

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. П. Матвейко, П. А. Протас**

# **ТЕХНОЛОГИЯ И МАШИНЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано  
учебно-методическим объединением по образованию  
в области природопользования и лесного хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия для студентов  
учреждений высшего образования  
по специальности 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»*

Минск 2015

УДК 630\*36(076.5)(075.8)  
ББК 43.90я73  
М33

Рецензенты:

кафедра «Тракторы и автомобили»  
УО «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»,  
(доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой *Ю. Д. Карпиевич*);

кандидат технических наук, главный специалист отдела  
промышленного производства Министерства лесного хозяйства  
Республики Беларусь *А. А. Ермалицкий*

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».*

**Матвейко, А. П.**

М33      Технология и машины лесосечных работ. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело» / А. П. Матвейко, П. А. Протас. – Минск : БГТУ, 2015. – 118 с.  
ISBN 978-985-530-420-4.

В учебно-методическом пособии изложены конструкции механизмов и машин, которые могут найти применение в лесозаготовительном производстве, и правила их эффективной эксплуатации. Приведены перечень лабораторных работ по учебной дисциплине «Технология и машины лесосечных работ» и справочные материалы, необходимые для их выполнения. В каждой лабораторной работе даются задания и методики их выполнения, приводится содержание отчета, предлагаются контрольные вопросы для проверки усвоения материала.

**УДК 630\*36(076.5)(075.8)**  
**ББК 43.90я73**

**ISBN 978-985-530-420-4**

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2015  
© Матвейко А. П., Протас П. А., 2015

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебным планом дисциплины «Технология и машины лесосечных работ» для специальности 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело» предусмотрено проведение лабораторных занятий, целью которых является закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях, практических занятиях, а также в результате самостоятельной работы студентов с учебной литературой.

Для подготовки к выполнению лабораторных работ студенты должны самостоятельно проработать необходимый теоретический материал и записать нужные сведения по выполняемой работе. В начале каждой лабораторной работы проводится контрольный опрос группы, в результате которого преподаватель делает заключение о допуске студента к выполнению лабораторной работы. После подготовки рабочего места осуществляется непосредственное выполнение работы, обработка результатов и оформление отчета.

Перед началом проведения лабораторных работ студенты должны ознакомиться с инструкцией по технике безопасности и расписаться в журнале. Выполнение лабораторных работ без инструктажа по технике безопасности запрещается.

При выполнении лабораторных заданий от студентов требуется самостоятельное проведение теоретических исследований и обработки результатов, а также операций по измерению требуемых параметров после предварительного изучения устройства, особенностей работы и безопасных методов труда.

Изучая конструкцию машины или устройства, принцип его работы, выполняя измерения и анализируя результаты расчетов, студенты получают первоначальные практические навыки проведения исследовательских работ, учатся правильному использованию измерительных инструментов и приспособлений. По мере выполнения работ закрепляются полученные знания и приобретается умение самостоятельного творческого решения поставленных задач. Такие знания помогут будущему специалисту (инженеру) грамотно проектировать и организовывать технологические процессы лесозаготовок, эффективно эксплуатировать технику, находить рациональные решения при выборе систем машин и механизмов для конкретных условий эксплуатации.

Работа принимается после предъявления ее преподавателю (оформленной в соответствии с требованиями) и последующей защиты.

## ЦЕПНЫЕ ПИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

**Цель работы:** изучить назначение пильного аппарата для пиления древесины, классификацию и конструктивные особенности его составных частей (пильной цепи, шины, ведущей и ведомой звездочек, устройства натяжения пильной цепи и крепления пильного аппарата к корпусу пилы), предъявляемые к ним требования, правила обслуживания, исследовать и провести анализ влияния различных факторов на прочность элементов пильных цепей.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы пильных цепей, шин, пильного аппарата в сборе, учебные макеты, инструмент для обслуживания пильного аппарата (напильники, шаблоны, заточное устройство и др.), подборка учебных фильмов и плакатов «Цепные пильные аппараты».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы уточнить следующее – классификация пильных цепей, общее устройство цепного пильного аппарата. Изучить методику расчета на прочность элементов пильной цепи.

### Цепные пильные аппараты для пиления древесины

*Пильный аппарат* является основным узлом цепного срезающего механизма и состоит из пильной шины, пильной цепи, ведущей и ведомой (может отсутствовать) звездочек, устройства для закрепления пильной шины, натяжного приспособления пильной цепи, а также в некоторых конструкциях имеется амортизатор.

*Пильная шина* служит направляющей для пильной цепи, имеющей хвостовики, для чего на ее ребрах делают канавки. При резании направляющая шина, так же как и пильная цепь, подвергается сильным нагрузкам. Поэтому шина изготавливается из износостойкого материала и проходит дополнительную обработку для улучшения ее свойств. Она должна обладать достаточной упругой жесткостью.

На цепных пилах устанавливаются консольные пильные шины, что позволяет спиливать деревья, диаметр которых в два раза превышает свободную длину шины.

Для уменьшения потерь мощности на трение цепи о шину на ее головке могут устанавливаться направляющие ведомые звездочки различного диаметра, которые вместе с подшипниковым узлом крепятся с помощью заклепок непосредственно на шине или на сменном элементе, в том числе с пружинным амортизатором.

Ширина паза пильной шины соответствует толщине ведущих звеньев пильной цепи, что обеспечивает точное направление пильной цепи и снижает вследствие этого износ направляющей шины и пильной цепи. Толщина пильной шины принимается на 2–5 мм меньше ширины пропила, чтобы избежать ее зажима в пропиле. Для уменьшения массы пильной шины в ней могут быть проемы различных форм и размеров.

Имеются различные типы направляющих шин: сплошные шины с концом, армированным твердым сплавом (рис. 1, *а*); шины с направляющим устройством (ведомой звездочкой) на подшипниках качения, установленном на сменном элементе (рис. 1, *б*); шины с встроенной ведомой звездочкой (рис. 1, *в*).

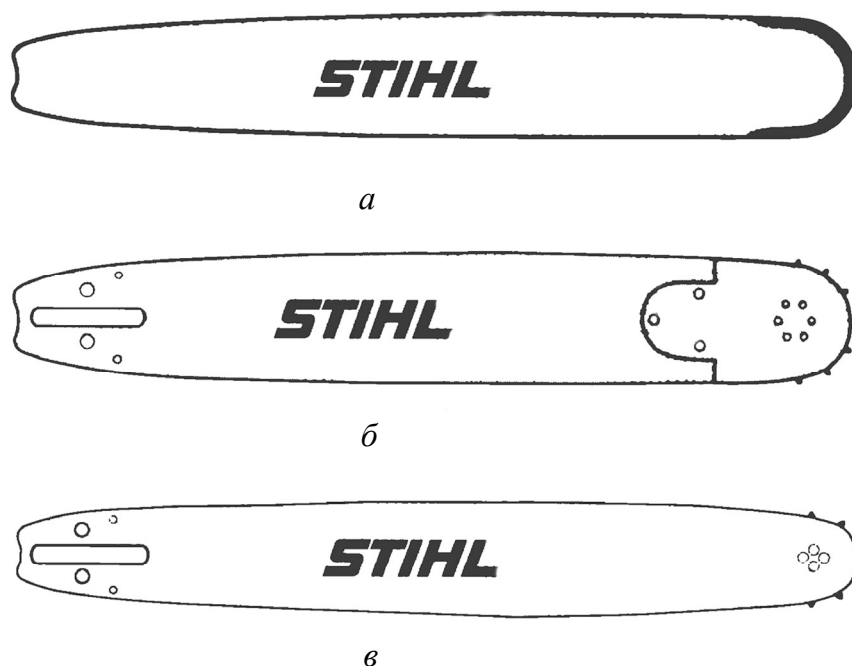


Рис. 1. Пильная шина:

*а* – с концом, армированным твердым сплавом; *б*, *в* – с ведомой звездочкой

Направляющие шины с концом, армированным твердым сплавом, обладают упругой жесткостью и являются особенно износостойкими. Пружинящие свойства шины делают ее чрезвычайно

упругой и нечувствительной к искривлениям. Такие шины оправдали себя на моторных пилах большой мощности при чрезвычайно высоких нагрузках.

В направляющих шинах с ведомой звездочкой звездочка установлена на концевой головке в кольце из цилиндрических роликов. Она перемещает пильную цепь от одной стороны шины к другой и благодаря этому значительно снижает трение на концевой головке (трение качения вместо трения скольжения). Подшипник ведомой звездочки смазывается маслом для цепей, попадающим к нему через паз в шине. Ведомая звездочка может заменяться в комплекте при ремонте.

Направляющая шина с ведомой звездочкой по сравнению с шиной, армированной твердым сплавом, способствует повышению производительности резания на 10% при одинаковой мощности привода.

Направляющая шина защищена от коррозии лаковым покрытием на основе синтетических смол. Это способствует увеличению долговечности пильного аппарата в жестких условиях эксплуатации.

*Ведущая звездочка* передает мощность двигателя на пильную цепь, устанавливается на валу двигателя пилы или выходном валу редуктора и снабжена зубьями и направляющими для пильной цепи. Число зубьев ведущей и ведомой звездочек находится в диапазоне 6–15, обычно принимается одинаковым и, по возможности, нечетным.

Ведущая звездочка может быть выполнена как одно целое с барабаном муфты сцепления или не иметь жесткого соединения с ним (кольцо-звездочка), что облегчает процесс ее замены. Для увеличения срока службы звездочка выполняется симметричной, и при износе зубьев с одной стороны ее можно ставить на вал другой.

*Натяжное приспособление* предназначено для регулировки натяжения пильной цепи, чтобы она не выпадала во время работы из направляющих пильной шины, и состоит из винта и гайки. Регулировка натяжения цепи производится путем вращения гайки по винту и изменения тем самым расстояния свободной длины пильной шины. Излишнее монтажное натяжение цепи приводит к росту потерь энергии на трение и скорейшему износу пильного аппарата. Некоторые новые конструкции пил дооборудуются

быстронатяжным устройством пильной цепи, в котором линейное перемещение пильной шины обеспечивается путем вращения от руки специальной натяжной звездочки.

*Устройство для закрепления пильной шины* в консольных пильных аппаратах – болтовое. Оно позволяет не только жестко крепить шину, но и поворачивать ее для свободного надевания пильной цепи или же уменьшения габаритов пилы при транспортировке.

*Пильная цепь* – главный элемент пильного аппарата, ею производится пиление. От режущих свойств и конструкций пильной цепи зависит производительность и область применения цепных пил.

Пильные цепи можно классифицировать:

– *по форме зубьев или назначению*: с зубьями Г-образного профиля, имеющими сложную форму и выполняющими всю работу по образованию дна и стенок пропила, а также транспортированию опилок (универсальные для пиления под любым углом); с плоскими зубьями, каждый из которых выполняет определенную работу при пилении (для поперечного пиления);

– *по высоте профиля* (высоко- или низкопрофильные в зависимости от высоты режущей кромки над плоскостью направляющей шины, первые используют в профессиональных целях для получения максимальной производительности, а вторые устанавливают на бензопилы любительского класса, так как благодаря увеличенной площади опоры у режущих звеньев и сниженной толщине срезаемой стружки они более безопасны);

– *по шагу цепи* (расстоянию между тремя последовательно расположенными осями заклепок, деленному на два) все существующие цепи подразделяются на пять групп с шагом 1/4” (6,35 мм), 0,325” (8,25 мм), 3/8” (9,3 мм), 0,404” (10,26 мм) и 3/4” (19,05 мм). В российских цепях шаг цепи – это расстояние между осями двух ближайших заклепок. Принято также выделять мелкозвенные цепи с шагом до 15 мм и крупнозвенные – свыше 15 мм. Пильные цепи имеют торговую марку ПЦУ (Российская Федерация, например ПЦУ-10,26), STIHL-Oilomatic (Германия), OREGON (Швеция) и др.

Пильные цепи состоят из правых 1 и левых 2 Г-образных строгающих зубьев, направляющих 3, соединительных звеньев 4 и заклепок 5 (рис. 2).

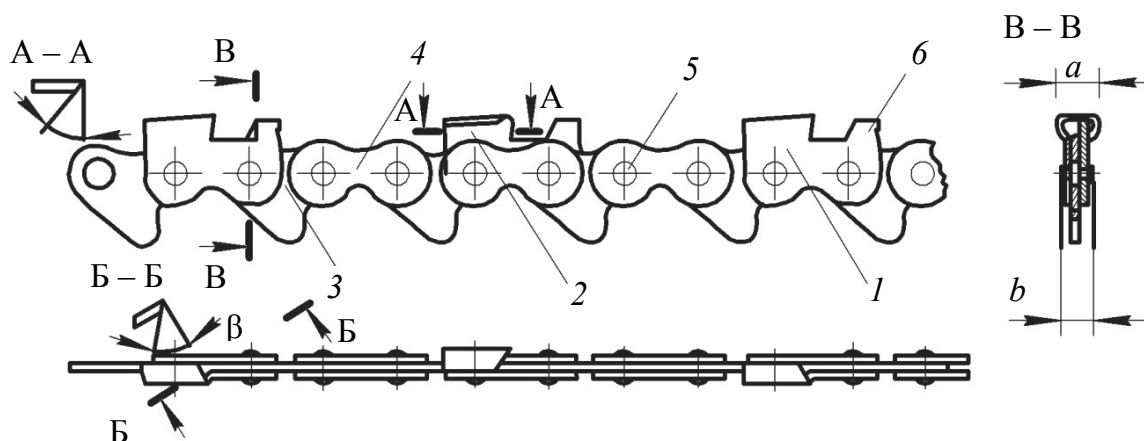


Рис. 2. Пильная цепь с Г-образными зубьями:  
 1 – правый строгачный зуб; 2 – левый строгачный зуб;  
 3 – направляющее звено; 4 – соединительное звено; 5 – заклепки;  
 6 – ограничитель подачи

Г-образные зубья крепятся на боковых звеньях в шахматном порядке без пропусков либо с пропуском. Впереди каждого зуба имеется ограничитель подачи *б*, который ограничивает толщину снимаемой зубом стружки и транспортирует опилки из пропила. Толщина стружки зависит от изменения высоты ограничителя подачи зуба относительно его режущей кромки. У пильных цепей со слабой отдачей перед соответствующим режущим зубом вместо соединительного звена имеется звено с тремя горбами, которое способствует плавному врезанию режущего зуба в древесину.

