стороны, заняв устойчивое положение. Запрещается пиление:

- стоя на стволе дерева;
- пиление неустойчиво лежащих хлыстов;
- пиление пачек хлыстов.

При раскряжевке изогнутых и напряженных хлыстов моторист должен находиться с внутренней стороны изгиба ствола. Не разрешается раскряжевывать ветровальные деревья, прикрытые другими деревьями или зажатые между ними. При

работе всегда необходимо помнить, что труд моториста на валке, обрезке сучьев и раскряжевке является одной из самых травмоопасных операций на лесосечных работах.

2.6. Обзор конструкций форвардеров для транспортировки сортиментов

Форвардер – это колесное или гусеничное транспортное средство, предназначенное для погрузки-разгрузки заготовленной на лесосеке лесопродукции и транспортировки ее к месту погрузки на лесовозный транспорт. Широко известна продукция таких фирм-изготовителей форвардера, как «VALMET» (Финляндия), «Timberjack» (Швеция) и т.д.

Классический форвардер представляет собой шасси с шарнирно-сочлененной рамой. Передняя и задняя часть рамы соединены универсальным шарниром с двумя степенями свободы. Поворот форвардера осуществляется за счет изменения положения передней и задней части рамы относительно вертикальной оси шарнира. Механизм поворота представляет собой два гидроцилиндра для смещения частей рамы в горизонтальной плоскости. Угол излома рамы находится в пределах 30° – 60° . Для удобства переезда форвардера через пни и крупные камни универсальный шарнир позволяет передней и задней частям рамы смещаться друг относительно друга на угол 15° . Большинство форвардеров выполнено по шести- или восьмиколесной схеме. Для снижения нагрузки на почву ширина колес составляет около 60 см. Удельное давление на грунт у порожнего форвардера чаще всего составляет: под катками передней тележки 20–25 кПа, под катками задней тележки 15–20 кПа. У груженого форвардера удельное давление под передними катками составляет 25–50 кПа, а под задними 40–50 кПа. Для сравнения, у человека массой 90 кг удельное давление на грунт около 30 кПа. В случае применения форвардеров на лесосеках с низкой несущей способностью грунтов или при работе на крутых склонах форвардеры комплектуются цепями противоскольжения.

Трансмиссия большинства форвардеров гидростатическая или гидромеханическая, имеющая два скоростных диапазона. Это обеспечивает плавное движение форвардера при значительной силе тяги трактора 60–100 кН, что благоприятно влияет на взаимодействие механизма с почвой. Максимальные скорости движения форвардеров в первом скоростном диапазоне находятся в пределах 7–10 км/ч, во втором диапазоне – 25–35 км/ч.

Компоновка большинства форвардеров примерно одинакова: на передней полураме располагаются двигатель и кабина оператора, на задней полураме – грузовая платформа со стойками для размещения сортиментов. Технологическое оборудование включает манипулятор, который располагается перед грузовой площадкой и отделяется от нее металлической решеткой.

Двигатели форвардеров, как правило, дизельные с водяным охлаждением. Средняя мощность двигателя форвардера составляет около 99 кВт при средней массе машины около 12 т. Кабина оператора располагается за двигателем, отли-

чается низким уровнем шума и вибрации, эргономичным сиденьем и удобными органами управления.

Все модели оснащены комбинированными манипуляторами с телескопической рукоятью, ротатором и захватом. Что касается интенсивности использования манипулятора, то оказалось, что от 45 до 83 % рабочего времени затрачивается на погрузочно-разгрузочный процесс. При этом 31–34% времени расходуется на подвод грейферного захвате к сортиментам, 12–16% времени – на захват сортимента или нескольких сортиментов, 35–43% времени – на подъем груза и 12–16% времени – на раскрытие челюстей и укладку сортимента в грузовую площадку форвардера. При разгрузке форвардера в штабель сортиментов вблизи трассы лесовозной дороги 16–22% рабочего времени манипулятора уходит на захват груза, 32–39% - на поднимание груза и выгрузку сортиментов в штабель, 13–18% - на освобождение захвата и 28–33% на возврат манипулятора в исходную точку над грузовой площадкой. Поэтому пригодность манипулятора для форвардера зачастую определяется не столько их технической характеристикой, сколько условиями и технологией применения.

Вылет большинства манипуляторов находится в пределах 7–10 м, а подъемный момент составляет 60–100 кН м. Управление манипуляторами – электрогидравлическое и осуществляется оператором при помощи двух рычагов, смонтированных в подлокотниках кресел.

Форвардеры являются составляющей любой системы машин для лесосечных работ, при которой применяется сортиментная технология. С учетом региональных особенностей заказчик может выбрать любую комплектацию форвардера с различными гидроманипуляторами и захватами. Для того чтобы не перегружать учебное пособие справочным материалом, ниже приводятся лишь основные технические данные современных форвардеров фирмы «John Deere» (Швеция), которые были широко представлены в 2010 году на выставке «Лесдревмаш». На цветном вкладыше (рис. 2.10) представлена фотография форвардера John Deere 1110E, который считается перспективным для проведения сортиментной технологии лесозаготовок в лесах европейской части России.

На цветном вкладыше (рис. 2.12) показана фотография отечественного гусеничного сортиментовоза ТБ-1МА-16, который хорошо зарекомендовал себя при работе на лесосеках с пересеченным рельефом местности, при глубокой снежной целине и низкой несущей способности грунтов. К достоинствам этого форвардера следует отнести его простоту и технологическую проработку конструкции. Базой форвардера является бесчokerный трактор ТБ-1М, который был разработан еще в начале 70-х годов прошлого века. Форвардер имеет хорошую проходимость и может транспортировать пачку сортиментов объемом до 10 м³. В эксплуатации форвардер доступен трактористу средней квалификации и не нуждается в сложном техническом обслуживании.

Таблица 2.1

Технические характеристики форвардеров фирмы «John Deere» (Швеция)

Показатель	Модель			
	1110E	1210E	1510E	1910E
Мощность двигателя, кВт	136	136	145	186
Масса машины в 8-колесном варианте, т	17,3	18,1	18,5	21,8
Грузоподъемность, т	12,0	13,0	15,0	19,0
Максимальный вылет манипулятора, м	7,2 10,0	7,2 10,0	7,2 10,0	8,5
Подъемный момент, кН·м	102	125	125	151
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	24	24	24	24
Скорость, км/ч: - 1-й скоростной диапазон - 2-й скоростной диапазон	0–7,5 0–23	0–7,5 0–23	0–7,5 0–23	0–7 0–21
Ширина грузовой площадки, м	2,7	2,7	2,9	3,0
Длина грузовой площадки, м	4,5	4,5	4,5	4,8
Угол поворота манипулятора, град.	380	380	380	380

В таблице 2.2 приведены основные технические характеристики форвардеров, выпускаемых российскими и белорусскими (МЛ-131) производителями лесной техники.

Таблица 2.2

Основные технические характеристики отечественных форвардеров

Показатели	ТЛ-6Ф4	МЛ-72	ТБ-1МА-16	МЛ-124	МЛ-131
Мощность двигателя, кВт	44,1	121	88	60	77
Масса машины, т	6,5	12,5	18,4	9,0	13,0
Грузоподъемность, м ³	6,0	8,0	10,0	6,0	10,0
Вылет манипулятора, м	7,3	8,0	8,0	7,1	7,1
Длина перевозимых сортиментов, м	2,4	2,6	3-6,5	2-6	2-6,5
Грузовой момент манипулятора, кН·м	50	140	80	65	65

2.7. Расчет сменной производительности форвардера

Сменная производительность форвардера определяется лесотаксационными характеристиками разрабатываемых древостоев, характеристиками почвенно-грунтовых условий и технологией валки деревьев. На сплошных рубках при работе форвардера вслед за мотористом с бензиномоторной пилой средняя часовая производительность составляет $12,1 \text{ м}^3/\text{ч}$, а при работе после харвестера – $17,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Также большое влияние на сменную производительность форвардера, работающего на сборе сортиментов, оказывает количество групп выпиленных сортиментов. Например, при выпиливании более 4 видов сортиментов производительность форвардера снижается в среднем на 15 %.

Сменную производительность форвардера на трелевке сортиментов можно определить по формуле

$$P_{см} = \frac{(T - t_{нз} - t_{ом}) \varphi_3 M_n}{t_{ц1}}, \quad (2.19)$$

где M_n – объем транспортируемой пачки сортиментов, м^3 ;

$t_{ц1}$ – время на выполнение одного рейса форвардера, мин;

φ_3 – коэффициент, учитывающий отношение действительного объема пачки к ее максимальному значению, приведенному в технической характеристике механизма ($\varphi_3 = 0,8 \dots 0,9$).

Время на один рейс форвардера рассчитывается как

$$t_{ц1} = t_x + t_n + t_{зп} + t_n, \quad (2.20)$$

где t_x – время на движение форвардера в холостом направлении от погрузочного пункта до места сбора транспортируемой пачки, мин;

t_n – время на набор пачки сортиментов, мин;

$t_{зп}$ – время на движение форвардера в грузовом направлении с пачкой сортиментов к погрузочному пункту, мин;

t_n – время на перегрузку сортиментов с форвардера в штабель, мин.

Время на движение форвардера на лесосеку и обратно может быть подсчитано по следующим формулам:

$$t_x = \frac{l_{мп}}{v_x}; \quad t_{зп} = \frac{l_{мп}}{v_{зп}}, \quad (2.21)$$

где l_{mp} – среднее расстояние трелевки, м;

v_x, v_{zp} – средние скорости движения форвардера соответственно в холостом и грузовом направлениях, м/мин.

Среднее расстояние трелевки определяется в соответствии с размерами бригадной делянки и схемой расположения трелевочных волоков, а скорости движения форвардеров можно принять из их технических характеристик. Однако в действительности скорости движения форвардера по лесосеке определяются не столько его технической характеристикой, сколько плавностью хода. Поэтому для технологических расчетов можно принять $v_x = 40$ м/мин; $v_{zp} = 30$ м/мин.

Время на набор пачки сортиментов и время на перегрузку сортиментов с форвардера в штабель примерно одинаковы и могут быть рассчитаны по эмпирической формуле

$$t_n = t_n = 0,6 \frac{M_n}{q}. \quad (2.22)$$

Пример:

Рассчитать сменную производительность форвардера МЛ-131 при работе в бригадной делянке с размерами 250 x 150 м для приведенных ранее условий лесоэксплуатации.

Среднее расстояние трелевки составит $l_{mp} = (250 \cdot 0,5 + 150 \cdot 0,5) \cdot 1,2 = 240$ м.

Расчетная сменная производительность форвардера составит

$$P_{см} = \frac{(420 - 32 - 28) \cdot 0,85 \cdot 10}{\frac{240}{40} + 0,6 \frac{10}{0,33 \cdot 0,36^2 \cdot 21} + \frac{240}{30} + 0,6 \frac{10}{0,33 \cdot 0,36^2 \cdot 21}} = 111,8 \text{ м}^3 / \text{смену}.$$

2.8. Технология лесозаготовок с применением бензиномоторных пил

При сплошных рубках бригадная делянка разбивается на пасеки шириной 15–20 м, каждая из которых делится на 5 лент, посередине пасеки располагается трелевочный волок шириной 5 м. Для удобства работы форвардера пни на волоке должны быть спилены заподлицо с землей. По обеим сторонам волока располагаются ленты шириной 3 м для складирования заготовленных сортиментов и ленты шириной 3–5 м, свободные от древесины. Разработка пасек производится с использованием подкладочного дерева, которое валится в первую очередь перпен-

дикулярно направлению валки основного древостоя. Затем у подкладочного дерева обрезаются сучья и ветви, и намечаются места раскряжевки. Валка древостоя на полосе 10–15 м осуществляется на подкладочное дерево, при этом у каждого дерева тут же обрезаются сучья. При работе по такой технологии образуется вал сучьев, который значительно улучшает проходимость форвардера и предотвращает образование колеи. Раскряжевка хлыста на сортименты производится в соответствии с заданной программой раскроя сразу же после обрезки сучьев. Комлевые сортименты разворачиваются на подкладочном дереве, а вершинные сортименты (рудничная стойка или балансы) перемещаются на ленты сбора сортиментов. Эти операции выполняются вальщиком вручную при помощи крючьев и ручных рейферных захватов, входящих в его рабочий комплект.

Расчет состава лесозаготовительной бригады производится в следующей последовательности.

1. Исходя из производительности бензиномоторной пилы и форвардера рассчитываются нормы времени на операциях валки, обрезки сучьев, раскряжевки τ_v и трелевки $\tau_{тр}$. Норма времени по операциям τ , чел.-ч/м³ рассчитывается по формуле

$$\tau_v = \frac{T}{60 P_{см}}; \quad \tau_{тр} = \frac{T}{60 P_{см}}, \quad \text{чел.-ч/м}^3 \quad (2.23)$$

где $P_{см}$ – сменная производительность на валке или трелевке, м³/смену.

2. Определяется суммарная норма времени для всех операций, выполняемых бригадой:

$$\tau_o = \tau_v + \tau_{тр} \quad (2.24)$$

3. Находится комплексная выработка на одного члена бригады, м³/чел.-дн.

$$H_k = \frac{T}{\tau_o}. \quad (2.25)$$

4. Определяется количество рабочих в бригаде

$$n_{бр} = \frac{Z_{бр}}{H_k}$$

где $Z_{бр}$ – задание на бригаду, принимаемое по производительности ведущего механизма, т.е. форвардера, м³.

Расчетное количество рабочих округляется до целого числа, обычно в меньшую сторону.

5. Рассчитывается количество рабочих по операциям

$$n_{\varepsilon} = \frac{\tau_{\varepsilon}}{\tau_0} n_{\text{бр}} ; n_{\text{мп}} = \frac{\tau_{\text{мп}}}{\tau_0} n_{\text{бр}} . \quad (2.26)$$

Как правило, в состав бригады по заготовке сортиментов входят два или три моториста бензиномоторных пил и один оператор форвардера. Но при больших объемах заготовки древесины отдельные лесозаготовительные бригады работают на базе двух, а и иногда и трех форвардеров.

Пример:

Рассчитать состав лесозаготовительной бригады на сортиментной заготовке древесины при использовании на валке, обрезке сучьев и раскряжевке хлыстов бензиномоторных пил Husqvarna-372 и форвардера МЛ-131 для ранее приведенных условий лесозаготовки.

Нормы времени по операциям:

- валка, обрезка сучьев, раскряжевка: $\tau_{\varepsilon} = \frac{420}{60 \cdot 37,2} = 0,1881 \text{ чел.-ч/м}^3;$

- трелевка: $\tau_{\text{мп}} = \frac{420}{60 \cdot 111,8} = 0,0626 \text{ чел.-ч/м}^3.$

Суммарная норма времени равна $\tau_0 = 0,1881 + 0,0626 = 0,2507 \text{ чел.-ч/м}^3.$

Комплексная выработка на одного рабочего составит

$$H_k = \frac{7}{0,2507} = 27,9 \text{ м}^3/\text{чел.-дн.}$$

Расчетное количество рабочих в бригаде равно:

$$N_{\text{бр}} = \frac{111,8}{27,9} = 4,007, \text{ принимается 4 человека.}$$

Расчетное количество мотористов бензиномоторных пил составит

$$N_{\varepsilon} = \frac{0,1881}{0,2507} \cdot 4 = 3,001, \text{ принимается 3 моториста.}$$

Расчетное количество операторов форвардера составит

$$N_{\text{мп}} = \frac{0,0626}{0,2507} \cdot 4 = 0,999, \text{ принимается 1 оператор.}$$

3. Сортиментный способ лесозаготовок с применением харвестеров

3.1. Обзор конструкции харвестеров

Харвестер – это лесозаготовительная машина, обеспечивающая валку деревьев, обрезку сучьев, отмер длин и раскряжевку хлыста на сортименты, а также их сортировку.

По общему компоновочному решению харвестеры можно разделить на две группы:

- с передним моторным и задним технологическим модулем;
- с задним моторным и передним технологическим модулем.

У харвестеров 1-й группы кабина оператора смонтирована на переднем моторном модуле. Примером таких харвестеров являются модели LOGSET 106H, VALMET 862, 892. У харвестеров 2-й группы кабина оператора смонтирована на технологическом модуле, и все операции по управлению оборудованием и передвижением харвестера выполняются из кабины без ее поворота. По данной схеме скомпонованы харвестеры Timberjack 1270, FMG 990. Кроме этого, харвестеры могут иметь колесный или гусеничный движитель. На цветном вкладыше (рис. 3.1) показан гусеничный харвестер John Deere 2154D, выполненный по 1-й компоновочной схеме, а на рис. 3.2 – колесный харвестер VALMET 931, выполненный по 2-й компоновочной схеме. Следует отметить, что выбор типа движителя во многом определяется характеристикой почвенно-грунтовых условий и компактностью расположения разрабатываемых лесосек. Например, харвестеры с гусеничными движителями имеют вес, как правило, больше, чем харвестеры с колесными движителями. Поэтому их целесообразнее применять при разработке компактных лесосек большой площади, тогда как колесные харвестеры вполне подойдут для разработки небольших лесосек, расположенных друг от друга на некотором удалении. В то же время гусеничные харвестеры могут работать на лесосеках с низкой несущей способностью грунтов, тогда как применение на таких лесосеках харвестеров с колесными движителями приводит к интенсивному разрушению почвенного слоя.

Трансмиссия большинства современных харвестеров гидростатическая, что обеспечивает им плавность хода и снижает повреждаемость почвы. Двигатели харвестеров – дизельные с водяным охлаждением, обеспечивающие продолжительность работы без капитального ремонта на срок до 7 лет. Зарубежные харвестеры имеют высокую удельную энерговооруженность 7–12 кВт мощности на 1 тонну веса, что позитивно влияет на их проходимость и производительность. В таблице 3.1 приведены основные технические характеристики современных харвестеров VALMET 931 и John Deere 2154D.

Ключевым элементом в конструкции харвестера традиционно считается манипулятор. Именно от его рабочих характеристик, таких как максимальный и минимальный вылет, грузоподъемность и т.д., зависят размеры рабочей зоны харвестера, а следовательно и его производительность. По результатам исследований установлено, что примерно 60% операционного времени харвестера связано с дви-

жениями манипулятора. Во всем мире широко известны манипуляторы таких фирм как «FISKARS» (Финляндия), «LOGLIFT» (Швеция).

Таблица 3.1

Сравнительные характеристики харвестеров

Показатель	Марка харвестера	
	VALMET 931	John Deere 2154D
Тип движителя	колесный	гусеничный
Масса, кг	19 400	27 864
Мощность двигателя, кВт	193	122
Скорость движения, км/час	Не более –25	Не более –5,1
Тяговое усилие, кН	175	2263
Давление в гидросистеме, кПа	28 000	34 336
Давление на грунт, кПа	43	49,4

В конструктивном плане большинство манипуляторов для харвестеров представляют собой шарнирно-сочлененную систему, в которую входят:

- поворотная колонна;
- механизм поворота колонны в горизонтальной плоскости;
- стрела;
- рукоять стрелы;
- гидроцилиндры подъема стрелы и рукояти;
- механизмы управления стрелой и рукоятью.