Направляющие звенья расположены в среднем ряду и снабжены хвостовиками, входящими в пазы пильной шины и в зацепление с ведущей звездочкой. Все звенья цепи соединены между собой заклепками, причем средний ряд подвижен относительно наружных рядов.

В соответствии с формой режущего зуба имеются следующие виды исполнения пильной цепи со строгачными зубьями. Цепи с закругленной лопаткой зуба (рис. 3, *а*) годятся главным образом для полупрофессионалов. Цепи с полудолотообразными зубьями (рис. 3, *б*) имеют меньшее сопротивление резанию и достигают хороших результатов при резании всех древесных пород. Цепи с долотообразными зубьями (рис. 3, *в*, *г*) обеспечивают хорошие результаты при распиловке твердой и мерзлой древесины. Цепи, оснащенные пластинками твердого сплава (рис. 3, *д*), используют преимущественно для резания загрязненной и особенно твердой древесины. Цепи со специальной закругленной формой – чипперы (рис. 3, *е*) – рекомендуются для профессиональных моторных инструментов и для машинной валки деревьев.



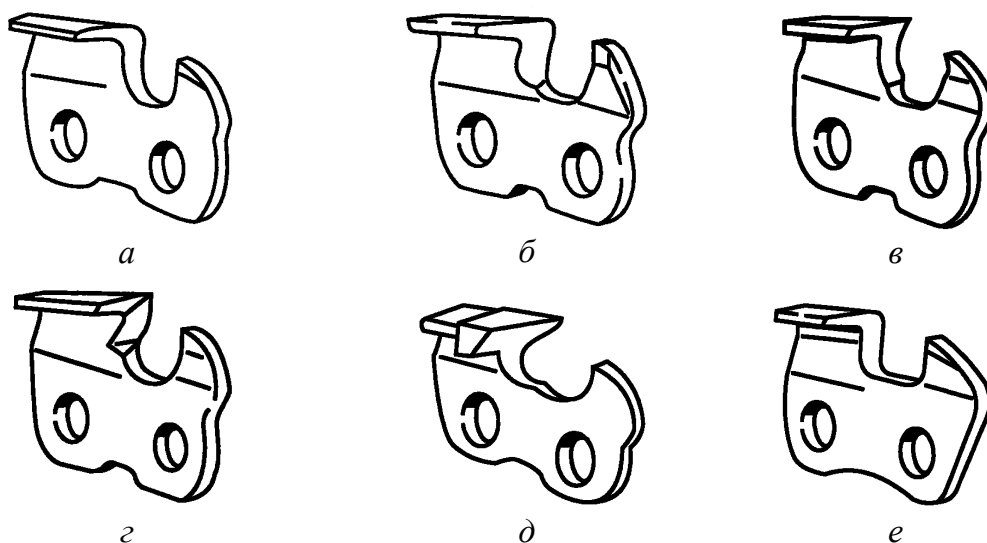


Рис. 3. Режущие зубья Г-образной формы:  
*a* – с закругленной лопаткой; *б* – полудолотообразные;  
*в, г* – долотообразные; *д* – с пластинами твердого сплава;  
*е* – закругленные (чипперы)

Пильные цепи с зубьями Г-образного профиля по сравнению с плоскими имеют ряд преимуществ: универсальность, т. е. возможность пиления древесины под любым углом к направлению волокон без заметного снижения производительности; меньшее усилие подачи, отсутствие перегрузки двигателя и более безопасные условия работы благодаря наличию ограничителя подачи; простота подготовки (заточки и правки) пильных цепей к работе; обрабатываемая поверхность остается более чистой. Основными недостатками таких пильных цепей являются большая удельная работа резания при поперечном пилении по сравнению с цепями с плоскими зубьями и невозможность регулирования подачи на зуб в процессе пиления, что не позволяет эффективно использовать мощность двигателя пилы при переменной высоте пропила.

### **Обслуживание цепных пильных аппаратов**

Для эффективной и безопасной работы с цепными пильными аппаратами необходимо уделять должное внимание их обслуживанию.

Ввиду того, что лучше всего работать с режущей гарнитурой, детали которой «приработались» друг к другу, то их замену необходимо производить по схеме (1–2–4): одна шина – две ведущие звездочки – четыре цепи. При работе постоянно используются две

цепи. Если они изношены, то при их замене устанавливается также новая ведущая звездочка. Если изношены четыре цепи, то необходимо заменить также и пильную шину.

В процессе эксплуатации для равномерного износа необходимо поворачивать пильную шину. Следует также регулярно очищать монтажные отверстия в шине, отверстие для смазки пильного аппарата, направляющий паз для пильной цепи. При обнаружении заусенцев на шине их необходимо снять плоским напильником.

Монтаж пильного аппарата и натяжение пильной цепи производится в следующей последовательности:

- выключается тормоз пильной цепи;
- откручиваются шестигранные гайки крепления пильного аппарата и снимается крышка;
- устанавливается пильная цепь со стороны вершины пильной шины на ведомую звездочку и в пазы шины;
- помещается шина на болты механизма крепления и надевается пильная цепь на ведущую звездочку (цапфа, регулирующая натяжение цепи, должна попасть в отверстие в шине для натяжения цепи);
- устанавливается крышка и слегка затягиваются гайки крепления;
- производится натяжение пильной цепи вращением натяжного винта. Цепь натянута правильно, если нижняя ее ветвь не провисает под шиной, без усилия рукой можно проворачивать цепь по шине, а также возможно легко приподнять цепь в середине шины настолько, чтобы хвостовик цепи находился на одинаковой вышине с краем шины;
- надежно затягиваются гайки крепления пильного аппарата ключом.

В процессе эксплуатации необходимо контролировать натяжение цепи, при необходимости осуществлять ее регулировку. Для этого необходимо выключить двигатель, дать цепи остыть, слегка отпустить натяжение гаек крепления пильного аппарата и произвести натяжение цепи.

Новая цепь растягивается чаще, поэтому должна быть отрегулирована несколько раз в первые часы работы. Для этого после натяжения цепи следует запустить двигатель и несколько минут вращать цепь с небольшой скоростью, одновременно проверить подачу масла на пильный аппарат. Выключить двигатель и отрегулировать натяжение пильной цепи. Далее запустить двигатель

и распилить небольшой ствол в 4–5 местах. Выключить двигатель, дать цепи остыть и вновь натянуть ее. Эту регулировку повторять, пока цепь не будет больше растягиваться.

При регулировке натяжения цепь всегда должна быть холодной.

Пильная цепь должна быть правильно заточена. Лучше производить более частые заточки со снятием небольшого слоя материала зуба (при каждой заправке топливного бака выполнять несколько движений напильником).

Для заточки цепи применяются ручные инструменты: круглый напильник (его диаметр должен соответствовать типу и шагу цепи), плоский напильник для регулировки ограничителя подачи, держатель напильника, шаблон для заточки зубьев и ограничителя подачи.

При заточке цепи требуется хорошо зафиксировать положение пильной шины и цепи (установить пильную шину в заточной зажим, в сделанный в тонком дереве вертикальный надрез или зажать пилу между бедрами). Заточка с использованием шаблона позволяет выдерживать правильный угол заточки цепи. Шаблон устанавливается на цепи стрелками в сторону ее вращения (к концевой части пильной шины). Круглый напильник устанавливается под прямым углом по отношению к роликам шаблона. Затачиваются сразу все зубья одной стороны ровными движениями напильника от себя (к острию режущего зуба) без чрезмерного прижатия инструмента. Затем, повернув пилу, затачиваются зубья с другой стороны. Опытный оператор может также производить заточку пильной цепи без применения шаблона. Выдерживать правильный угол заточки в этом случае позволяет сервисная маркировка пильной цепи (на спинке зуба нанесена черта, параллельно которой необходимо держать напильник).

Угол заточки зуба цепи (рис. 4) должен быть в пределах 25–35° (25° – для твердой и мерзлой древесины, 35° – для мягкой древесины). Завод-изготовитель поставляет цепи с углом заточки режущего зуба 30°.

Углы заточки и высота всех зубьев на цепи должны быть одинаковыми. Может понадобиться переточка цепи (например, при попадании на камень или другие твердые предметы), все зубья перетачиваются под самый короткий зуб. После заточки зуба необходимо отрегулировать ограничитель подачи на зуб (0,7–0,9 мм), для твердой

древесины принимается меньшее значение. При обычном износе рекомендуется перетачивать ограничитель подачи после 3–5 заточек режущего зуба. Эта операция также может осуществляться с использованием шаблона.

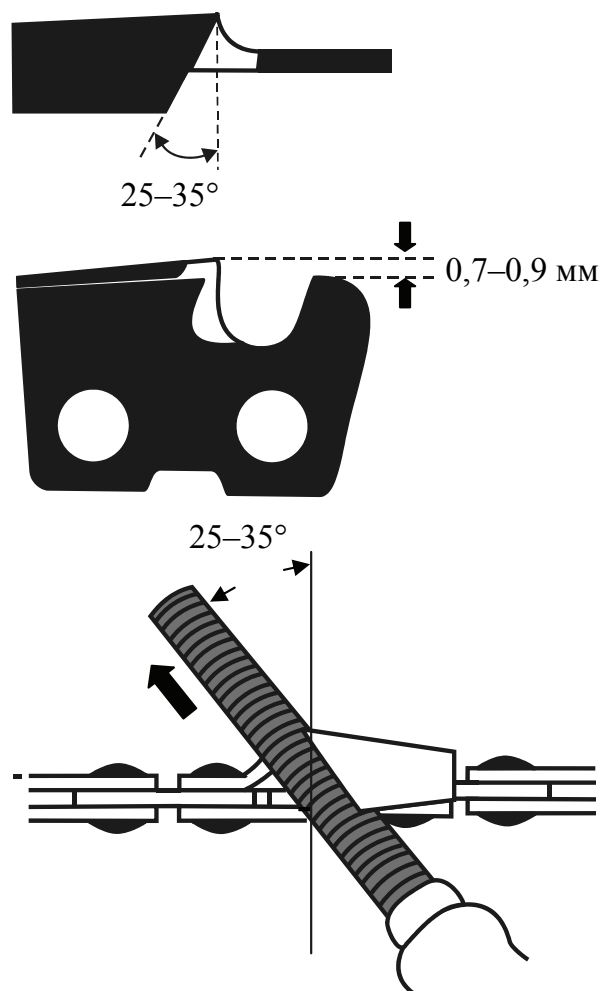


Рис. 4. Заточка режущего зуба

Если на пильной цепи появились трещины, или длина режущего зуба в результате переточек стала короче 4 мм, то ее следует заменить.

### Проверочный расчет пильной цепи на прочность

Проверка пильной цепи на прочность заключается в определении напряжений в соединительных элементах при максимальных нагрузках, возникающих в процессе пиления.

Максимальное усилие, растягивающее цепь в процессе пиления,

$$S = Z + P_m + P_{ц} + P_d,$$

где  $Z$  – максимальное тяговое усилие на ведущей звездочке, Н;  $P_m$  – сила монтажного натяжения цепи, Н;  $P_{ц}$  – нагрузка от действия центробежных сил, Н;  $P_d$  – динамическая нагрузка, Н.

Максимальное тяговое усилие на ведущей звездочке

$$Z = \frac{1000 \cdot N_d \cdot k_m \cdot \eta}{v},$$

где  $N_d$  – номинальная мощность приводного двигателя, кВт;  $k_m$  – коэффициент перегрузочной способности данного двигателя ( $k_m = 1,0$ );  $\eta$  – КПД передачи от двигателя на цепь ( $\eta = 0,85$ );  $v$  – скорость резания, м/с.

Нагрузка от центробежных сил

$$P_{ц} = \frac{q_{ц} \cdot t_{ц} \cdot z_{зв} \cdot v^2}{g \cdot R_o},$$

где  $q_{ц}$  – вес одного погонного метра цепи, Н/м;  $t_{ц}$  – шаг цепи, м;  $z_{зв}$  – число зубьев звездочки (9–15);  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup> ( $g = 9,81$ );  $R_o$  – радиус ведущей звездочки, м.

Радиус ведущей звездочки

$$R_o = \frac{t_{ц}}{2 \cdot \sin \frac{90}{z_{зв}}}.$$

Динамическая нагрузка

$$P_d = \frac{q_{ц} \cdot L_{ц} \cdot t_{ц} \cdot n_{зв}^2}{360 \cdot g},$$

где  $L_{ц}$  – общая длина цепи, м;  $n_{зв}$  – частота вращения ведущей звездочки, мин<sup>-1</sup>:

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot v}{z_{зв} \cdot t}.$$

Для определения напряжений в элементах пильной цепи составляется расчетная схема нагружения (рис. 5).

Основные размеры элементов цепей приведены в табл. 1. Величина допустимых напряжений зависит от марки стали, из которой изготовлены элементы цепи.

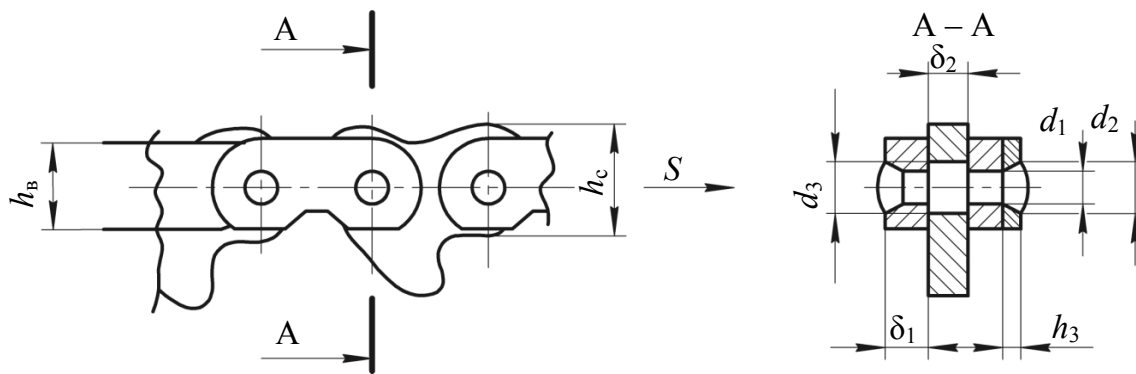


Рис. 5. Основные размеры элементов пильной цепи

Таблица 1

**Характеристики пильных цепей**

Параметры	ПЦУ-10,26	ПЦУ-12,7	ПЦУ-15М
Ширина пропила $B$ , мм	8,8	9,1	8,1
Вес 1 п. м, Н/м	3,33	3,63	3,83
Толщина звеньев, мм:			
боковых $\delta_1$	1,65	1,65	1,5
средних $\delta_2$	1,65	1,65	1,8
Высота звеньев в опасном сечении, мм:			
боковых $h_b$	8,0	10,0	12,0
средних $h_c$	11,0	12,0	14,0
Диаметры отверстий, мм:			
в боковых звеньях $d_1$	3,3	4,0	4,0
зенковки $d_2$	4,2	5,0	5,0
в средних звеньях $d_3$	4,8	6,3	6,3
Глубина зенковки $h_3$ , мм	0,5	0,5	0,5

Боковые и средние соединительные звенья цепи проверяются на разрыв в наиболее опасном сечении.

Напряжение в боковом соединительном звене

$$\sigma_{p1} = \frac{S \cdot K_3}{2 \left[ h_b \cdot \delta_1 - \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot h_3 - (\delta_1 - h_3) \cdot d_1 \right]} \leq [\sigma_p],$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса прочности ( $K_3 = 3-4$ );  $h_b$  – высота боковых соединительных звеньев в опасном сечении, мм;  $\delta_1$  – толщина боковых соединительных звеньев, мм;  $d_1$  и  $d_2$  – диаметры заклепок и зенковки, мм;  $h_3$  – глубина зенковки, мм.

Напряжение в среднем соединительном звене

$$\sigma_{p2} = \frac{S \cdot K_3}{2[h_c - d_3] \cdot \delta_2} \leq [\sigma_p],$$

где  $h_c$  – высота среднего соединительного звена в опасном сечении, мм;  $d_3$  – диаметр шарнира, мм;  $\delta_2$  – толщина среднего соединительного звена, мм.

Боковые и средние соединительные звенья цепей для ручных мотоинструментов изготавливаются из стали 7ХНМ, а шарниры (защелки) – из сталей 65Г или 15Х.

В табл. 2 приведены марки сталей и их основные механические свойства.

Таблица 2

**Механические свойства легированных сталей, применяемых для изготовления элементов пильных цепей**

Марка стали	Допускаемые напряжения, Н/мм <sup>2</sup>					
	растяжение [ $\sigma_p$ ]	изгиб [ $\sigma_{и}$ ]	срез [ $\tau_{ср}$ ]	кручение [ $\tau_k$ ]	смятие [ $\sigma_{см}$ ]	контактные [ $P_o$ ]
7ХНМ	450	–	–	–	–	–
65Г	350	430	210	260	520	1300
15Х	210	145	125	155	320	1050

Шарниры цепей проверяются на срез, смятие и по контактными напряжениям.

Напряжение среза в шарнире

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot S \cdot K_3}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\tau_{ср}].$$

Напряжение смятия в шарнире

$$\sigma_{см} = \frac{S \cdot K_3}{2d_1^2 \cdot \delta_1} \leq [\sigma_{см}].$$

Контактное напряжение в шарнире

$$P_o = \frac{S \cdot K_3}{d_3 \cdot \delta_2} \leq [P_o].$$

### *Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых приспособлений и инструментов.

2. С использованием натуральных образцов пильных цепей, шин, пильного аппарата в сборе, учебных макетов и методической литературы изучить назначение, общее устройство пильного аппарата, конструктивные особенности его составных частей и предъявляемые к ним требования.

3. Ознакомиться с правилами обслуживания пильного аппарата.

4. С использованием инструмента для обслуживания пильного аппарата после визуального осмотра режущей гарнитуры произвести замер основных параметров и заточку пильной цепи.

5. В соответствии с выданным заданием выполнить расчет элементов пильной цепи на прочность и сделать анализ результатов расчета.

### *Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение пильного аппарата, наименование его деталей, классификация и конструктивные особенности, предъявляемые требования.

2. Последовательно излагаются вопросы подготовки и обслуживания пильного аппарата, данные по замерам угла заточки и других параметров зубьев.

3. Приводится методика и результаты расчета элементов цепи на прочность.

4. Формулируются выводы по лабораторной работе.

### **Контрольные вопросы**

- 1. Какие элементы включает цепной пильный аппарат?*
- 2. Классификация и типы пильных цепей, типы пильных шин.*
- 3. Назовите основные элементы пильных цепей.*
- 4. Какие формы Г-образных режущих зубьев Вы знаете?*
- 5. Приведите основную характеристику пильных цепей.*
- 6. Назовите достоинства и недостатки различных типов пильных цепей.*
- 7. Что включает подготовка и обслуживание пильного аппарата?*
- 8. Как правильно произвести натяжение пильной цепи?*
- 9. С какой целью проводится проверочный расчет цепи на прочность?*



## БЕНЗИНОМОТОРНЫЕ ПИЛЫ ДЛЯ ВАЛКИ, ОБРЕЗКИ СУЧЬЕВ И РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ

**Цель работы:** изучить назначение, конструкцию, систему управления и принцип работы бензиномоторных пил для валки, обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов, исследовать и провести анализ влияния различных факторов на производительность бензиномоторных пил на валке деревьев и раскряжке хлыстов, а также освоить особенности безопасной эксплуатации данных механизмов.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы бензопил, их узлов и деталей, подборка учебных фильмов и плакатов «Бензиномоторные пилы».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить классификацию, назначение бензопил, их основные детали и узлы. Ознакомиться с методикой расчета производительности бензопил.

### Устройство и принцип действия бензиномоторных пил

По **назначению** бензиномоторные пилы делятся на два вида: специализированные и универсальные.

К **специализированным** пилам относятся те из них, которые используются без переналадки только на одной операции. В основном это редукторные пилы, отличительная особенность которых – высокое расположение рукояток и возможность устанавливать пильный аппарат в положение для валки деревьев (горизонтальное положение) или для раскряжевки хлыстов (вертикальное) без изменения положения двигателя.

**Универсальные** пилы, как правило, применяются без переналадок на нескольких операциях (валка, очистка деревьев от сучьев или (и) раскряжевка). К ним относятся безредукторные пилы, у которых рукоятки управления расположены вблизи корпуса пилы и положение пильного аппарата (вертикальное или горизонтальное) осуществляется поворотом корпуса пилы.

Все универсальные бензопилы можно условно разделить на *три класса*.

1. Бытовые пилы, предназначенные для работы по мере надобности «от случая к случаю». Как правило, двигатели этих пил небольшой мощности (1,2–2,0 кВт). С помощью такого моторного инструмента можно заготавливать дрова, выполнять другие хозяйственные работы. Они обладают минимумом функциональных возможностей.

2. Полупрофессиональные пилы, способные выполнять любые работы – от ремонтно-строительных до валки деревьев. Мощность двигателя в таких пилах 2,0–2,5 кВт. Однако они не рассчитаны на интенсивную эксплуатацию по 8–10 ч в сутки в течение всего года. Но такие пилы можно использовать на очистке деревьев от сучьев.

3. Профессиональные пилы имеют мощный двигатель (2,6–4,0 кВт) и характеризуются широким спектром функциональных возможностей. Применяются в основном на валке деревьев, раскряжке хлыстов, могут работать ежедневно в течение года по 10–16 ч в сутки.

По *мощности двигателя* бензиномоторные пилы делятся на *легкие* (до 2 кВт), *средние* (2,1–4,0 кВт, предназначены для профессиональных лесозаготовительных работ) и *тяжелые* (более 4,0 кВт, рекомендуются для валки крупномерных деревьев, работы с твердой и мерзлой древесиной).

По *конструкции рам* пилы выпускаются с *высоким* и *низким* расположением рукояток. Последние являются более совершенными ввиду меньшей массы, универсальности и экономичности.

В настоящее время ведущими фирмами, производящими универсальные пилы, являются «Штиль» (Германия) (рис. 6, б) и скандинавский концерн «Электролюкс» (рис. 6, в), в номенклатуре которого более 150 модификаций пил марок «Хускварна» и «Джонсеред». На лесозаготовках в Республике Беларусь находят также применение пилы марок «Партнер», «Шиндайва» и др.

Кроме того, применяются специализированные российские пилы, выпускаемые Пермским машиностроительным заводом, с высоким расположением рукояток «Урал-70», «Урал-76» (рис. 6, а), универсальные безредукторные «Тайга-245», «Урал-44» с низким расположением рукояток.

Бензопилы «Урал-70» и «Урал-76» оснащены двухтактным бензиновым двигателем с частотой вращения коленчатого вала

9000 мин<sup>-1</sup> и безоплавающим карбюратором мембранного типа. Производительность чистого пиления – 140 см<sup>2</sup>/с. В настоящее время они находят ограниченное применение в лесозаготовительном производстве. Они удобны тем, что работающему не нужно сильно наклоняться, кроме того, в них предусмотрен привод для присоединения валочного гидроклина КГМ-1А, что эффективно при работе в крупных насаждениях с диаметрами стволов в месте реза более 40 см.

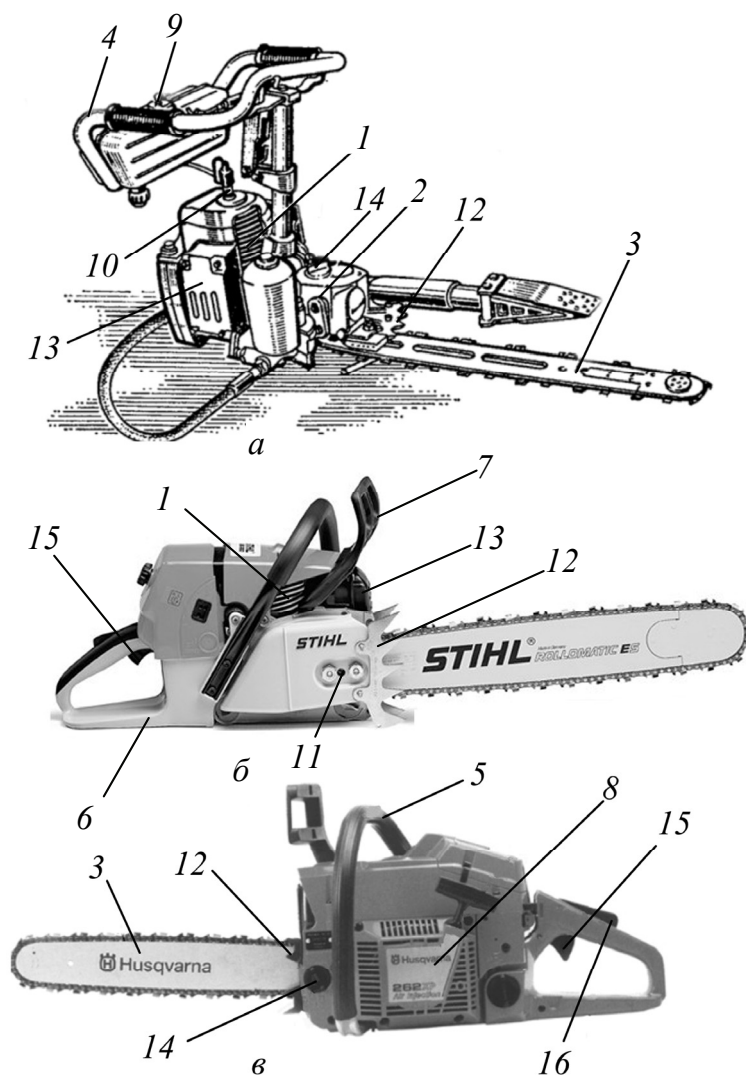


Рис. 6. Общий вид бензиномоторных пил:

- а* – специализированная «Урал-70»; *б* – универсальная «Штиль-MS 361»;  
*в* – универсальная «Хускварна-365»; 1 – двигатель; 2 – редуктор; 3 – пильный аппарат; 4 – рама с рукоятками; 5 – передняя ручка; 6 – заднее устройство для защиты рук; 7 – переднее устройство для защиты рук; 8 – стартер; 9 – пробка топливного бака; 10 – свеча зажигания; 11 – устройство натяжения пильной цепи; 12 – зубчатый упор; 13 – глушитель; 14 – пробка масляного бака; 15 – рычаг дроссельной заслонки; 16 – клавиша блокировки дросселя

Технические характеристики бензопил для валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов приведены в табл. 3 и 4.