В последнее время на многих харвестерах устанавливаются специально спроектированные манипуляторы комбинированной конструкции – шарнирно-сочлененный манипулятор с телескопической рукоятью (рис. 3.2). Ниже приводятся основные характеристики манипуляторов харвестеров VALMET 931 и John Deere 2154D.

Таблица 3.2

Характеристика манипулятора харвестеров VALMEM 931 и John Deere 2154D

Показатель	Марка харвестера	
	VALMET 931	John Deere 2154D
Тип манипулятора	Стрела с телескопической рукоятью	Двухстреловой
Подъемный момент, кН · м	217	253
Максимальный вылет, м	9,8	8,76
Грузоподъемность при максимальном вылете, кгс	2214	2948

На конце рукояти манипулятора подвешивается ротатор, обеспечивающий поворот харвестерной головки на угол 300° – 360° вокруг ее вертикальной оси. Возможность поворота харвестерной головки облегчает оператору наведение ее на ствол дерева и обеспечивает направленную валку. На рис. 3.3 показана харвестерная головка VALMET 370.2, устанавливаемая на харвестере VALMET 931.

Несмотря на массу отличительных черт, конструкции харвестерных головок в принципе одинаковы. Для захвата дерева при валке и для срезания сучьев харвестерные головки снабжены верхними и нижними сучкорезными ножами, от величины раскрытия которых зависит максимальный диаметр обрабатываемых деревьев. Количество ножей бывает различным и обычно составляет от 4 до 6.

Харвестеры зарубежных фирм имеют бортовой компьютер, обеспечивающий работу интегрированной системы управления машиной и агрегатом. Например, у харвестера VALMET 931 имеется процессор Pentium M мощностью 1,4 Ггерц с оперативной памятью объемом 1 Гбайт и жестким диском с объемом памяти 40 Гбайт. Для ввода начальной информации в компьютерную систему о параметрах обрабатываемого дерева на харвестерной головке установлены правый и левый датчик импульсов измерения диаметра стволов. Фиксация диаметра деревьев в верхнем и нижнем отрезе при известной длине сортимента позволяет программе вычислять объем сортимента, заносить в память компьютера и выводить значения на экран монитора с последующей распечаткой данных о работе машины.

Управление манипулятором и харвестерной головкой электрогидравлическое и осуществляется посредством двух джойстиков, размещенных в подлокотниках кресла оператора. Процессы протаскивания дерева через сучкорезные ножи, отмера длины сортимента и его раскрывания на сортименты у современных харвестеров полностью автоматизированы. Достигается это посредством операционной системы, основу которой составляет Windows XP Pro. Переналадка программы раскроя хлыстов для выпуска сортиментов другого назначения осуществляется оператором харвестера в полевых условиях при помощи клавиатуры, аналога той, что входит в комплектацию обычного компьютера.

С сучкорезными ножами соединены вальцы протаскивающих механизмов, которые приводятся в движение через высокомоментные гидромоторы. Вальцы с помощью гидроцилиндров управления прижимаются к стволу дерева и удерживают его в силовом контуре харвестерной головки. Количество протаскивающих вальцов может быть различным. По конструкции вальцы подразделяются на фиксированные и подвижные. Вальцы обеспечивают плавную подачу ствола дерева к пильному механизму в диапазоне скоростей до 5 м/с, а также гарантируют требуемую точность отмера длины сортимента.

Усилие протаскивания посредством системы управления харвестера координируется двоякими датчиками измерения диаметра стволов деревьев. Установка этих датчиков совместно с датчиками отмера длин выпиливаемых сортиментов позволяет производить непрерывные замеры диаметра по всей длине хлыста и тем самым уменьшает риск повреждения пильного механизма поскольку обеспечивает точный останов ствола дерева в плоскости распила.

Механизм срезания дерева и его распиловки на сортименты представляет собой цепную пилу с приводом от гидромотора и гидравлическим механизмом над-

вигания. Скорость движения пильной цепи составляет у современных харвестеров 40 м/с, что обеспечивает производительность чистого пиления 300–400 см²/с. Чаще других в качестве режущего органа применяется пильная цепь фирмы «OREGON» (Канада) марки 0404 с шагом по заклепкам 10,26 мм. Реже применяются пильные цепи с меньшим шагом, например 3/8". Длина пильной шины бывает больше максимально допустимого диаметра обрабатываемых деревьев. В конструкцию пильного механизма включены устройства для автоматического натяжения пильной цепи и контроля за ее автоматической смазкой.

Ниже приводится техническая характеристика харвестерной головки VALMET 970.02, устанавливаемой на харвестере VALMET 931:

– масса, кг	1470;
– максимальный диаметр пропила, см	70;
– скорость подачи, м/с	0–5;
– величина открытия ножей, см	64;
– усилие протаскивания, кН	28,2;
– система управления и информации	Maxi XBlorer.

3.2. Расчет сменной производительности харвестера

Сменная производительность харвестера $\Pi_{см}, \text{м}^3/\text{смену}$ определяется по формуле

$$\Pi_{см} = \frac{60(T - t_{нз})\varphi q}{t_{ц2}}, \quad (3.1)$$

где T – продолжительность рабочей смены, мин;

$t_{нз}$ – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, связанное с заправкой харвестера топливом, проверкой уровней рабочих жидкостей и т.д., мин;

φ – коэффициент использования рабочего времени оператора;

$t_{ц2}$ – продолжительность рабочего цикла на валку, обрезку сучьев и раскряжевку одного дерева, с.

Время наработки харвестера до капитального ремонта составляет 14–15 тыс. мото-часов, что свидетельствует о его чрезвычайной надежности за весь период эксплуатации, порой длящийся до 7–8 лет. Основными операциями, выполняемыми перед началом работы, являются осмотр механических креплений отдельных узлов и агрегатов, заправка харвестера дизельным топливом и контроль за уровнем рабочих жидкостей. По окончании работы рекомендуется произвести только осмотр техники, при этом рекомендуется обратить внимание на возможные подтеки масла в узлах крепления гидросистемы. Отсюда следует вывод, что



Рис. 2.1. Подготовка рабочего места



Рис. 2.2. Выполнение наклонного реза



Рис. 2.3. Выполнение горизонтального реза



Рис. 2.4. Контроль направления валки



Рис. 2.5. Пропиливание
ствола дерева насквозь



Рис. 2.6. Спилвание
дерева



Рис. 2.7. Отход вальщика
при падении дерева



Рис. 2.8. Обрезка сучьев



Рис. 2.9. Раскряжевка хлыста на сортименты



Рис. 2.10. Форвардер John Deere 1110E



Рис. 2.11. Форвардер HSM208F9t



Рис. 2.12. Гусеничный сортиментовоз ТБ-1МА-16



Рис. 3.1. Харвестер John Deere 2154D



Рис. 3.2. Харвестер Valmet 931

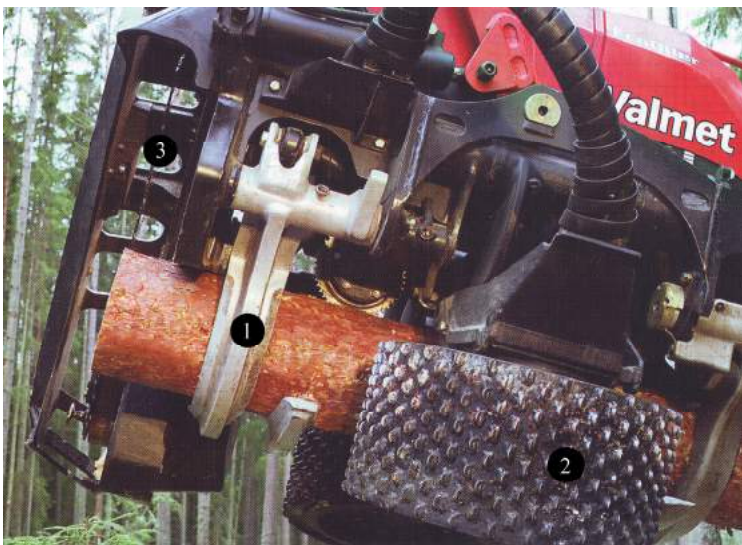


Рис. 3.3. Харвестерная головка Valmet 370.2:

- 1 – сучкорезные ножи;
- 2 – протаскивающие вальцы;
- 3 – пильный механизм



Рис. 5.1. Погрузка древесины на лесовозы и автомобили

время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции при работе харвестеров составляет в среднем 15–20 мин.

Учитывая то, что стоимость харвестера превышает 500 тыс. евро, обоснованным является факт интенсификации труда оператора харвестера. Поэтому далеко не случайно, что в его кабине установлены эргономичные кресла, имеется джойстиковая система управления механизмами, система климат-контроля и аудиосистема.

Коэффициент использования рабочего времени оператора харвестера является максимально возможным среди всех рабочих специальностей на лесозаготовках и составляет 0,95–0,99. В практике лесной отрасли известны случаи, когда харвестер передавался другому оператору без останова двигателя в течение всей рабочей недели.

Время на обработку одного дерева складывается из следующих составляющих:

$$t_{y2} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (3.2)$$

t_1 – время на движение харвестера с одной стоянки на другую, отнесенное к одному дереву, с;

t_2 – время на подведение манипулятора к дереву и наведение харвестерной головки на ствол дерева, с;

t_3 – время на зажим ствола дерева и его предварительное подтягивание вверх, с;

t_4 – время на пиление ствола дерева и гашение скорости его падения при укладке его на землю, с;

t_5 – время на протаскивание ствола дерева через сучкорезные ножи, с;

t_6 – время на раскряжевку хлыста на сортименты и время на сброс сортиментов на землю, с.

Время на движение харвестера с одной стоянки на другую, отнесенное на одно дерево может быть определено по формуле

$$t_1 = \frac{20,8k_3}{n_\partial}, \quad (3.3)$$

где k_3 – коэффициент, учитывающий захламленность лесосеки (для средней степени захламленности лесосеки $k_3 = 2,8$);

n_∂ – количество деревьев, срезаемых харвестером с одной рабочей позиции.

Среднее количество деревьев, срезаемых харвестером с одной стоянки, можно рассчитать по формуле

$$n_{\partial} = \frac{2l_{\max}(l_{\max} - l_{\min})\varrho}{10000 q}, \quad (3.4)$$

где l_{\max}, l_{\min} – соответственно максимальный и минимальный вылет манипулятора харвестера, м.

Время на подведение манипулятора к дереву и точное наведение харвестерной головки на ствол дерева путем ее поворота вокруг вертикальной оси определяется как

$$t_2 = 1,53q + 8,82. \quad (3.5)$$

Время на зажим ствола дерева и его предварительное подтягивание вверх, что обеспечивает беззажимное пиление, является постоянным и составляет в среднем 2-3 с на одно дерево.

Время на пиление ствола дерева и гашение скорости его падения при укладке его на землю определяется по формуле

$$t_4 = \frac{\pi d^2 k}{4\Pi_4\varphi} + 5, \quad (3.6)$$

где Π_4 – производительность чистого пиления цепной пилой харвестера, $\text{см}^2/\text{с}$;
 φ – коэффициент, определяющий использование производительности чистого пиления, $\varphi = 0,95$.

Время на протаскивание ствола дерева через сучкорезные ножи можно рассчитать исходя из технической характеристики харвестерной головки и длины выпиливаемых сортиментов

$$t_5 = \frac{h - h_{\varepsilon}}{u_n}, \quad (3.7)$$

где h – средняя высота древостоя, м;

h_{ε} – длина вершинной части дерева, м;

u_n – скорость протаскивания дерева вальцами через сучкорезные ножи, м/с.

Время на раскряжевку хлыста на сортименты и времена на сброс сортиментов на землю определяется из соотношения

$$t_6 = \frac{\pi d^2}{4\Pi_4\varphi} \left(\frac{h - h_{\varepsilon}}{l_c} - 1 \right). \quad (3.8)$$

Пример:

Рассчитать сменную производительность харвестера VALMET 931 при разработке лесосек с ранее приведенными лесозаготовительными показателями.

Время на обработку одного дерева $t_{ц2}$, с составит

$$t_{ц2} = \frac{208 \cdot 2,8}{2 \cdot 9,8(9,8-3) \cdot 210} + 1,53 \cdot 0,26 + 8,82 + 2 + \frac{3,14 \cdot 36^2}{4 \cdot 300 \cdot 0,95} + 5 + \frac{21-2}{5} + \frac{3,14 \cdot 30^2}{4 \cdot 300 \cdot 0,95} \left(\frac{21-2}{6} - 1 \right) =$$
$$= 5,41 + 9,21 + 2 + 8,57 + 3,8 + 5,37 = 34,36$$

Сменная производительность харвестера VALMET 931 составит

$$P_{см} = \frac{60(420 - 20) \cdot 0,95 \cdot 0,26}{34,36} = 163,9 \text{ м}^3 / \text{смену}$$

3.3 .Технология сортиментной заготовки с использованием харвестера

При разработке лесосек харвестером делянка разбивается на пасеки шириной 12–16 м, которые равны сумме длины выпиливаемого сортимента и максимальной длины вылета манипулятора. Разработку бригадной делянки харвестер начинает с ее правого края, перемещаясь в сторону от лесовозного уса . Таким образом, стена леса располагается с левой стороны от харвестера.

Ближайшее дерево захватывается харвестерной головкой и валится на стену леса в направлении перпендикулярном движению харвестера. Вершинная часть спиливаемого дерева при помощи манипулятора харвестера направляется между стволами соседних деревьев. Это позволяет снизить скорость падения дерева и дает возможность оператору обрабатывать ствол дерева без его приземления.

Сразу после отделения комлевой части дерева от пня, включается механизм протаскивания ствола дерева, и автоматически приводится в действие механизм отмера длины первого сортимента. После перемещения ствола дерева на расстояние, соответствующее длине сортимента, вальцы останавливаются и в работу включается механизм пиления. Сам процесс пиления длится 3–5 с в зависимости от диаметра дерева. Для второго и последующих сортиментов цикл работы харвестерной головки повторяется в зависимости от заданной программы раскрытия хлыстов. Последним выпиливается вершинный сортимент, диаметр которого составляет 8–10 см. По своему дальнейшему использованию в промышленности – это рудничная стойка длиной 3–4 м. Вершинная часть дерева сбрасывается на землю впереди харвестера и служит для укрепления волока. Вал сучьев располагается ближе к левой стороне пасеки и в дальнейшем будет служить трелевочным

волоком для форвардера. Заготовленные сортименты располагаются с правой стороны по ходу движения харвестера. Схема работы харвестера при укладке сортиментов под углом к волоку показана на рис. 3.4.

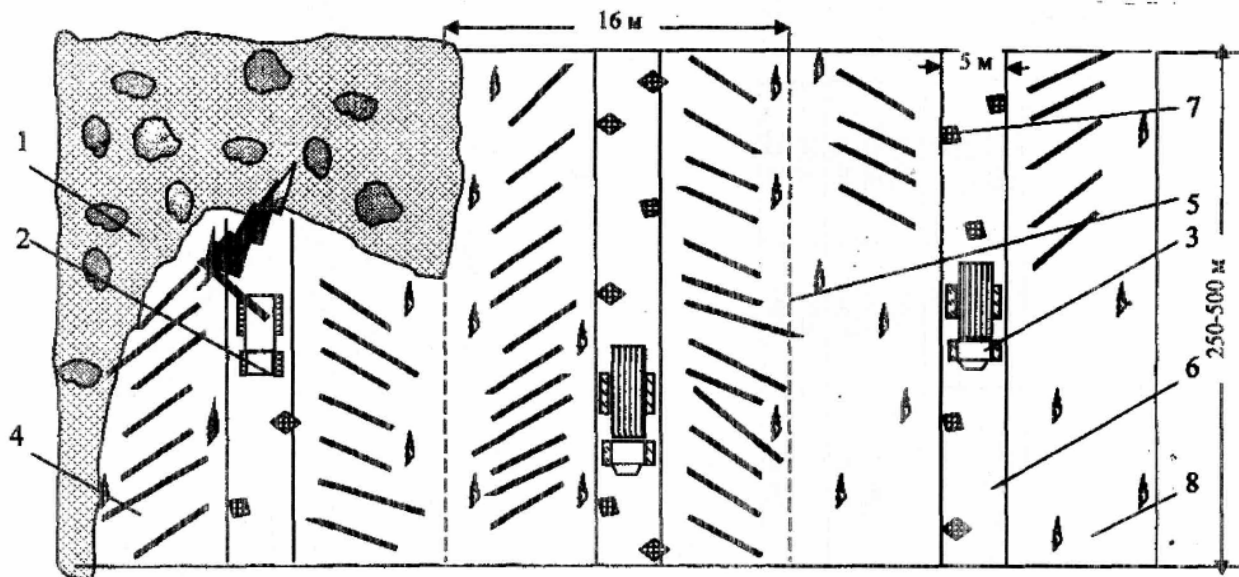


Рис. 3.4 . Технологическая схема разработки пасек:

1 – растущий лес; 2 – харвестер; 3 – форвардер; 4 – сортименты; 5 – граница пасеки; 6 – пасечный волок; 7 – порубочные остатки; 8 – вырубка

Форвардер, прибыв на лесосеку и развернувшись, начинает движение по направлению к лесовозному уссу, собирая сортименты, размещенные слева от него. Манипулятором форвардера можно производить подсортировку лесоматериалов по породам, диаметрам, длинам и качеству. После набора пачки требуемого объема форвардер движется к погрузочному пункту, где он выгружает сортименты в штабель. Ширина штабеля сортиментов примерно равна средней длине выпиленных сортиментов, его высота составляет около 5 м, а по протяженности он может соответствовать длине бригадной деланки.

Организация труда при заготовке с помощью харвестеров и форвардеров строится по бригадному принципу. Бригада оснащается одним харвестером и двумя форвардерами, причем харвестер в бригаде является ведущим механизмом. Работая в составе бригады, операторы лесозаготовительных машин обязательно должны выдерживать безопасное расстояние между машинами, которое должно быть более 50 м.

3.4. Техника безопасности при работе харвестера и форвардера

Для машинистов харвестера и форвардера разработана типовая инструкция по охране труда ТОИ Р-15-053-97, которая вступила в действие с 1 января 1998 года. Перед началом работы машинист должен получить от мастера леса задание,

на каком участке лесного массива он должен работать. Задание вместе с абрисом разрабатываемой делянки заносится в бортовой компьютер харвестера, при этом не допускается самовольный переезд машин на другой участок.

До запуска механизма машинист должен убедиться в исправности всех узлов и технологического оборудования. Проверке подлежат: крепление технологического оборудования, защитное ограждение кабины, работа звуковой сигнализации и осветительных приборов, крепление защитных устройств. Все операции по регулировке технологического оборудования, техническому обслуживанию и ремонту рекомендуется проводить при остановленном двигателе.