Основными узлами бензиномоторных пил всех типов являются: двигатель, муфта сцепления, пильный аппарат, рама с рукоятками, стартер и редуктор (у специализированных редукторных пил).

Таблица 3

**Технические характеристики бензиномоторных пил**

Показатель	Марка бензопилы		
	Урал-70/ Урал-76	Штиль-MS 361	Хускварна-365
Мощность двигателя, кВт	3,3/3,7	3,4	3,4
Скорость пильной цепи, м/с	17,0	20,7	20,7
Рабочая длина пильной шины, м	0,46–0,75	0,37–0,45	0,38–0,70
Пильная цепь	Oregon, 10,26 мм	Oilomatic, 9,32 мм	H42, 9,525 мм

Таблица 4

**Технические характеристики бензиномоторных пил для маломерных насаждений**

Показатель	Марка бензопилы		
	Тайга-245	Штиль-MS 260	Хускварна-353 E-TECH
Мощность двигателя, кВт	2,6	2,6	2,4
Скорость пильной цепи, м/с	11,0	18,3	17,0
Рабочая длина пильной шины, м	0,46	0,37–0,40	0,33–0,50
Пильная цепь	ПЦУ-10,26	Oilomatic, 9,525 мм	H30, 8,255 мм

*Двигатель* – бензиновый, одноцилиндровый, двухтактный, карбюраторный с кривошипно-камерной продувкой, т. е. картер двигателя с поршнем выполняет роль продувочного насоса. Диапазон мощности – 1,5–6,5 кВт. Двигатель состоит из цилиндра, поршня, картера, кривошипно-шатунного механизма и систем: газораспределения, питания, зажигания и охлаждения. Для облегчения запуска цилиндр двигателя снабжен декомпрессионным клапаном.

*Цилиндр* двигателя – литой из алюминиевого сплава и выполнен как одно целое с головкой. Снаружи он имеет развитую поверхность охлаждения в виде ребер. В цилиндре имеются впуск-

ное окно, через которое рабочая смесь поступает в верхнюю его часть, и выпускное окно для выпуска отработанных газов. К патрубку впускного окна крепится карбюратор, к патрубку выпускного окна – глушитель. В головке цилиндра имеется резьбовое отверстие, куда ввертывается свеча зажигания.

*Картер двигателя* – разъемный, литой. На нем крепятся основные узлы двигателя. Он служит камерой для рабочей смеси. Герметичность картера достигается постановкой резиновых сальников в местах выхода коленчатого вала и прокладок между половинками картера и по фланцу цилиндра.

*Кривошипно-шатунный механизм* состоит из шатуна, поршневого пальца, поршня, коленчатого вала и маховика. Поршень отлит из алюминиевого сплава и снабжен двумя компрессионными кольцами, утопленными в канавках. С помощью поршня с кольцами герметизируются рабочие полости цилиндра и картера. Шатун связывает поршень с коленчатым валом. Он соединяется с поршнем через сепаратор игольчатого подшипника посредством запрессованного пальца, который от боковых смещений удерживается двумя кольцевыми пружинными стопорами. Нижняя головка шатуна с шатунными шейками коленчатого вала также соединяется посредством игольчатого подшипника. Коленчатый вал двигателя устанавливается в картере на двух шариковых подшипниках. На одном конце коленчатого вала крепится ведущая часть муфты сцепления, на другом (хвостовике) – маховик с помощью шпонки. Маховик во время рабочего хода поршня аккумулирует энергию и отдает ее в промежутке между рабочими ходами, чем уменьшает неравномерность вращения коленчатого вала.

*Механизм газораспределения* осуществляет своевременный впуск в цилиндр двигателя свежей горючей смеси и выпуск отработанных газов. На двигателях бензиномоторных пил открытие и закрытие впускных, выпускных и перепускных окон осуществляется самим поршнем во время его движения внутри цилиндра вверх-вниз.

*Принцип работы двигателя пилы.* При вспышке горючей смеси в цилиндре освобождается энергия, преобразуемая поршнем и коленчатым валом в движение. Из карбюратора бензиновоздушная смесь попадает в нагнетатель (картер), а оттуда – в камеру сгорания. Свеча зажигания воспламеняет смесь. Под давлением рабочих газов поршень движется вниз. Во время движения вниз

поршень приводит в действие коленчатый вал. Одновременно он управляет открыванием и закрыванием впускного, выпускного и перепускного окон.

Основные элементы, обеспечивающие работу двигателя, представлены на рис. 7. Цикл рабочего процесса в двигателе совершается за два хода поршня или один оборот коленчатого вала и такой двигатель называется двухтактным: первый такт – впуск и сжатие рабочей смеси в камере сгорания; второй – сгорание и выпуск (с одновременным сжатием горючей смеси в картере).

Во время *первого такта* (рис. 7, а) поршень 2 при движении вверх из крайнего нижнего положения, называемого нижней мертвой точкой (н.м.т.), закрывает выпускное 3 и перепускное (продувочное) 7 окна. В камере сгорания 1 происходит сжатие рабочей смеси, а под поршнем в картере 5 создается разрежение. При приближении к крайнему верхнему положению, называемому верхней мертвой точкой (в.м.т.), открывается впускное окно 4 и рабочая смесь, приготовленная в карбюраторе, засасывается в картер 5. Когда головка поршня находится на расстоянии 1,8–3,4 мм от в.м.т., рабочая смесь воспламеняется (*второй такт*). За это время поршень проходит в.м.т. и под действием резко возрастающего давления в результате сгорания рабочей смеси движется вниз (рис. 7, б), совершая рабочий ход. При движении вниз поршень совершает работу и поворачивает коленчатый вал 6. При этом перекрывается впускное окно 4 и сжимается рабочая смесь в картере 5. По мере приближения к н.м.т. поршень открывает сначала выпускное окно 3, через которое отработанные газы выбрасываются наружу, а затем перепускное окно 7. Свежая рабочая смесь, находящаяся в картере под давлением, поступает в цилиндр, одновременно удаляя остатки отработанных газов. Поршень, пройдя н.м.т., под действием энергии маховика начинает двигаться вверх и весь процесс повторяется.

*Система питания двигателя* состоит из топливного бака, карбюратора с встроенным топливным насосом, фильтров (топливного и воздушного), топливопроводов и рычага управления.

Топливо для пил представляет собой смесь 40–50 частей бензина АИ-92 с одной частью масла для двухтактных двигателей.

Топливный бак у безредукторной пилы располагается на корпусе пилы. Поступление топлива из бака к карбюратору осуществляется по топливопроводу. Топливо от механических примесей очищается с помощью сетчатого фильтра.

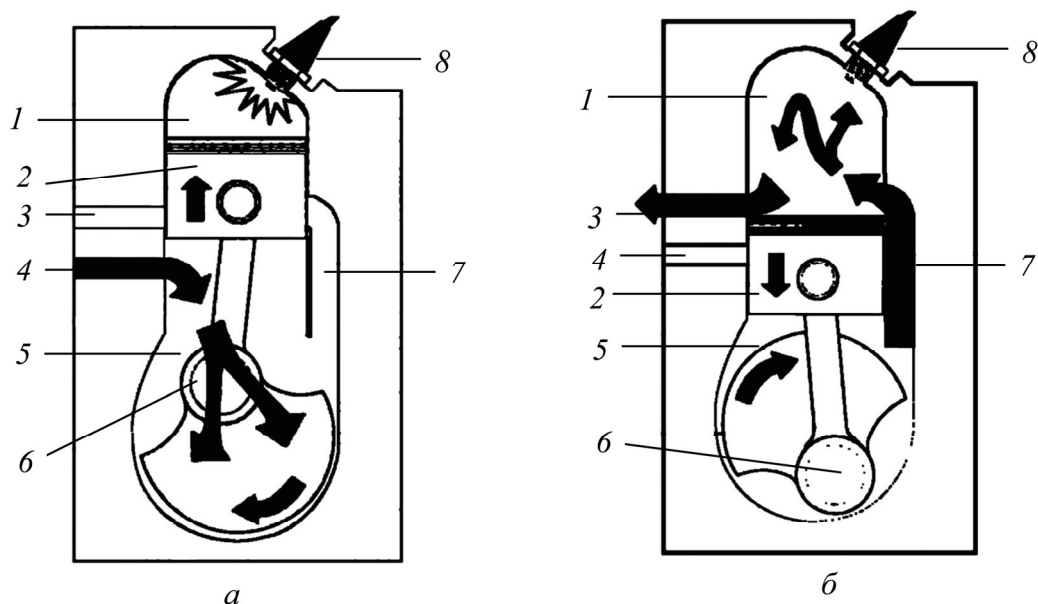


Рис. 7. Принцип действия двухтактного двигателя:  
 а – впуск и сжатие; б – сгорание и выпуск; 1 – камера сгорания; 2 – поршень;  
 3 – выпускное окно; 4 – впускное окно; 5 – картер; 6 – коленчатый вал;  
 7 – перепускное окно; 8 – свеча зажигания

На бензопилах устанавливают *бесплоплавковые мембранные карбюраторы* благодаря чему пила может работать в любом положении. Карбюратор служит для приготовления рабочей смеси и обеспечения нормальной работы двигателя на холостом ходу и под нагрузкой. Он состоит из корпуса (рис. 8), внутренняя часть которого выполнена в виде воздушного сопла 8 (сопла Вентури). Через это воздушное сопло протекает всасываемый от двигателя воздух. Чем меньше поперечное сечение, тем больше скорость воздушного потока и разрежение. К различным местам воздушного сопла подведены топливные жиклеры 11, 12, из которых воздушным потоком засасывается топливо.

Топливный насос, система форсунок и регулировочные устройства для оптимального приготовления топливовоздушной смеси интегрированы, или встроены, в корпус.

Расход топлива, а поэтому и мощность двигателя регулируются с помощью дроссельной заслонки 9. Импульсная полость топливного насоса соединена через импульсный канал 1 с картером двигателя. В результате перемещения поршня в картере происходит быстрое последовательное изменение давления. Это переменное пониженное или повышенное давление управляет диафрагмой насоса 4. Таким образом, топливный насос работает в зависимости от частоты вращения двигателя.

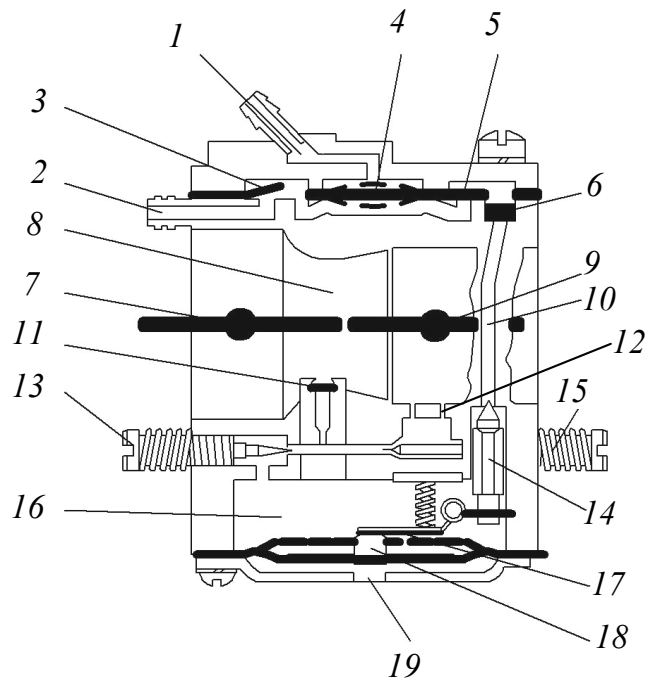


Рис. 8. Мембранный карбюратор:

- 1 – импульсный канал; 2 – топливный патрубок; 3 – впускной клапан;  
 4 – диафрагма насоса; 5 – выпускной клапан; 6 – сетчатый топливный  
 фильтр; 7 – воздушная заслонка; 8 – сопло Вентури (диффузор);  
 9 – дроссельная заслонка; 10 – топливный канал; 11 – главный топливный  
 жиклер (клапанный жиклер); 12 – жиклеры системы холостого хода;  
 13 – главный регулировочный винт; 14 – впускной регулировочный клапан;  
 15 – винт регулирования горючей смеси при холостом ходе;  
 16 – регулировочная мембранная камера; 17 – впускной регулировочный  
 рычаг; 18 – регулирующая мембрана; 19 – отверстие (связь с атмосферой)

Топливо подается насосной диафрагмой 4 из топливного бака через топливопровод, всасывающую головку, всасывающий патрубок 2 карбюратора, впускной 3 и выпускной 5 клапаны насоса и сетчатый топливный фильтр 6 к впускной игле 14, и впускным клапаном – к мембранной регулировочной камере 16.

Впускная игла 14 соединена с регулирующей мембраной 18 посредством впускного регулировочного рычага 17. Полость под регулирующей мембраной соединена с атмосферой через отверстие 19 в крышке. Изменение давления в цилиндре и картере оказывает влияние также на работу карбюратора. При впуске в сопле Вентури 8 возникает разрежение, и в результате этого, в зависимости от положения дроссельной заслонки 9, возникает воздушный поток. При этом всасывается топливо из жиклеров 11, 12 и примешивается к проходящему воздуху.



Топливо распыляется в диффузоре, в результате чего образуется необходимая для сгорания в цилиндре топливовоздушная смесь.

Смесь подводится в цилиндр. Здесь ее отдельные капли вследствие высокой температуры испаряются.

Полость под регулирующей мембраной 18 соединена с атмосферой, поэтому мембрана отжимается вверх. Одновременно посредством впускного регулировочного рычага 17 приподнимается из седла впускная игла 14, и в мембранную камеру поступает новое топливо. Таким образом, регулирующая мембрана устанавливается так, что постоянно поступает некоторое количество топлива, всасываемое из жиклеров.

Количество топлива, поступающее из жиклеров в диффузор, может регулироваться главным регулировочным винтом 13 и винтом регулирования рабочей смеси при холостом ходе 15. При вывинчивании регулировочных винтов происходит обогащение, при ввинчивании – обеднение рабочей смеси.

С помощью регулировочных винтов может постоянно настраиваться оптимальная мощность двигателя при различных внешних условиях эксплуатации (например, в горах или на уровне моря).

*Система зажигания.* Для воспламенения рабочей смеси в камере сгорания двигателя между электродами свечи должна проскочить электрическая искра. Чтобы преодолеть электрическое сопротивление сжатой рабочей смеси и обеспечить надежную работу свечи зажигания, требуется напряжение 12–18 кВ. В систему зажигания входят: магнето, провод высокого напряжения, запальная свеча и выключатель зажигания.

Принцип действия системы зажигания от магнето основан на принципе магнитной индукции. Электрический проводник (первичная обмотка якоря магнето) расположен так, чтобы при движении в магнитном поле он пересекал силовые линии поля. В результате этого в проводнике индуцируется (генерируется) электрическое напряжение.

Бесконтактное магнето (рис. 9) состоит из магнитной системы, монтируемой на маховике 1, и трансформаторного узла.

Трансформаторный узел имеет индукционную катушку 4, конденсатор 9 большой емкости, зарядную обмотку 7 и обмотку управления 3, диод 8 и тиристор 2. Индукционная катушка состоит

из первичной и вторичной обмоток и имеет сердечник. Диод пропускает ток только в одном направлении (к трансформатору), в другом направлении он является изолятором. Тиристор открывается для пропуска тока только тогда, когда на его управляющий электрод подан определенный электрический потенциал.

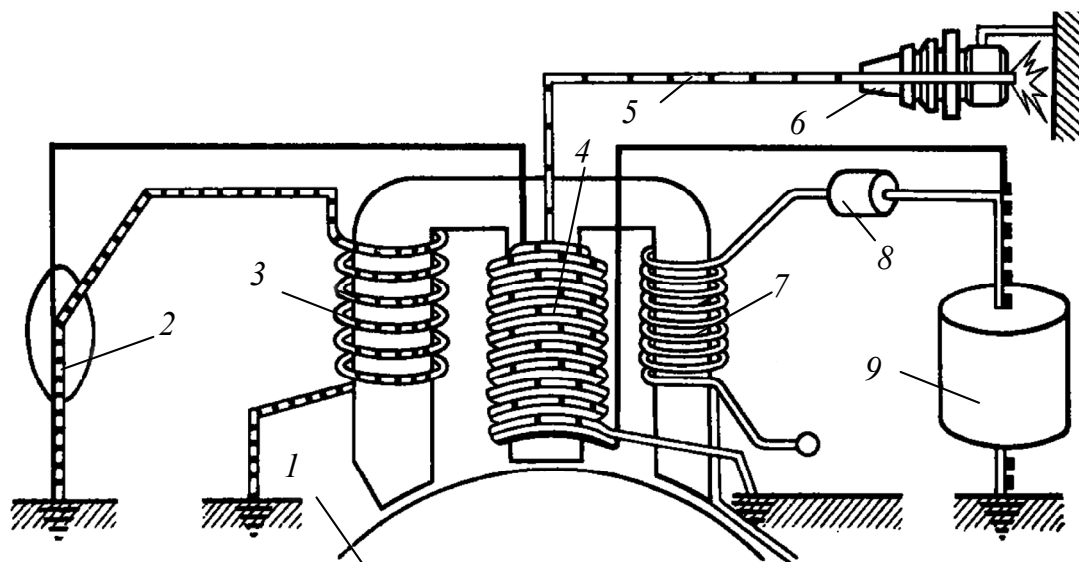


Рис. 9. Схема системы зажигания с бесконтактным магнето:  
 1 – маховик; 2 – тиристор; 3 – обмотка управления;  
 4 – индукционная катушка; 5 – провод высокого напряжения;  
 6 – запальная свеча; 7 – зарядная обмотка;  
 8 – диод; 9 – конденсатор

При вращении постоянных магнитов (маховика двигателя) в обмотке 7 индуцируется ЭДС и происходит зарядка конденсатора 9 через диод 8. Первичная обмотка индукционной катушки, конденсатор и тиристор соединены последовательно через массу и образуют первичную цепь. Когда наступает момент воспламенения сжатой рабочей смеси в цилиндре двигателя, на тиристор автоматически подается электрический импульс из обмотки управления 3, он открывается и конденсатор 9 через первичную цепь разряжается на массу. В результате этого во вторичной обмотке катушки индуцируется высокое напряжение, которое по проводу 5 поступает на центральный контакт запальной свечи 6. Момент подачи электрического импульса на тиристор определяется положением постоянных магнитов относительно сердечника катушки управления. Для остановки двигателя пилы выключают зажигание, замыкая зарядную обмотку и обмотку управления на массу.

Рассмотренная система зажигания относится к аналоговым, у которых управляющий сигнал генерируется в зависимости от величины напряжения в катушке зажигания в определенный момент времени. Так как величина этого напряжения колеблется в определенных пределах, имеет место незначительное отклонение и управляющих сигналов. Поэтому в последнее время в конструкциях ряда бензиномоторных пил с целью точного управления моментом зажигания применяются цифровые системы зажигания. В них управляющие сигналы жестко связаны с частотой вращения. Встроенный микрочип цифровой системы зажигания распознает каждое изменение данных двигателя и рассчитывает правильные управляющие команды. Благодаря этому для каждого рабочего состояния двигателя производится соответствующая установка зажигания, что способствует оптимальному использованию топлива и развитию мощности. При этом исключается недостаток смазки в двигателе и уменьшается его перегрев.

*Система смазки в двигателе* мотопилы отсутствует. Подшипники кривошипно-шатунного механизма и стенка цилиндра смазываются маслом, добавляемым в топливо. Масло вместе с рабочей смесью засасывается в картер двигателя и, находясь во взвешенном состоянии, соприкасается с движущимися деталями, оседает на них. Через отверстия и щели в обоймах подшипников оно подводится к ним.

*Охлаждение двигателя* проводится воздушной системой, состоящей из центробежного вентилятора, крыльчатка которого находится на маховике, и кожуха, направляющих поток воздуха через защитную сетку на ребристую поверхность цилиндра.

*Муфта сцепления* – автоматическая, центробежная, фрикционная, состоит из ведущей и ведомой частей. Ведущая часть муфты жестко закреплена на коленчатом валу двигателя и состоит из поводка и грузов в виде кольцевых секторов. Грузы прижимаются к поводку пружинами. Ведомая часть муфты (соединительный барабан) представляет собой стальную чашку, которая жестко закреплена на хвостовике ведущего валика редуктора (пила «Урал-70») или же вместе с ведущей звездочкой устанавливается на хвостовике коленчатого вала на игольчатом подшипнике (безредукторные пилы). Муфтой сцепления передается крутящий момент от двигателя к редуктору и (или) пильному аппарату, а также ограничивается передаваемый крутящий момент.

Включение и выключение муфты происходит в результате изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя и регулируется затяжкой пружин. Упругость этих пружин устанавливают такой, чтобы при работе двигателя на холостых оборотах (1800–2000 мин<sup>-1</sup>), центробежная сила грузов была меньше усилия пружин и ведущая часть муфты не передавала крутящий момент ведомой (грузы не прижимаются к ободу ведомой части муфты). При резких возрастаниях нагрузок (зажим пильной цепи в пропиле) муфта сцепления пробуксовывает и, тем самым, предохраняет двигатель и пильный аппарат от поломок.

*Редуктор* в бензопилах «Урал-70» конический и состоит из ведущей и ведомой шестерен, изготовленных как одно целое с соответствующими валами, и корпуса. На валу ведомой шестерни на шпонке установлен также эксцентрик привода насоса гидроклина.

Редуктор крепится к двигателю разрезным хомутом, что позволяет поворачивать пильный аппарат вокруг продольной оси и фиксировать в положениях «валка», «раскряжевка». В универсальных пилах редуктор отсутствует.

*Пильный аппарат* – цепной, консольный и снабжен автоматическим тормозом пильной цепи, что делает пилу более безопасной. Он состоит из направляющей шины, пильной цепи, ведущей и ведомой звездочек, устройства крепления к корпусу пилы и механизма натяжения пильной цепи.

*Смазка* направляющего паза пильной шины в процессе работы – непрерывная, автоматическая при помощи плунжерного бесклапанного насоса золотникового типа.

*Масляный насос* подает масло для смазки цепи из масляного резервуара к направляющей шине и пильной цепи. Благодаря этому уменьшается износ пильной шины и сопротивление движению пильной цепи по шине.

*Рама* универсальных бензиномоторных пил с низким расположением рукояток снабжена виброгасящими устройствами для уменьшения отрицательных воздействий вибрации пилы при работе на организм оператора. На задней рукоятке снизу верхней части крепится рычаг дроссельной заслонки, а сверху – клавиша блокировки дросселя. Нижняя часть задней рукоятки выполнена в виде щитка, предохраняющего правую руку при соскакивании или обрыве цепи.

*Тормоз пильной цепи* автоматический инерционный устанавливается для защиты оператора пилы от травм при отдаче (отбрасывании) пилы в процессе работы. Пильная цепь при срабатывании тормоза останавливается в течение долей секунды. Тормоз цепи при отдаче может включаться как вручную путем нажатия левой рукой переднего защитного устройства для рук, так и автоматически – под действием инерции масс этого же защитного устройства.

При включении тормоза цепи тормозная лента охватывает соединительный барабан муфты сцепления и затормаживает его, в результате этого торможения в течение долей секунды останавливается ведущая звездочка и тем самым пильная цепь.

*Стартер* – канатный, предназначен для запуска двигателя: в пиле «Урал-70» – съемный; у безредукторных пил – несъемный.

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность бензиномоторных пил на валке деревьев и раскряжевке хлыстов**

Производительность переносных цепных моторных пил ( $\Pi$ ,  $\text{м}^3$ ) на валке деревьев и раскряжевке хлыстов в обобщенном виде выражается формулой

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п-з}}) \cdot \varphi_1 \cdot V_{\text{хл}}}{t_{\text{ц}}},$$

где  $T$  – время смены, с;  $t_{\text{п-з}}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $V_{\text{хл}}$  – средний объем хлыста,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{ц}}$  – время цикла (время, затрачиваемое на выполнение пропилы с учетом их количества и переходы оператора бензиномоторной пилы в процессе пиления).

Время цикла

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{п}} \cdot m_{\text{р}} \cdot k_{\text{п}},$$

где  $t_{\text{п}}$  – время, затрачиваемое на один пропил, с;  $m_{\text{р}}$  – число пропилов, проходящихся на дерево или хлыст (при валке деревьев  $m_{\text{р}} = 1$ ; при раскряжевке  $m_{\text{р}}$  зависит от длины хлыста и средней длины выпиливаемых сортиментов);  $k_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий время на переходы от дерева к дереву при валке или от пропила к пропилу при раскряжевке (табл. 5).

Таблица 5

Значения коэффициента  $k_{\pi}$ 

Выполняемая операция	Значения коэффициента $k_{\pi}$ при среднем объеме хлыста, м <sup>3</sup>						
	0,14–0,21	0,22–0,29	0,30–0,39	0,40–0,49	0,50–0,75	0,76–1,10	1,11 и более
Валка деревьев: одним рабочим с помощником	6,67 3,34	5,00 2,50	4,00 2,00	3,34 1,67	2,86 1,43	2,50 1,25	2,22 1,11
Раскряжевка хлыстов	2,50	2,22	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11

Число пропилов при раскряжевке хлыста определяется по формуле

$$m_p = \frac{H - l_B}{l_{cp}},$$

где  $H$  – средняя длина хлыста, м;  $l_B$  – средняя длина вершины дерева, не подлежащая очистке от сучьев и раскряжевке, м;  $l_{cp}$  – средняя длина выпибливаемых сортиментов, м.

Время, затрачиваемое на один пропил, рассчитывается по формуле

$$t_{\pi} = \frac{d_{\pi} \cdot k_1}{u},$$

где  $d_{\pi}$  – диаметр пропила, м (при валке деревьев  $d_{\pi} = d_c$  – диаметру комля; при раскряжевке  $d_{\pi} = d_{cp}$  – среднему диаметру дерева в плоскости пропила);  $k_1$  – коэффициент, учитывающий увеличение площади пропила за счет подпила ( $k_1 = 1,15–1,25$ ), при раскряжевке  $k_1 = 1$ ;  $u$  – скорость подачи, м/с.

Если известен диаметр дерева  $d_{1,3}$  на высоте, равной 1,3 м (на высоте груди), то диаметр  $d_c$  можно определить как

$$d_c = c \cdot d_{1,3},$$

где  $c$  – коэффициент, зависящий от породы дерева (в практических расчетах при допустимой высоте оставляемого пня  $c \approx 1,25$ ; при спиливании дерева с расположением плоскости пропила на уровне земли  $c \approx 2$ ).

Для основных древесных пород (сосна, ель, осина, береза) Беларуси III разряда высот средние значения высоты дерева, диамет-

ра ствола на высоте 1,3 м, диаметра ствола на середине высоты в зависимости от объема хлыста приведены в табл. 6.