При заправке машины топливом и маслом необходимо пользоваться специальными приспособлениями, исключающими попадание горюче-смазочных материалов на землю. Перед запуском двигателя машинист должен убедиться в том, что рукоятки управления машиной и навесным технологическим оборудованием находятся в нейтральном положении, гидросистема отключена и на вращающихся деталях отсутствуют посторонние предметы. При осмотре и ремонте стрелы манипулятора, цилиндров, рукавов гидросистемы, которые находятся на высоте более 1,5 м, необходимо пользоваться лестницей.

После запуска двигателя машинист должен проверить все механизмы машины и технологического оборудования на холостом ходу. При обнаружении неисправности и невозможности ее устранения своими силами машинист должен сообщить о ней механику участка.

Перед началом перемещения машины на лесосеку машинист должен убедиться в отсутствии людей вблизи машины и на пути ее движения, должен подать звуковой сигнал и только после этого начинать движение. При движении на расстояние более 50 м технологическое оборудование должно быть приведено в транспортное положение. Территорию на расстоянии двойной высоты древостоя от места валки следует ограждать знаками безопасности.

Во время работы машинистам запрещается:

- оставлять машину без наблюдения при работающем двигателе;
- садиться или выходить из кабины на ходу машины или во время работы технологического оборудования;
- стоять под поднятым технологическим оборудованием;
- оставлять рабочие органы в поднятом положении;
- производить смазку и регулировку технологического оборудования при работающем двигателе.

Для оператора харвестера рекомендуется во время валки следить за соблюдением 50-метрового разрыва между машиной, производящей валку, и форвардером. Въезд в опасную зону возможен только с разрешения оператора харвестера, о чем он предупреждает подачей звукового сигнала. При нарушении безопасной зоны работа харвестера должна быть немедленно приостановлена. Машинист харвестера должен выдерживать требования к волоку, по которому будет передвигаться форвардер. Эти требования заключаются в спиливании деревьев на волоке заподлицо с землей, выдерживании минимальных радиусов закруглений волоков не менее 30 м и в соответствии размещения волоков на местности данным технологической карты разработки лесосеки.

Для оператора форвардера рекомендуется производить движение по следу харвестера. При работе машинист должен выполнять следующие требования техники безопасности:

- развороты машины необходимо производить на участках, где отсутствуют пни и другие препятствия;
- движения вниз по склону и преодоление препятствий рекомендуется производить на первой передаче;
- через поваленные деревья или их части рекомендуется переезжать под прямым углом, а через канавы и рвы – под углом не более 20° ;
- запрещается оставлять форвардер на склоне, а в случае временной вынужденной остановки рекомендуется подложить под колеса упоры и опустить на землю манипулятор.

Машинисту форвардера не разрешается:

- производить резкое торможение и маневрирование;
- высовывать голову из кабины во время движения;
- работать с открытой кабиной или разбитыми стеклами;
- производить переключение передач при движении на спусках с грузом.

При транспортировке сортиментов машинист форвардера должен следить за тем, чтобы никто не находился в 10-метровой зоне вокруг формируемой пачки и движущейся машины.

Валка деревьев в равнинной местности должна быть прекращена при скорости ветра более 11 м/с, а в горной местности – при скорости ветра более 8,5 м/с. Работа трелевочных машин должна быть прекращена во время ливневого дождя, при грозе, сильном снегопаде, густом тумане (видимость менее 50 м), в темное время суток, если освещенность рабочих зон менее установленной нормы освещенности рабочего места 6 люкс. Все операторы лесозаготовительных машин должны уметь оказать первую доврачебную помощь. О каждом несчастном случае следует известить мастера леса или соответствующего руководителя работ.

По окончании работ машинист обязан:

- поставить машину на охраняемую стоянку;
- привести технологическое оборудование в транспортное положение;
- рукоятки управления машиной и технологическим оборудованием привести в нейтральное положение;
- выключить гидронасосы, остановить двигатель, отключить аккумулятор, закрыть двери кабины на замок;
- очистить машину от грязи и сучьев.

4. Сортиментная заготовка с применением процессора

Технологию заготовки сортиментов с помощью процессоров относят к смешанной технологии, поскольку валка деревьев производится с применением валочно-пакетирующих машин, трелевка производится колесными или гусеничными тракторами с пачковыми захватами, а обработка пачек деревьев осуществляется на верхнем складе при помощи процессора. В отечественной и зарубежной специальной литературе существует некоторая путаница в таких понятиях, как

харвестер и процессор. И это вполне объяснимо, т.к., например, харвестер, работающий на погрузочной площадке по сути является тем же процессором. В отличие от так называемой «скандинавской технологии», технология заготовки сортиментов при помощи процессоров пришла в Россию из Канады и США, где она получила наибольшее распространение. По данным фирмы «John Deere» 85 % лесозаготовок в Канаде осуществляется хлыстовым методом, но вывозка древесины с лесосеки производится в сортиментах.

Интерес к сортиментной заготовке с помощью процессоров и опыту Канады и США объясняется тем, что условия лесозаготовок в североамериканских странах близки к российским. К ним относятся: сплошная рубка леса, температурные режимы от -45° до $+45^{\circ}$, снежный покров толщиной до 1,5 м, каменистые или заболоченные лесные массивы, насаждения со значительным преобладанием листовых пород при большом количестве толстых сучьев.

В России имеются предпосылки внедрения смешанной технологии заготовки сортиментов даже на базе отечественного оборудования. Так, валка деревьев может производиться валочно-пакетирующей машиной МЛ-135 (рис. 4.1).



Рис. 4.1 Валочно-пакетирующая машина МЛ-135

Помимо этого, можно использовать машины ЛП-19Б, МЛ-119А, ЛП-60-01А и т.д., которые относятся к валочно-пакетирующим машинам экскаваторного типа, поскольку именно экскаватор в свое время был взят за основу при разработке их

конструкции. Особенности конструкции валочно-пакетирующих машин обусловлены следующими различиями:

- по маркам применяемых двигателей;
- конструкции и вылетам манипуляторов;
- типу захватно-срезающего устройства;
- типу режущего органа.

Так, захватно-срезающее устройство может быть с накопителем деревьев или без него. Причем наличие накопителя деревьев значительно повышает производительность механизма, особенно при разработке тонкомерных древостоев. К машинам такого типа относится машина МЛ-135. В качестве режущего органа большинства валочно-пакетирующих машин чаще всего применяется цепной пильный механизм. Однако за последние годы созданы новые образцы техники с пильными дисками, цилиндрическим фрезами и ножами силового резания. Каждый из этих режущих органов имеет свои достоинства и недостатки, которые не оказывают большого влияния на производительность механизмов. Ниже приводится краткая техническая характеристика отечественных валочно-пакетирующих машин.

Таблица 4.1

Характеристика валочно-пакетирующих машин
экскаваторного типа

Показатель	Марка механизма		
	МЛ-135	МЛ-119	ЛП-60-01А
Мощность двигателя, кВт	150	125	99,3
Масса, т	22,15	25,45	24,1
Скорость передвижения, км/ч:			
- на пониженной передаче	2	2,4	-
- на повышенной передаче	5	4,8	4,4
Максимальный диаметр срезаемого дерева, см	56	90	90
Вылет манипулятора, м:			
- наибольший	9,4	12,75	8
- наименьший	4,0	7,6	3,5
Статическое давление на грунт, кПа	65	70	70
Количество деревьев в накопителе	5	-	-
Часовая производительность по чистому времени работы, шт./ч	170	130	56

Фактическая сменная производительность отечественных валочно-пакетирующих машин зависит от среднего объема хлыста и времени цикла на обработку одного дерева. Время на валку и пакетирование одного дерева сопоставимо со временем цикла харвестера и находится в пределах 25–35 с. Валочно-пакетирующие машины экскаваторного типа работают без холостых ходов, что вполне объяснимо, если учесть их малые скорости перемещения по лесосеке. Возможны две принципиальные схемы разработки лесосеки:

- укладкой пачек деревьев на трелевочный волок;
- с укладкой пачек под углом к волоку.

При работе по первой схеме площадь занимаемая пачками деревьев, составляет около 18% от всей площади лесосеки. При ширине разрабатываемой ленты 14,8 м и ширине прохода 3,2 м машина типа ЛП-19 позволяет сохранять 73% подроста.

При работе по второй схеме площадь, занимаемая пачками деревьев, составляет 44% площади лесосеки, отсюда и сохранность подроста ниже всего 50–55%. Валочно-пакетирующие машины, вследствие большой массы и высокого давления на грунт, в летний период проведения лесозаготовок не обеспечивают сохранность природной среды. Поэтому во многих регионах России они имеют ограничения по условиям применения.

Трелевка пачек деревьев к погрузочным пунктам осуществляется гусеничными или колесными тракторами с пачковым захватом. На рис. 4.2 показана конструкция отечественного колесного трелевочного трактора с пачковым захватом МЛ-56.



Рис. 4.2 Колесный трелевочный трактор с пачковым захватом МЛ-56

Ниже приводятся основные технические характеристики отечественных трелевочных тракторов с пачковым захватом (пачкоподборщиков).

Таблица 4.2

Характеристика отечественных пачкоподборщиков

Показатель	Гусеничные подборщики		Колесные пачкоподборщики	
	МЛ-136	ЛТ-230	МЛ-56	ТЛК-4-01
Базовый трактор	ТБ-1М-15	ТЛТ-100-06	К-703М	150
Мощность двигателя, кВт	88	88	184	132
Масса машины, кг	14600	14100	18000	14500
Объем трелеваемой пачки, м ³	7	8	7	7

В качестве процессора может применяться сучкорезно-раскряжевочная машина ЛО-120 (рис. 4.3). Машина предназначена для разделки древесины на сортименты на верхних или нижних складах, т.е. там где применение стационарных раскряжевочных установок неэффективно из-за небольших объемов переработки древесины. Годовая производительность процессора составляет 25 тыс. м³ при сменной выработке 56 м³/чел.-дн.