Таблица 6

**Высота дерева в зависимости от объема хлыста**

Объем хлыста $V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Высота дерева $H$ , м	14,0	16,5	18,0	20,0	21,0	21,0	21,5	21,5	22,0	22,0	22,5	22,5
Диаметр ствола на высоте 1,3 м $d_{1,3}$ , см	13,5	18,0	21,0	23,5	25,5	28,0	30,0	32,0	33,5	35,5	36,5	38,5
Диаметр ствола на середине высоты $d_{ср}$ , см	9,0	12,0	14,5	16,0	17,5	19,0	20,5	21,5	23,0	24,0	25,0	26,0

Скорость подачи  $u$  можно найти из формулы

$$u = \frac{F_v \cdot v}{k_w \cdot b \cdot h_{ср}},$$

где  $F_v$  – сила резания, Н;  $v$  – скорость резания, м/с;  $k_w$  – удельное сопротивление резанию, Н/м<sup>2</sup>;  $b$  – ширина пропила, м;  $h_{ср}$  – средняя высота пропила, м (при валке деревьев  $h_{ср} = 0,8 \cdot d_{ср}$ , а при раскряжке хлыстов  $h_{ср} = 0,8 \cdot d_{ср}$ ).

Величина  $F_v$  должна соответствовать неравенствам:

$$F_v \leq F_p$$

или

$$F_v \leq F'_H,$$

где  $F_p$  – сила резания, определяемая по мощности двигателя, Н;  $F'_H$  – сила резания, определяемая по ручному надвиганию, Н.

Сила резания, определяемая по мощности двигателя,

$$F_p = \frac{P \cdot 1000 \cdot \eta}{(1 + \mu) \cdot v},$$

где  $P$  – мощность двигателя бензиномоторной пилы, кВт;  $\mu$  – коэффициент трения цепи о шину ( $\mu = 0,10$ – $0,15$ ).

Сила резания, определяемая по ручному надвиганию,

$$F'_H = F_H \cdot a_0,$$

где  $F_H$  – усилие надвигания пильного аппарата на древесину, создаваемое рабочим, Н ( $F_H = 160$ – $200$  Н);  $a_0$  – коэффициент, зависящий от степени затупления зубьев пильной цепи ( $a_0 = 0,8$ – $1,0$ ).

## Методы снижения отрицательных воздействий пил при работе

Работа бензиномоторных пил связана с риском получения травмы, с вибрацией, шумом и загрязнением окружающей среды. Все эти явления в разной степени вредны для здоровья оператора бензиномоторной пилы.

К активным предохранительным устройствам, находящимся на пиле, относят (рис. 10): обогрев ручки 1; блокировку рычага управления дроссельной заслонкой 2; комбинированный рычаг переключения 3; переднее устройство для защиты рук 4; заднее устройство для защиты рук 6 (универсальные пилы); безопасную цепь 5 (ограничитель подачи, дополнительное звено с тремя горбами); антивибрационное приспособление 7; тормоз пильной цепи 8; улавливатель пильной цепи 9; кожух цепи 10.

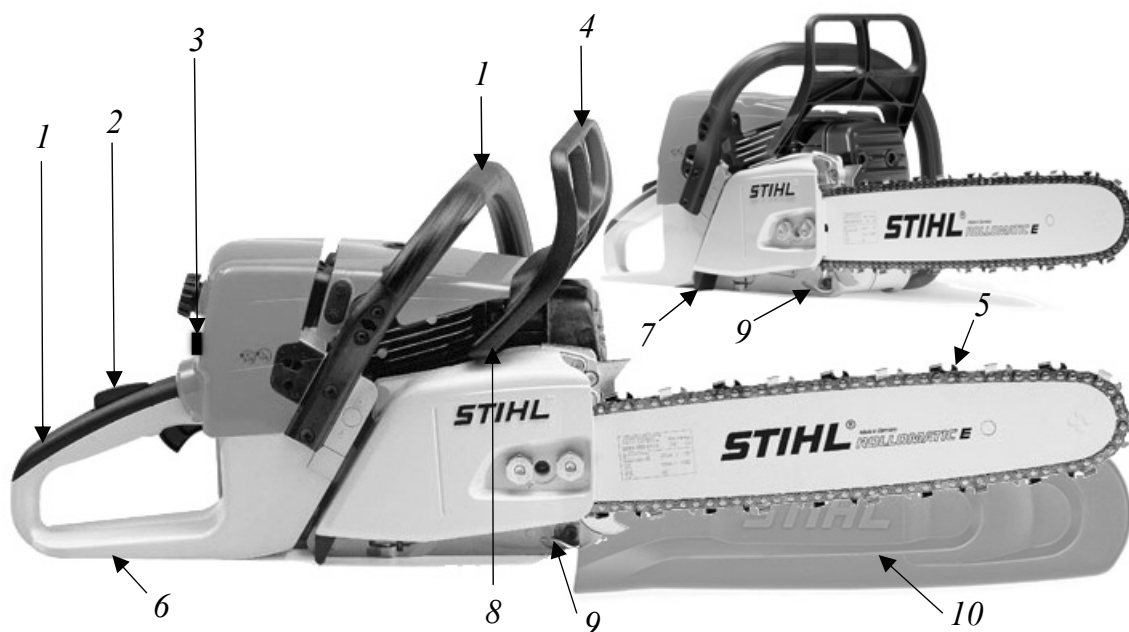


Рис. 10. Схема размещения активных предохранительных устройств:

- 1 – обогрев ручки; 2 – блокировка рычага управления дроссельной заслонкой; 3 – комбинированный рычаг переключения;
- 4 – переднее устройство для защиты рук; 5 – безопасная цепь;
- 6 – заднее устройство для защиты рук (универсальные пилы);
- 7 – антивибрационное приспособление; 8 – тормоз пильной цепи;
- 9 – улавливатель пильной цепи; 10 – кожух цепи

На некоторых пилах фирмы «Штиль», «Хускварна» и др. имеется подключаемый *обогрев ручки*. Питание к электрическим нагревательным элементам в трубке и ручке поступает от встроенного генератора.



*Блокировка рычага управления дроссельной заслонкой* позволяет исключить непреднамеренный пуск пильной цепи. При обхвате ручки блокировка деблокируется. Лишь после этого, надежно удерживая пилу, можно включить рычаг управления дроссельной заслонкой и придать движение пильной цепи.

*С помощью комбинированного рычага переключения* на ручке выполняются следующие функции: пуск холодного двигателя (воздушная заслонка карбюратора); пуск прогретого двигателя (старт); рабочее положение; выключение (стоп). Функции выбираются большим пальцем. Рука при этом остается на ручке.

*Переднее устройство для защиты рук* защищает левую руку и предплечье оператора от ранений задевающими ветками и отбрасываемыми сучьями. В случае опасности устройство вызывает срабатывание тормоза цепи. Окно в защитном устройстве позволяет наблюдать за пильной цепью во время работы.

*Заднее устройство для защиты рук* защищает от ранений правую руку на задней ручке. Это оправдывает себя, когда пильная цепь из-за затупления, ослабления или слишком сильного натяжения отскакивает или разрывается и отбрасывается в сторону правой руки оператора.

*Улавливатель пильной цепи* расположен под креплением шины на корпусе двигателя. Улавливая разорванную пильную цепь и направляя ее под мотопилу или под крышку цепной звездочки, он защищает оператора от травмы. Для уменьшения вибрации от сил инерции неуравновешенных вращающихся масс производится балансировка вращающихся деталей, в двигателях применяется специальный уравнивательный механизм, между моторным блоком и ручками располагают несколько резиновых амортизаторов (антивибрационную систему). Амортизирующие устройства могут быть также в виде плоских и спиральных пружин.

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых приспособлений и инструментов.

2. По заданию преподавателя произвести разборку макета бензопилы и отдельных узлов (по бригадам).

3. С использованием натуральных образцов бензопил, их узлов и деталей изучить общее устройство бензопилы, конструктивные особенности ее деталей и предъявляемые к ним требования.

4. С применением стартера на макете бензопилы с разрезом рассмотреть принцип работы двухтактного двигателя бензопилы, системы питания, зажигания и охлаждения двигателя.

5. Ознакомиться с правилами обслуживания бензиномоторного инструмента.

6. Изучить особенности безопасной эксплуатации данных механизмов.

7. С использованием учебных фильмов освоить правила и приемы эффективной и безопасной работы на валке деревьев, обрезке сучьев и раскряжевке хлыстов бензиномоторными пилами.

8. В соответствии с выданным заданием выполнить исследования и провести анализ влияния различных факторов на производительность бензиномоторных пил на валке деревьев и раскряжевке хлыстов.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение бензиномоторных пил, их устройство, классификация и предъявляемые требования.

2. Дается описание конструкций основных деталей, узлов и систем бензопил, приводится принцип их работы.

3. Последовательно излагаются вопросы подготовки к работе и обслуживания бензиномоторных пил.

4. Дается описание активных предохранительных устройств.

5. Приводится методика и результаты расчета производительности бензиномоторных пил на валке деревьев и раскряжевке хлыстов. Дается анализ влияния на производительность различных факторов.

6. Формулируются выводы по лабораторной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите классификацию бензиномоторных пил, их назначение и основные технические характеристики.

2. Назовите отличительные особенности универсальных бензиномоторных пил.

3. Перечислите основные элементы и узлы бензопил.
4. Охарактеризуйте двигатель бензопилы и принцип его работы.
5. Опишите принцип работы карбюратора и топливного насоса.
6. Расскажите о назначении, устройстве и принципе работы системы зажигания.
7. Опишите принцип работы муфты сцепления.
8. Как произвести расчет производительности бензопил на валке деревьев и раскряжевке хлыстов?
9. Какие факторы влияют на производительность бензопил?
10. Укажите активные предохранительные устройства.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОПЕРЕЧНОЙ РАСПИЛОВКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ЦЕПНЫМИ ПИЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

**Цель работы:** изучить конструкцию, систему управления и принцип работы лабораторной установки, исследовать и провести анализ влияния различных факторов на процесс резания древесины цепными пильными аппаратами, а также освоить особенности безопасной эксплуатации данных механизмов.

**Применяемое оборудование и материалы:** лабораторная установка определения мощности на пиление с мерными грузами и электроизмерительным инструментом, штангенциркуль, натурные образцы круглых лесоматериалов, инструмент для обслуживания пильного механизма установки, подборка учебных фильмов и плакатов «Бензиномоторные и электромоторные пилы».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить основы теории механической обработки древесного сырья, общее устройство и принцип действия лабораторной установки. Изучить методику выполнения измерений.

### **Основы теории механической обработки древесного сырья**

Механическая технология древесины в зависимости от ее способности делиться под действием внешних сил и сохранять заданную форму после прекращения действия внешних сил классифицируется на технологию с нарушением и без нарушения связей между волокнами. На заготовке и обработке древесины получила применение механическая обработка древесины с нарушением связей между волокнами – *резание* со стружкообразованием (пиление, строгание, фрезерование) и без стружкообразования, а также дробление (измельчение) и раскалывание древесины. Процесс резания характеризуется в основном тремя составляющими – материалом, резцом и рабочими движениями, которые включают многие переменные факторы, влияющие на результаты обработки. Резание со

стружкообразованием бывает открытое и закрытое. Простейший случай открытого резания называется элементарным резанием. При открытом резании лезвие резца полностью перекрывает ширину поверхности обрабатываемой детали, и в этом случае отсутствуют боковые поверхности обработки, а при закрытом резании имеют место одна или две боковые поверхности обработки.

Возможны три основных вида элементарного резания древесины:

- торцевое ( $\perp$ ), когда лезвие резца перемещается в плоскости, нормальной к волокнам перпендикулярно их длине;
- продольное ( $\parallel$ ), когда лезвие резца перемещается в плоскости волокон параллельно их длине;
- поперечное ( $\#$ ), когда лезвие резца перемещается в плоскости волокон перпендикулярно их длине.

Если нарушается хотя бы одно из условий элементарного резания, процесс резания будет уже сложным. На практике преобладает сложное резание, отличное от трех видов элементарного резания.

Удельная работа резания ( $k_w$ ) – работа, затрачиваемая на отделение единицы номинального объема стружки. На  $k_w$  оказывают влияние многие факторы: угол резания, толщина стружки, порода древесины и др. Определяется она опытным путем по данным замеров силы резания и площади сечения стружки.

**Пилением** называется процесс закрытого резания многолезвийным инструментом путем деления древесины на объемно-недеформированные части с превращением в стружку номинального объема древесины между этими частями.

Пиление древесины значительно сложнее, чем резание элементарным резцом, и происходит в закрытом пространстве. При пилении в работе участвуют одновременно несколько режущих кромок резца. В зависимости от того, как расположена плоскость пропила относительно волокон, возможны два основных вида пиления: поперечное – плоскость пропила перпендикулярна направлению волокон и продольное – плоскость пропила параллельна направлению волокон. Кроме того, возможно смешанное пиление (плоскость пропила расположена под углом к направлению волокон). На заготовке древесины наиболее распространенным является поперечное пиление цепными пилами. Оно применяется на валке деревьев, раскряжевке хлыстов и длинномерных сортиментов на короткие.

Объем отделяемой стружки при пилении в 1 с имеет вид

$$V_c = b \cdot h \cdot u,$$

где  $b$  – ширина пропила, м;  $h$  – высота пропила, м;  $u$  – скорость подачи (скорость надвигания режущего инструмента на древесину или же древесины на инструмент), м/с.

Работа, затрачиваемая на срезание древесины объемом  $V_c$  в 1 с, а следовательно, мощность, Вт, расходуемая на пиление,

$$P_v = \frac{k_w \cdot V_c}{\eta_v};$$

$$P_v = \frac{k_w \cdot b \cdot h \cdot u}{\eta_v},$$

где  $k_w$  – удельная работа резания, Дж/м<sup>3</sup>;  $V_c$  – объем древесины, м<sup>3</sup>;  $b$  – ширина пропила, м;  $h$  – высота пропила, м;  $u$  – скорость подачи, м/с;  $\eta_v$  – КПД передачи от двигателя к пиле.

Из механики известно, что

$$P_v = \frac{F_v \cdot v}{\eta_v},$$

где  $F_v$  – средняя сила резания, Н;  $v$  – средняя скорость резания, м/с.

Тогда

$$k_w \cdot b \cdot h \cdot u = F_v \cdot v.$$

Откуда средняя сила резания

$$F_v = \frac{k_w \cdot b \cdot h \cdot u}{v}.$$

Сила резания не всегда остается постоянной и может изменяться от 0 до максимума. Среднюю силу резания необходимо знать для расчета мощности двигателя, а максимальную – для расчетов узлов оборудования и режущего инструмента на прочность.

Мощность, расходуемая на подачу,

$$P_u = \frac{F_u \cdot u}{\eta_u},$$

где  $F_u$  – среднее значение силы подачи, Н;  $\eta_u$  – КПД механизма подачи.

Тогда сила подачи

$$F_u = \frac{P_u \cdot \eta_u}{u}.$$

Сила подачи представляет собой силу, необходимую для надвигания режущего инструмента на древесину. Если направление подачи совпадает с направлением усилия отжима, то

$$F_u = (0,7 \div 1,0) \cdot F_v.$$

Усилие подачи возрастает по мере затупления режущего инструмента и увеличения толщины срезаемой стружки.

В производственных условиях несложно измерить  $b$ ,  $h$ ,  $u$ ,  $v$  и, если известна удельная работа резания  $k_w$ , можно по заданным условиям процесса резания определить силу резания  $F_v$  и мощность  $P_v$ , расходуемую на пиление. А зная  $P_v$ , можно определить скорость подачи

$$u = \frac{P_v \cdot \eta_v}{k_w \cdot b \cdot h}.$$

Нахождение мощности, необходимой на пиление, есть прямая задача, которую приходится решать на производстве, а нахождение допустимой скорости подачи при известной мощности двигателя механизма пиления ( $P_v$ ) – обратная задача.

При поперечном пилении круглых лесоматериалов высота пропила не является постоянной величиной. Она изменяется от нуля до диаметра, а затем снова уменьшается до нуля. Поэтому при пилении с постоянной скоростью подачи мощность, расходуемая на пиление, тоже изменяется от нуля до максимума и снова до нуля. Для более полного использования мощности двигателя при поперечном пилении круглых лесоматериалов необходимо, чтобы скорость подачи была переменной. Средняя высота пропила и средняя скорость подачи определяются по следующим формулам:

$$h_{cp} = 0,8 \cdot d;$$

$$u_{cp} = \frac{d}{t},$$

где  $d$  – диаметр распиливаемого бревна, м;  $t$  – продолжительность одного пропила, с.

Важным параметром процесса пиления является также производительность чистого пиления  $\Pi_{\text{пил}}$  – площадь пропила, которая может быть произведена пилой в 1 с. Она измеряется в метрах квадратных на секунду ( $\text{м}^2/\text{с}$ ):

$$\Pi_{\text{пил}} = h \cdot u$$

или

$$\Pi_{\text{пил}} = \frac{P_v \cdot \eta_v}{k_w \cdot b}.$$

Производительность чистого пиления зависит в основном от мощности двигателя и вида режущего инструмента и составляет в среднем при пилении пыльными цепями 0,006–0,025  $\text{м}^2/\text{с}$ .

### **Назначение и устройство лабораторной установки**

*Установка предназначена* для исследования основных характеристик процесса поперечного пиления круглых лесоматериалов цепной пилой «Штиль MSE 220 С» и изменения мощности на пиление при различных условиях надвигания, углах заточки цепей, а также для определения коэффициента удельной работы резания, производительности чистого пиления и т. д.

*Устройство установки.* Установка выполнена следующим образом (рис. 11). На столе 10 закреплены кронштейны 8, во втулках которых на цапфах 6 установлена пила 7. Цапфы 6 располагаются соосно с ведущей звездочкой пыльной цепи, поэтому поворот пыльной цепи в процессе веерообразного надвигания осуществляется вокруг геометрического центра ведущей звездочки. Надвигается пыльная цепь на древесину под действием силы тяжести грузов 11, подвешенных на тросе 1. Противоположный конец троса 1 закреплен на диске 5, приваренном к цапфе 6. Угол поворота пилы ограничивается ввернутыми в диск 5 винтами, которые упираются в кронштейн 8.

Распиливаемый образец древесного сырья помещается в лоток 9, выполненный из неподвижных стоек. Стойки лотка 9 крепятся на столе болтами таким образом, чтобы образец древесины опирался на стол и не имел свободного перемещения в лотке. Дополнительная фиксация образца производится прижимом 2, снабженным рукояткой 3.



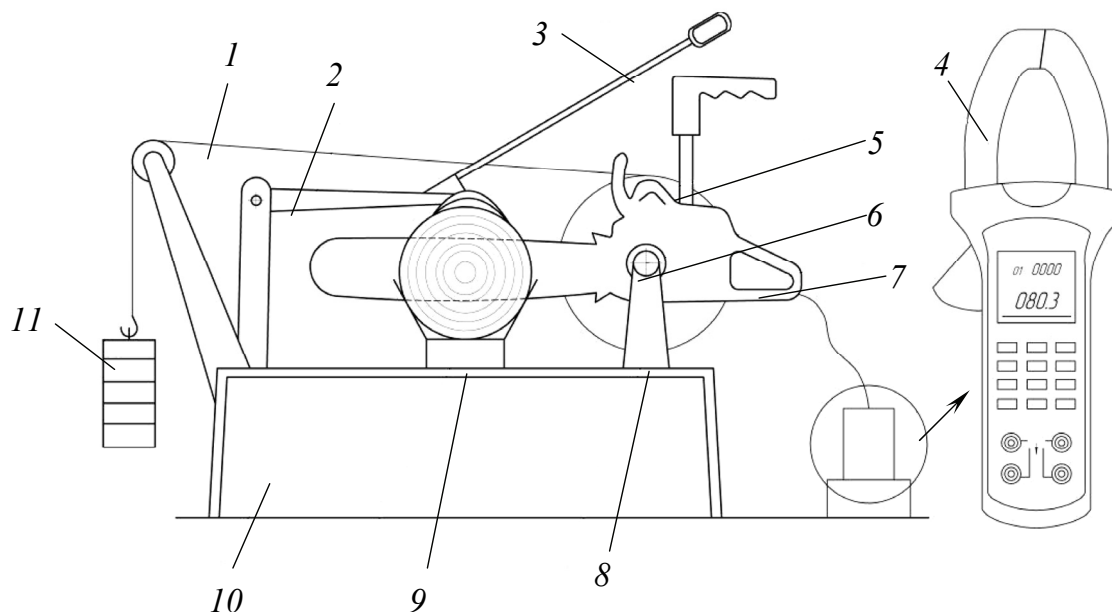


Рис. 11. Схема лабораторной установки:  
 1 – трос; 2 – рычаг прижима; 3 – прижимная рукоятка;  
 4 – электроизмерительный инструмент; 5 – диск; 6 – цапфа;  
 7 – цепная пила; 8 – кронштейн; 9 – лоток  
 с древесным сырьем; 10 – стол установки; 11 – мерный груз

Электрическое оборудование установки располагается в контейнере.

### Описание работы на установке

Установка обслуживается двумя студентами – исследователем и его помощником. Перед укладкой распиливаемого образца на стол исследователь правой рукой посредством рукоятки поворачивает пилу в крайнее верхнее положение пильной шины, а левой поднимает прижим 3. Помощник укладывает распиливаемый образец на стол установки таким образом, чтобы толщина отпиливаемого диска была не более 2–3 см, а сам образец занимал устойчивое положение в лотке 9. После этого фиксируют образец прижимом 3, отпускают пильную шину на образец и измеряют диаметр бревна  $d$  и плечо надвигания  $l$ , равное расстоянию между центрами бревна и ведущей звездочки пильной цепи. Плечо надвигания  $l$  можно определить так же, как расстояние от центра звездочки до точки касания пильной цепи с бревном. При необходимости устанавливают на тросовую подвеску нужное количество грузов 11.

Перед включением двигателя пилы исследователь поворачивает за рукоятку пилу настолько, чтобы просвет между пильной цепью и образцом составил 2–3 см, и удерживает пилу в таком положении. Помощник включает ваттметр и тумблер электродвигателя пилы, ведет наблюдение за экраном ваттметра. Спустя 5–8 с после включения электродвигателя пилы исследователь, продолжая прижимать левой рукой рукоятку прижима 3, плавно подводит пильную цепь к распиливаемому образцу. Как только произойдет соприкосновение пильной цепи с образцом, исследователь снимает правую руку с рукоятки пилы. Надвигание пилы на образец будет происходить под действием грузов 11. После завершения реза исследователь возвращает пилу в исходное положение, т. е. поднимает пильную шину настолько, чтобы помощник мог переместить образец (при поднятом прижиме) на толщину отпиливаемого элемента сортимента. После этого опыт продолжается.

При необходимости можно выключать электродвигатель пилы и ваттметр после каждого реза.

Данные эксперимента заносятся в журнал.

Расчетные формулы для определения мощности пиления  $N_{\text{пил}}$ , скорости надвигания  $u_{\text{н}}$ , коэффициента удельной работы резания  $k$ , производительности чистого пиления  $\Pi_{\text{ч.п}}$  приведены ниже.

Мощность на пиление определяется из выражения

$$N_{\text{пил}} = N_{\text{раб.х}} + N_{\text{хол.х}},$$

где  $N_{\text{раб.х}}$  и  $N_{\text{хол.х}}$  – мощности рабочего и холостого хода, Вт.

Скорость надвигания

$$u_{\text{н}} = \frac{d}{t},$$

где  $d$  – средний диаметр лесоматериала в месте пропила, м;  $t$  – время пиления, с.

Коэффициент удельной работы резания определяется из выражения

$$k = \frac{N_{\text{пил}}}{b \cdot h \cdot u_{\text{н}}},$$

где  $b$  – ширина пропила, м;  $h$  – высота пропила, м.

Для круглого сечения  $h = 0,8 \cdot d$ .

Производительность чистого пиления:

$$\Pi_{\text{ч.п}} = \frac{S}{t} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot t},$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения сортимента,  $\text{м}^2$ .

### Обработка результатов исследований

Обработка материала начинается с расшифровки полученных массивов данных и построения графических зависимостей.

На полученных графических зависимостях различаются следующие участки. Включение электродвигателя пилы сопровождается резким скачком пусковой мощности, достигающей 1,7–2,0 кВт. Это увеличение мощности фиксируется прибором как  $N_{\text{пуск}}$ . По мере увеличения частоты вращения электродвигателя мощность стабилизируется на уровне  $N_{\text{хол.х}}$ , т. е. мощности, потребляемой на холостом ходу (без пиления). Внедрение пильной цепи в бревно сопровождается ростом мощности и записывается прибором как  $N_{\text{раб.х}}$ . Конец пиления выводит линию на уровень  $N_{\text{хол.х}}$ , а отключение двигателя – это ноль.

В тех случаях, когда одна фаза процесса быстро следует за другой, например включение электродвигателя налагается на начало пиления, характерные участки искажаются, и это затрудняет обработку результатов. Поэтому интервал времени между фазами должен составлять примерно 3 с.

Обработка графических зависимостей заключается в определении средних значений мощностей рабочего хода, холостого хода, времени пиления. Сначала находятся средние значения амплитуд для названных мощностей. Для этого характерные участки разбиваются на отдельные участки линиями, расположенными на одинаковом расстоянии друг от друга и перпендикулярно нулевой линии. Затем измеряется длина каждой из них и рассчитывается среднее значение по соотношению

$$L_N = \frac{L_{N1} + L_{N2} + \dots + L_{Nn}}{n},$$

где  $L_{N1}, \dots, L_{Nn}$  – длина нанесенных линий, см;  $n$  – число линий.

Время чистого пиления определяется по секундомеру или по осциллограмме. Ширина пропила  $b$  зависит от типа применяемой цепи. Его величину определяют следующим образом. Включают

электропилу и производят пропил на небольшую глубину. Ширину пропила измеряют штангенциркулем после выключения электродвигателя пилы и извлечения шины из пропила.

Полученные при обработке данные заносятся в журнал.

На основании полученных данных строятся графики зависимостей удельной работы резания, скорости подачи, производительности чистого пиления от усилия надвигания и других факторов. Графики дают наглядное представление о закономерностях изменения исследуемых величин. Работа заканчивается выводами. Установление аналитических зависимостей по экспериментальным данным выполняется методами выбранных точек, наименьших квадратов, выравнивания.

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых приспособлений и инструментов. Ознакомиться с задачей работы.

2. Составить кинематическую схему установки, описать измерительную систему и осуществить ее наладку.

3. Подготовить журнал для наблюдений и обработки материала.

4. Подобрать образцы лесоматериалов различного диаметра для пиления.

5. Выполнить планирование эксперимента, на основании чего произвести необходимое количество экспериментальных пропилов.

6. Провести обработку экспериментальных данных с получением зависимостей мощности, удельной работы резания, производительности чистого пиления от породы лесоматериала, его диаметра, влажности, усилия надвигания, степени затупления зубьев цепи, их угловых параметров.

7. Сформулировать результаты в виде выводов и оформить отчет о лабораторной работе.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность ее выполнения.

2. Указывается назначение лабораторной установки, составляется ее кинематическая схема и принцип действия.

3. Последовательно излагаются основы теории механической обработки древесного сырья, методика выполнения исследований процесса поперечного пиления круглых лесоматериалов.

4. В табличной форме приводятся данные по замерам исследуемых параметров.

5. Формулируются выводы по лабораторной работе.