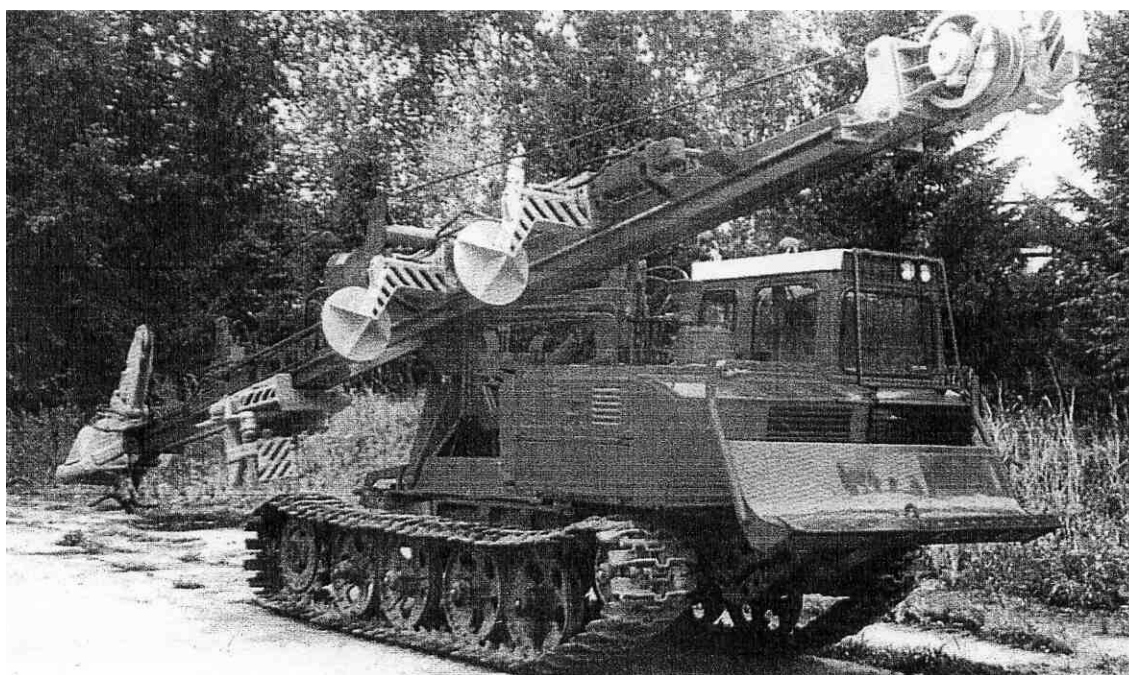


Рис. 4.3 Сучкорезно-раскряжевочная машина ЛО-120

Процессор выполняет следующие технологические операции:

- захват ствола дерева из пачки;
- срезание сучьев и отмер двух типоразмеров длин сортиментов;

- раскряжевка хлыста на сортименты;
- сортировка сортиментов на два штабеля.

В таблице 4.3 приводятся основные технические характеристики процессоров ЛО-120 и ЛО-123.

Таблица 4.3

Технические характеристики отечественных процессоров

Показатель	Марка	
	ЛО-123	ЛО-123
База процессора	ЛП-30Г	МТЗ-80
Масса, т	12,83	10,60
Длина захвата, м	8,3	6,3
Диаметр обрабатываемых деревьев, см	6–40	4–40
Механизм пиления	цепная пила	
Длина выпиливаемых сортиментов, м	4–6	кратная 1 м
Усилие протаскивания, кН	29,4	-
Максимальный диаметр срезаемых сучьев, см	15	8

В качестве процессора может применяться валочно-пакетирующая машина МЛ-119А с харвестерной головкой PREMIO-650, разработанная Ковровским экскаваторным заводом. Харвестерная головка навешивается на манипулятор с вылетом 9,2 м и позволяет обрабатывать деревья диаметром до 65 см. Мощности двигателя машины в 125 кВт достаточно для обрезки сучьев диаметром до 53 см, что позволяет применять машину в смешанных древостоях России. К недостаткам следует отнести высокую массу машины, которая составляет 24,5 т и низкую скорость ее перемещения – до 4,8 км/ч. Это ухудшает условия применения машины при разработке разрозненных лесосек и создает сложности в перебазировке лесозаготовительной техники с одного верхнего склада на другой.

5. Погрузка древесины на подвижной состав лесовозной дороги

Несмотря на значительный объем погрузочных работ в лесозаготовительной промышленности, их трудоемкость относительно невелика. Это является следствием полной механизации процесса, который основан на использовании двухстреловых и телескопических манипуляторов, установленных на лесовозных автомобилях. На рис. 5.1 (см.цветную вкладку) показан момент погрузки древесины из штабеля сортиментов на самопогружающийся автомобиль. Наличие манипулятора несколько снижает грузоподъемность лесовозного автомобиля, но самопогружающийся автомобиль полностью автономен и может успешно работать на небольших и отдаленных друг от друга лесосеках.

Манипулятор может устанавливаться на автомобиль либо сразу за кабиной, либо на конце его грузовой платформы. В последнем случае это позволяет использовать автомобиль как тягач с грузовым прицепом. На предприятиях лесного комплекса, имеющих значительные объемы заготовки древесины и использующих совместно хлыстовую и сортиментную технологии лесозаготовок, лесовозные автомобили иногда работают в паре: один из автомобилей оборудован манипулятором, а другой – нет. Это несколько снижает производительность на вывозе древесины, но при этом значительно уменьшаются затраты на организацию производства.

Наибольшее распространение в России получили манипуляторы СФ-65, ПЛ-70, ЛВ-185-14. Ниже приводятся их основные технические характеристики.

Таблица 5.1

Характеристики отечественных манипуляторов

Показатель	СФ-65	ПЛ-70	ЛВ-185-14
Подъемный момент, кН· м	65	70	90
Максимальный вылет, м	7,1	7,3	7,8
Угол поворота, град.	415	400	400
Допустимая нагрузка, кгс			
- при вылете 3 м	2000	2590	3000
- при максимальном вылете	900	970	1150
Ход удлинения стрелы, м	1,05	1,2	1,2
Снаряжение	ротатор + грейферный захват		
Масса, кг (без ротатора и грейфера)	1650	1850	1770
Высота подъема груза, м	9,3	8,5	9,7

Основным снаряжением гидроманипулятора является грейферный захват с ротатором. Ниже приводятся технические характеристики грейферных захватов.

Таблица 5.2

Техническая характеристика грейферных захватов

Показатель	ЛВ-184А.05	ЛВ-185.49	ЛВ-201.04	ЛВ-185.61
Масса, кг	164	196	250	225
Максимальное раскрытие, мм	1390	1430	1860	1825
Площадь поперечного сечения, м ²	0,35	0,35	0,4	0,4

На рис. 5.2 представлены основные технические характеристики гидроманипулятора ЛВ-185-14, который может устанавливаться на различные модели базовых автомобилей: «Урал», КамАЗ, КрАЗ и МАЗ.

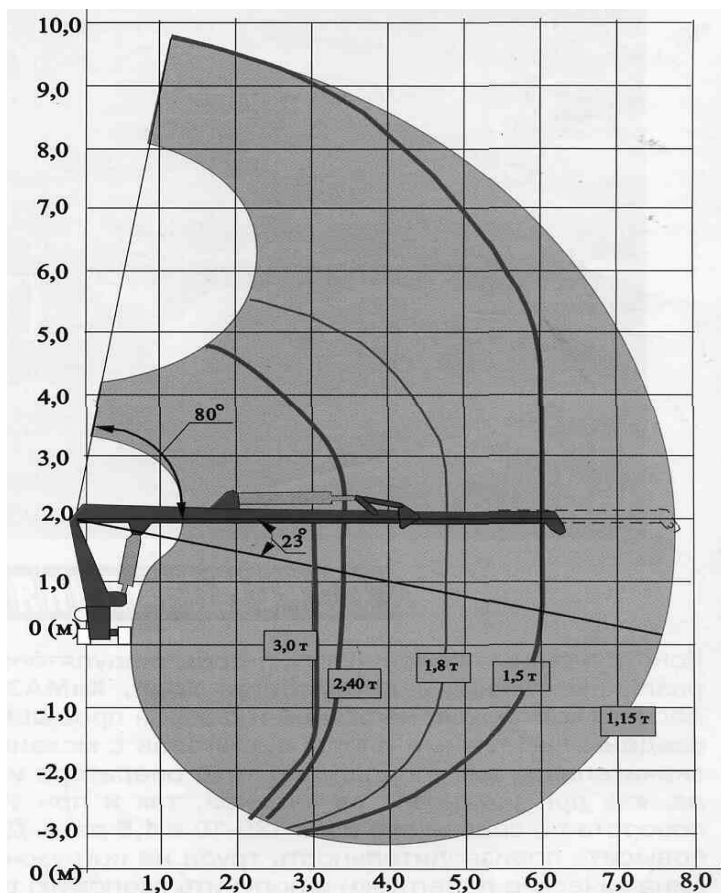


Рис. 5.2 Грузо–подъемные характеристики гидроманипулятора ЛВ-185-14

6. Выбор системы машин для сортиментной заготовки древесины

В лесной промышленности традиционно сложилось так, что главной технологической машиной в лесу является трелевочный механизм, т.е. при сортиментной заготовке это форвардер. Каким образом валить деревья и разделять их на сортименты, бензиномоторными пилами или харвестерами – это вопрос в первую очередь экономический и социальный, и только во вторую очередь – технологический. Если в регионе достаточно рабочей силы для работы в качестве вальщиков леса и уровень их заработной платы намного ниже, чем у операторов харвестеров, то с приобретением последнего можно подождать. А вот когда стоимости ручной и машинной заготовки древесины сравняются – тут и придет время задуматься о приобретении харвестера. Поскольку предполагается, что

речь идет о промышленной заготовке древесины, то и техника должна быть специализированной, а не универсальной. Правда универсальная техника или так называемый «фермерский вариант» также могут найти своего потребителя в лице мелких лесозаготовителей, которые совмещают заготовку древесины с другими видами деятельности. В странах (в том числе и скандинавских), где фермеры занимаются лесозаготовками только в зимний период, такой вариант вполне оправдан. Однако следует помнить, что производительность универсальных машин всегда будет ниже, чем у специализированной техники, а следовательно, и стоимость заготовки древесины будет выше.

Анализ номенклатуры лесозаготовительных тракторов показывает, что в настоящее время потребителям техники в России предлагается 211 моделей, из них 48 моделей скиддеров, 97 моделей харвестеров и 66 моделей форвардеров. Доля техники для хлыстовой заготовки составляет 35% от общего числа поставляемых машин. С импортными производителями техники пытается конкурировать отечественный концерн «Тракторные заводы» (г.Петрозаводск), но он собственными разработками лесной техники не занимается. Вместо этого он буквально покупает мировой опыт. Так, в 2006 году концерн приобрел 80% акций датской фирмы «SILVATEC». Производство тракторов в Дании предполагается сохранить и частично перенести на Онежский тракторный завод (ОТЗ), который длительное время был одним из двух поставщиков техники для отечественных предприятий. Как правило, модельный ряд российских машиностроительных заводов представляет собой незначительно модернизированную лесозаготовительную технику, разработанную более 30 лет назад. По сравнению с импортной она обладает ценовым преимуществом, т.к. ее стоимость в 2–4 раза ниже зарубежных аналогов. Однако импортная техника, как правило, надежнее и производительнее. Кроме того, стоимость ее эксплуатации может оказаться ниже, если учесть все затраты на простой, связанные с ремонтом.

Таким образом, перед российскими лесозаготовителями со всей остротой стоит вопрос о том, какую технологию следует предпочесть и какую технику для этого следует закупать. Все факторы, определяющие затраты, связанные с внедрением новой техники, можно разделить на 3 группы: количественные, природно-географические и стоимостные.

К числу основных количественных факторов относятся:

- средний объем хлыста;
- среднее расстояние трелевки;
- производительность лесозаготовительной техники.

В число природно-географических факторов входят:

- породный состав древостоя;
- тип древостоя;
- характеристика почвенно-грунтовых условий.

Стоимостные факторы включают в себя:

- стоимость машин;
- стоимость и периодичность технического обслуживания техники;
- размер оплаты труда операторов машин.

Кроме указанных выше факторов, большое влияние на затратный механизм оказывает вид рубки. Так если предприятие вынуждено работать в самых разнообразных условиях и заниматься различными видами рубок, в том числе и рубками ухода за лесом, то ему целесообразнее применять средние по размерам универсальные машины. Если же предприятие имеет возможность четкого планирования работ по одному виду рубок, то предпочтение следует отдать специализированным лесным машинам. Для рубок промежуточного пользования нужны одни машины, а для концентрированных рубок главного пользования – совершенно другие. Правильный выбор техники позволит рационально использовать инвестиционные средства и получить максимальный эффект от их вложения.

Следует остановиться на способах комплектации систем машин для сортиментной заготовки древесины. В мире существует огромное количество лесных машин, которые выпускаются в колесном, комбинированном или гусеничном вариантах. В настоящее время предпочтение отдано машинам первого типа, поскольку машины на гусеничном ходу и частично машины с комбинированным двигателем относятся к машинам тяжелого класса и используются там, где имеются сложные условия лесозаготовок и где требуется максимальная проходимость техники. Поэтому главное, чему надо отдать предпочтение при выборе техники, – это надежность машин и их приспособляемость к условиям лесозаготовок при возможности эффективной эксплуатации. Следует помнить, что в настоящее время технику для «скандинавской технологии» лучше самих скандинавов еще никто не научился делать. Именно поэтому мировыми лидерами лесозаготовительной техники для сортиментной заготовки древесины являются фирмы из Финляндии и Швеции. Даже производители из Германии пока еще уступают скандинавам, не говоря уж о российских и белорусских производителях.

Очевидно, что значительно рациональнее приобретать харвестер и форвардер одного производителя. «Разнобой» в моделях ни к чему хорошему не приведет. Так, при этом усложняется эксплуатация разнотипной техники, увеличиваются затраты на обслуживание и ремонт, возникают проблемы с организацией сервиса и т.д. Более детальные рекомендации можно сделать в каждом конкретном случае, с учетом многообразия всех факторов, влияющих на деятельность лесозаготовительного предприятия.

Выбор системы машин для сортиментной заготовки древесины удобнее производить по экономическим критериям. Экономически оптимальной является такая система, которая обеспечивает заготовку древесины в заданных объемах при минимальных затратах. В качестве критерия оптимальности обычно принимаются минимальные приведенные затраты на закупку, освоение и внедрение новой техники. Их можно выразить как

$$ПЗ = \frac{C + E \cdot K}{W} \rightarrow \min ,$$

где C – полная сумма затрат на заготовку древесины, отгружаемой с верхнего склада, тыс. руб.;

K – инвестиционные затраты, связанные с внедрением новой техники, тыс. руб.;

E – нормативный коэффициент экономической эффективности;

W – годовой объем заготовки древесины по производственному участку, тыс. м³.

При проведении экономических расчетов удобнее пользоваться стоимостными показателями, приведенными к 1 м³ заготовленной древесины. К ним относятся: условная себестоимость заготовки 1 м³ древесины по фазе лесосечных работ C_0 и удельные капиталовложения, отнесенные к 1 м³ древесины K_0 .

Себестоимость заготовки 1 м³ древесины по фазе лесосечные работы может быть подсчитана по формуле:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5, \quad (6.1)$$

где C_1 – размер платы за пользование лесными ресурсами, находящимися в федеральной собственности, отнесенный к 1 м³ древесины, руб./м³;

C_2 – затраты на подготовку территории лесосеки для промышленной заготовки древесины, отнесенные к 1 м³, руб./м³;

C_3 – затраты на основные лесосечные работы, отнесенные к 1 м³ заготовленной древесины, руб./м³;

C_4 – затраты на погрузку 1 м³ заготовленной древесины, руб./м³;

C_5 – затраты на проведение лесовосстановительных работ, отнесенные к 1 м³ древесины, руб./м³.

Размер платы за пользование лесными ресурсами, находящимися в федеральной собственности, следует принимать по данным организации лесного хозяйства, в чьем ведении находилась расчетная лесосека. Разделив сумму оплаты за пользование древесиной на корню на общий объем древесины, находящийся на расчетной делянке, можно вычислить размер платы за пользование лесными ресурсами в пересчете на 1 м³ заготовленной древесины.

Затраты на подготовку территории лесосеки к промышленной заготовке древесины включают в себя две основные составляющие:

- заработную плату рабочих, занятых на подготовительных работах;
- стоимость содержания механизмов, работающих на подготовительных работах.

Основанием для расчета стоимости затрат на подготовку лесосек является ведомость трудозатрат на выполнение подготовительных работ, которая составляется на основании схемы транспортного освоения расчетной делянки. Из этой схемы принимаются следующие объемные показатели:

- площадь расчетной делянки, га;
- общая длина растески границ бригадных делянок, зон безопасности, трасс лесовозных дорог, км;
- общая протяженность трасс лесовозных усов, км;
- количество погрузочных площадок, шт.

Путем умножения объемов подготовительных работ на соответствующую норму выработки получают трудозатраты на определенный вид подготовитель-

ных работ. Фонд денежных средств на оплату труда рабочих подготовительных работ определяется путем умножения ставки дневной заработной платы одного рабочего на суммарные трудозатраты. Среднюю ставку рабочего на подготовительных работах рекомендуется принимать по материалам производственно-хозяйственной деятельности данного предприятия. Стоимость содержания механизмов, занятых на подготовительных работах, определяется как сумма затрат на содержание отдельных образцов техники. Последняя определяется как произведение стоимости содержания одной машино-смены данного механизма на количество отработанных смен, которое принимается из ведомости трудозатрат на проведение подготовительных работ.

Таким образом, затраты на подготовку территории лесосеки, отнесенные к 1 м^3 заготовленной древесины, можно определить по формуле

$$C_2 = \frac{\delta_n \cdot \sum T_n + \sum C_n}{W}, \quad (6.2)$$

где δ_n – средняя дневная заработная плата 1 рабочего на подготовительных работах, руб./смену;

$\sum T_n$ – общие трудозатраты на проведение подготовительных работ, чел.-дн.;

$\sum C_n$ – общая стоимость содержания механизмов занятых на подготовительных работах, руб.

Затраты на основные лесосечные работы та же включают в себя:

- денежные средства на выплату заработной платы рабочим, входящим в состав лесозаготовительной бригады;
- затраты на содержание механизмов, занятых на заготовке древесины.

Фонд заработной платы бригады рассчитывается исходя из размера тарифных ставок и надбавок, действующих на данном предприятии для различных категорий рабочих. Общая стоимость содержания механизмов, занятых на основных лесосечных работах, подсчитывается как сумма затрат на содержание механизмов, задействованных на отдельных операциях.

Сменное задание на бригаду принимается по норме выработки на ведущий механизм: при использовании бензиномоторных пил и форвардеров – это форвардер; при использовании харвестеров и форвардеров – это харвестер.

Затраты на основные лесосечные работы, отнесенные к 1 м^3 заготовленной древесины, определяются по формуле

$$C_3 = \frac{\sum \delta_l + \sum C_l}{Z_{бр}}, \quad (6.3)$$

где $\sum \delta_l$ – фонд заработной платы лесозаготовительной бригады, руб.;

$\sum C_n$ – общая стоимость содержания 1 машино-смены всех механизмов, занятых на основных лесосечных работах, руб./смену;
 $Z_{бр}$ – сменное задание на бригаду, м³.

Операция погрузки древесины организационно связана с ее вывозкой. Для случая, когда на погрузке древесины на лесовозный транспорт используются манипуляторы, смонтированные на самопогружающихся автомобилях, стоимость погрузки 1 м³ древесины приближенно может быть определена из соотношения

$$C_4 \approx \frac{M_a C_a}{100q\Pi_a}, \quad (6.4)$$

где M_a – нагрузка на рейс лесовозного автомобиля, м³;

C_a – стоимость содержания 1 машино-смены лесовозного автомобиля, руб.;

q – средний объем хлыста, м³;

Π_a – сменная производительность лесовозного автомобиля, м³/смену.

Затраты на лесовосстановительные работы, отнесенные к 1 м³ заготовленной древесины, можно определить по формуле

$$C_5 = \frac{C_{за} f}{Q}, \quad (6.5)$$

где $C_{за}$ – стоимость лесовосстановления 1 га вырубki, руб./га;

f – коэффициент несохранения подроста на лесосеке;

Q – запас древесины на 1 га площади, м³/га.

Стоимость лесовосстановительных работ на 1 га вырубki принимается по данным соответствующей организации лесного хозяйства, а в случае выполнения этого вида работ лесозаготовительным предприятием – по данным его производственно-хозяйственной деятельности.

Коэффициент несохранения подроста на площади лесосеки рассчитывается по формуле

$$f = \frac{S_n}{S_o}, \quad (6.6)$$

где S_n – площадь под трассами лесовозных усов, погрузочными пунктами, трелевочными волоками и т.д., т.е. там, где подрост не сохраняется, га;

S_o – общая площадь расчетной делянки, га.

Расчет размера инвестиций, связанных с внедрением новой техники, производится с учетом ее использования в течение дня, недели, месяца, года. Количество бригад, занятых на лесосечных работах, определяется по формуле с округлением расчетной величины до целого числа

$$n = \frac{W_c}{Z_{бр} \cdot n_{см}}, \quad (6.7)$$

где $W_{см}$ – суточное задание производственному участку на заготовку сортиментов и их штабелевку, м³;

$n_{св}$ – количество рабочих смен.

Суточное задание на заготовку древесины определяется исходя из годового и месячного заданий с учетом прекращения работы в выходные и праздничные дни, а также в периоды, когда производство лесосечных работ невозможно из-за природно-климатических явлений. Это могут быть дни с низкой температурой воздуха, с дождями и грозами, сильными ветрами и т.д. Таким образом, количество нерабочих дней в году определяется местными условиями размещения лесозаготовительного предприятия и организацией работы лесных машин.

Рассмотрим организацию работы лесных машин в современных условиях. Практика показала, что оставлять оборудование в лесу без присмотра – дело далеко не безопасное. Результатом таких экспериментов будет слитое топливо, масло, снятые магнитолы, аккумуляторы, галогенные фары и т.д. Поэтому оптимальным решением для современной России является организация круглосуточной работы лесных машин либо их охрана во внерабочее время. Первый вариант предпочтительнее с экономической точки зрения, но он потребует подготовки не менее трех операторов на одну лесозаготовительную машину. Они будут работать в вахтовом режиме, сменяя друг друга в соответствии с установленным графиком. Для организации такого режима труда и отдыха потребуется либо вахтовая машина, либо прицеп, оборудованный для отдыха и проживания операторов машин. Практика показала, что можно использовать двух операторов, которые ежедневно будут работать по 11–12 часов. Подобрать двух операторов на одну машину – вполне реальная задача, трех – на порядок сложнее, четырех – почти невозможно. Поэтому решать вопрос о количестве рабочих смен должен руководитель производства, опираясь при этом на свой опыт и кадровый потенциал работников предприятия.

Расчет размера инвестиций по различным системам машин для сортиментной заготовки древесины рекомендуется проводить с использованием формы, представленной в табл. 6.1. В таблице приведен пример расчета затрат на инвестиции в производство, характеризующееся следующими данными:

- годовой объем заготовки древесины – 80,0 тыс. м³;
- количество рабочих дней в году – 250;
- суточный объем заготовки сортиментов – 320 м³.

Таблица 6.1

Расчет затрат на инвестиции, связанные с внедрением новой техники

Марка машины или механизма	Количество рабочих машин		Списочное число машин	Цена одной машины, тыс. руб.	Балансовая стоимость машин, тыс.руб.
	в бригаде	на участке			
Базовый вариант системы машин					
Бензопила Хусварна 372	3	9	18	23,660	425,880
Форвардер МЛ-131	1	3	3	2875,000	8625,000
Итого машин на основных лесосечных работах					9050,880
Машины и оборудование на подготовительных работах (принимается 10% от стоимости механизмов на основных лесосечных работах)					905,088
Общие капиталовложения по базовому варианту системы машин для лесосечных работ					9955,968
Конкурирующий вариант систем машин					
Харвестер VALMET-931 (занят в 2 смены)	1	1	1	15 134,314	15 134,314
Форвардер VALMET-840 (занят в 2 смены)	2	2	2	3916,000	7832,000
Итого машин на основных лесосечных работах					22 966,631
Машины и оборудование на подготовительных работах (принимается 10% от стоимости механизмов на основных лесосечных работах)					2296,631
Общие капиталовложения по конкурирующему варианту системы машин для лесосечных работ					25 262,945

Удельные капиталовложения, связанные с внедрением новой техники, можно рассчитать путем деления общих капиталовложений на годовой объем заготовки сортиментов. В рассмотренном примере они составят:

- для базового варианта системы машин $K_{01} = 124,45$ руб./м³;
- для конкурирующего варианта $K_{02} = 315,79$ руб./м³.

Одним из факторов, определяющих возможность инвестирования в новое производство, является срок окупаемости инвестиционных средств. Его можно определить по формуле

$$T = \frac{K_{02} - K_{01}}{C_{01} - C_{02}}, \quad (6.8)$$

где C_{01} и C_{02} – себестоимость заготовки 1 м³ древесины соответственно при базовом и предлагаемом варианте системы машин, руб./м³.

На практике вопрос о внедрении новой системы машин для производства сортиментов иногда может формулироваться следующим образом: на сколько должна снизиться себестоимость заготовки 1 м³ древесины, если инвестируемые средства должны быть погашены в течение 5 лет.

Из формулы (6.8) можно записать

$$C_{01} - C_{02} = \frac{K_{02} - K_{01}}{T}.$$

подставив в формулу значения из таблицы 6.1, получим

$$C_{01} - C_{02} = \frac{315,79 - 12,45}{5} = 38,27 \text{ руб./м}^3$$

т.е. для окупаемости инвестиционных средств в течение 5 лет предприятию необходимо снизить себестоимость заготовки 1 м³ древесины на 38,27 руб./м³.

Список использованной литературы

1. Скурихин В.И. Скандинавская технология заготовки леса./В.И.Скурихин,В.П.Корпачев.//Проблемы химико-лесного комплекса: сб. тез. докл. – Красноярск, 1999.–С. 39–41.
2. Скурихин В.И. Технология и оборудование лесопромышленных производств: учебное пособие/В.И.Скурихин,В.П.Корпачев.–3-е изд., перераб. и доп. – Красноярск: Сиб. ГТУ, 2004. – 186 с.
3. Большаков Б.М. Некоторые аспекты сортиментной технологии./Б.М.Большаков//Лесная промышленность: –1997.–1. – С. 16– 8.
4. Шелепов В.В. Лесосечные работы: учебное пособие/ В.В.Шелепов,А.А.Титунин;под ред.В.В. Шелепова; Костром. технол. ин-т. – Ярославль, 1991. – 47 с.

Оглавление

Предисловие.....	3
1. Два способа лесозаготовок.....	4
2. Сортиментный способ лесозаготовок с применением бензиномоторных пил.....	6
2.1 Рекомендации по выбору бензиномоторной пилы для сортиментной заготовки древесины.....	6
2.2 Приемы валки деревьев.....	9
2.3 Обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов.....	10
2.4 Производительность бензиномоторных пил на заготовке сортиментов.....	10
2.5 Техника безопасности на валке деревьев, обрезке сучьев и раскряжевке.....	14
2.6 Обзор конструкции форвардеров для транспортировки сортиментов.....	16
2.7 Расчет сменной производительности форвардера.....	19
2.8 Технология лесозаготовок с применением бензиномоторных пил.....	20
3. Сортиментный способ лесозаготовок с применением харвестеров.....	23
3.1 Обзор конструкции харвестеров.....	23
3.2 Расчет сменной производительности харвестера.....	26
3.3 Технология сортиментной заготовки с использованием харвестера.....	33
3.4 Техника безопасности при работе валочно-сучкорезно-раскряжевной машины (харвестера) и трелевочно-транспортной машины (форвардера).....	34
4. Сортиментная заготовка с применением процессора.....	36
5. Погрузка древесины на подвижной состав лесовозной дороги.....	41
6. Выбор систем машин для сортиментной заготовки древесины.....	43
Список использованной литературы.....	52