### **Контрольные вопросы**

*1. Назовите виды механической технологии древесины, получившие применение в лесозаготовительном производстве.*

*2. Какими составляющими характеризуется процесс резания, его виды?*

*3. Приведите определение понятия «пиление древесины» и назовите его виды и способы.*

*4. Какие расчеты ведут по средней и максимальной силе резания?*

*5. Назовите, какие факторы влияют на мощность двигателя для привода цепной пилы.*

*6. Дайте определение удельной работы резания и объясните, как она определяется.*

*7. Что такое производительность чистого пиления цепного пильного механизма?*

## ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩИЕ И ВАЛОЧНО-ТРЕЛЕВОЧНЫЕ МАШИНЫ

**Цель работы:** изучить назначение, область применения, конструкцию, систему управления и принцип работы валочно-пакетирующих и валочно-трелевочных машин, определить рациональные параметры захватно-срезающего устройства валочно-пакетирующей машины, а также освоить особенности безопасной эксплуатации данного оборудования.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы, подборка учебных фильмов и плакатов «Валочно-пакетирующие и валочно-трелевочные машины».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить назначение и область применения машин, их основные характеристики и общее устройство технологического оборудования. Изучить методику расчета параметров захватно-срезающего устройства.

### **Особенности конструкции и принцип действия валочно-пакетирующих и валочно-трелевочных машин**

*Валочно-пакетирующие машины (ВПМ)* являются специализированными (однооперационными) и в зависимости от места расположения технологического оборудования могут быть фронтальными (технологическое оборудование расположено спереди или сзади), фланговыми (с боковым расположением пильного механизма) или кругового действия (полноповоротные). По типу технологического оборудования ВПМ могут быть рычажные (без гидроманипулятора, пильный механизм расположен на рычажной подвеске) и манипуляторные. По ширине ленты (полосе леса, обрабатываемого машиной за один проход) машины делятся на узкозахватные (ширина ленты не более 2–3 м) и широкозахватные (10–20 м).

Машины для валки деревьев в конкретном конструктивном исполнении могут иметь гусеничную или колесную ходовую систему.

На лесозаготовках как в СНГ, так и в странах дальнего зарубежья широкое применение получили *полноповоротные ВПМ манипуляторного типа*. Они позволяют осваивать за один проход ленту леса шириной до 20 м, в значительной мере сохранять жизнеспособный подрост и при необходимости производить выборочную валку деревьев. Такие ВПМ относятся к группе широкозахватных машин и позволяют с одной стоянки спиливать несколько деревьев.

ВПМ манипуляторного типа состоит из базовой машины и навесного технологического оборудования. Базовой машиной обычно является уширенная ходовая система от гусеничного трелевочного трактора с приводом каждой гусеницы от высокомоментного гидравлического двигателя. При этом в отличие от колесных машин, обеспечивается лучшая устойчивость, что позволяет работать с большим вылетом манипулятора. Навесное технологическое оборудование предназначено для валки и пакетирования деревьев и состоит из следующих узлов: основания (неповоротной платформы), поворотной платформы 8, механизма вращения поворотной платформы, гидроманипулятора, включающего стрелу 4 и рукоять 3, захватно-срезающего устройства (ЗСУ) 2, гидросистемы 7 и кабины оператора 5 с защитным ограждением (рис. 12).

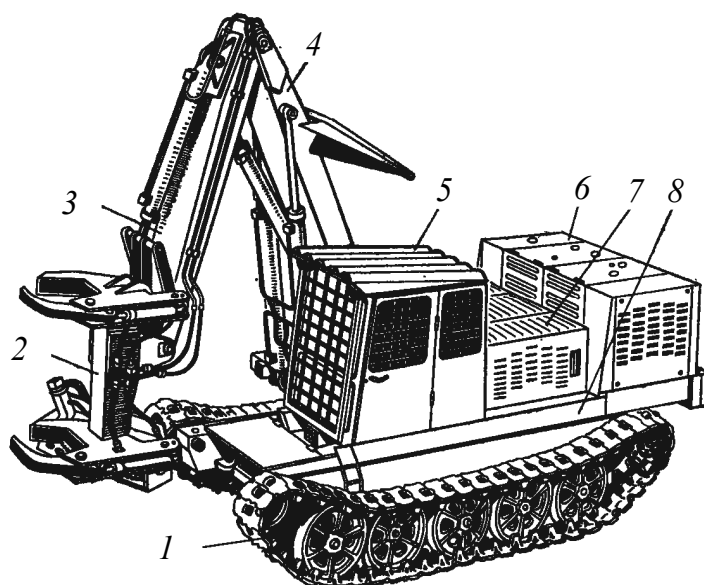


Рис. 12. Валочно-пакетирующая машина ЛП-19Б:  
 1 – ходовая система; 2 – захватно-срезающее устройство (ЗСУ); 3 – рукоять;  
 4 – стрела; 5 – кабина; 6 – отсек двигателя; 7 – отсек гидросистемы;  
 8 – поворотная платформа

*Основание* представляет собой металлическую платформу, жестко закрепленную на ходовой системе. На нем неподвижно установлен роликовый поворотный круг с зубчатым венцом внутри. Ролики поворотного круга расположены крестообразно, и круг может воспринимать значительные осевые нагрузки и моменты, а также радиальные силы, возникающие при работе машины.

*Поворотная платформа* металлическая и крепится на вращающейся части роликового поворотного круга. На ней установлены гидроманипулятор, кабина оператора, силовая установка, контргруз.

*Механизм поворота платформы* машины ЛП 19Б включает трехступенчатый редуктор, гидродвигатель и нормально замкнутый тормоз с гидравлическим управлением. Ведущая шестерня поворотного круга закреплена на валу редуктора и входит в зацепление с зубчатым венцом опорной части поворотного круга. При включении гидродвигателя крутящий момент передается через редуктор на ведущую шестерню, которая, вращаясь, перемещается по зубчатому венцу и таким образом поворачивает платформу. Чтобы вращение поворотной платформы было плавным, крутящий момент передается через постоянно включенную фрикционную муфту. Для остановки платформы в требуемом положении на валу редуктора установлен тормоз.

*Гидроманипулятор ВПМ* – двухсекционный, состоит из стрелы и рукояти, соединенных шарнирно. Нижним концом стрела манипулятора шарнирно крепится к поворотной платформе. Верхний конец рукояти свободен и имеет проушину для присоединения захватно-срезающего устройства (ЗСУ). И на стреле и на рукояти имеются кронштейны для гидроцилиндров, при помощи которых изменяется вылет манипулятора.

*Захватно-срезающее устройство* (рис. 13) предназначено для удержания дерева в процессе срезания и переноса спиленного дерева к месту укладки в пачку.

Оно состоит из вертикальной стойки 2 с двумя опорными призмами 1 и 3, захватов 6 и 7 и срезающего механизма. В качестве срезающего механизма может быть цепной пильный аппарат, дисковая фреза либо ножи силового резания.

ЗСУ с накопителем (рис. 13) осуществляет одновременное удержание нескольких спиленных деревьев для дальнейшей их укладки в пачку. Применение такой конструкции наиболее целесообразно при работе в тонкомерных насаждениях с целью повышения производительности машины.



На рис. 14 приведена модель ЗСУ FS-122 (Waratah) с дисковой фрезой и накопителем. Данная модель может спиливать деревья диаметром до 56 см. Поперечная площадь одновременно удерживаемых в накопителе деревьев – 0,38 м<sup>2</sup>.

*Гидросистема* служит для привода в действие рабочих органов ВПМ и состоит из гидронасоса, который может быть шестеренчатым или аксиально-поршневым, золотниковых и клапанно-золотниковых распределителей, предохранительной аппаратуры, маслопроводов, шлангов низкого и высокого давления, бака с фильтрами для рабочей жидкости, гидроцилиндров и гидромоторов.

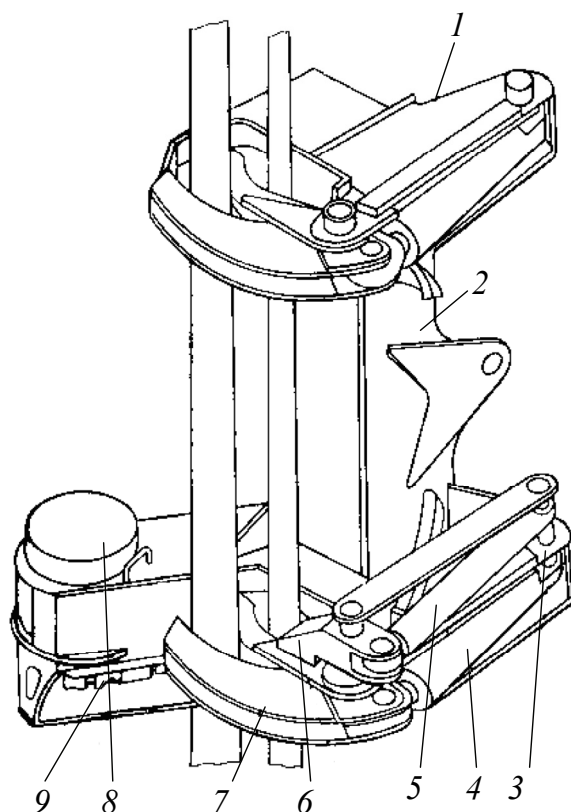


Рис. 13. Захватно-срезающее устройство с накопителем:

1 – верхняя опорная призма; 2 – стойка; 3 – нижняя опорная призма;  
4 – гидроцилиндр захвата основных крюков; 5 – гидроцилиндр захвата  
дополнительных крюков; 6 – дополнительный крюк; 7 – основной крюк;  
8 – ограждение гидромотора; 9 – механизм срезания

*Технологический цикл* при срезании и укладке дерева ВПМ складывается из следующих приемов: наводки хватно-срезающего устройства на ствол дерева, зажима, натяжения, срезания, подтягивания дерева, поворота платформы с деревом, укладки его, порожнего поворота платформы и переезда машины со стоянки на стоянку.

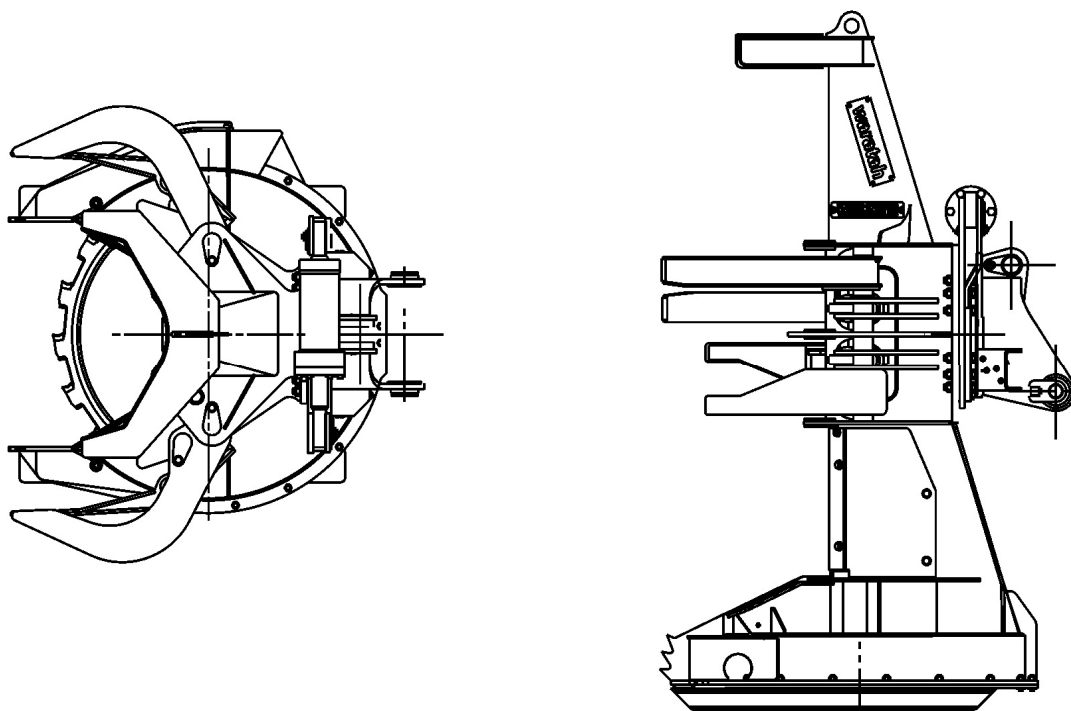


Рис. 14. Захватно-срезающее устройство с дисковой фрезой и накопителем фирмы Waratah

Наводка захватно-срезающего устройства на дерево (рис. 15, *а*) заключается в перемещении этого устройства по направлению от машины к дереву (горизонтальная наводка) и установке режущего органа на заданную высоту (вертикальная наводка).

Наводка производится одновременным опусканием стрелы и выдвиганием рукояти. При наводке недопустим силовой нажим манипулятора на ствол и изгиб ствола. Это приводит к зажимам пильной шины и сколам. По этой же причине нельзя срезать деревья, находящиеся ближе 3,6 м от центра поворота. Они должны быть срезаны со следующей стоянки. После окончания наводки, т. е. после касания верхней и нижней призм ствола дерева на заданной высоте, производится его зажим зажимными рычагами. Чтобы легче было срезать дерево, ствол натягивают вверх (рис. 15, *б*). При срезании дерева дисковой фрезой натяжение ствола может не производиться.

В случае зажима пильного аппарата в резе машинист должен убрать пильный аппарат в исходное положение. Освободить шину от зажима можно осторожным поворотом стойки «от себя». Затем натяжением ствола или поворотами стойки захвата ликвидировать причину зажима и, сместив стойку вдоль ствола вверх на 3–5 см, снова включить механизм срезания.

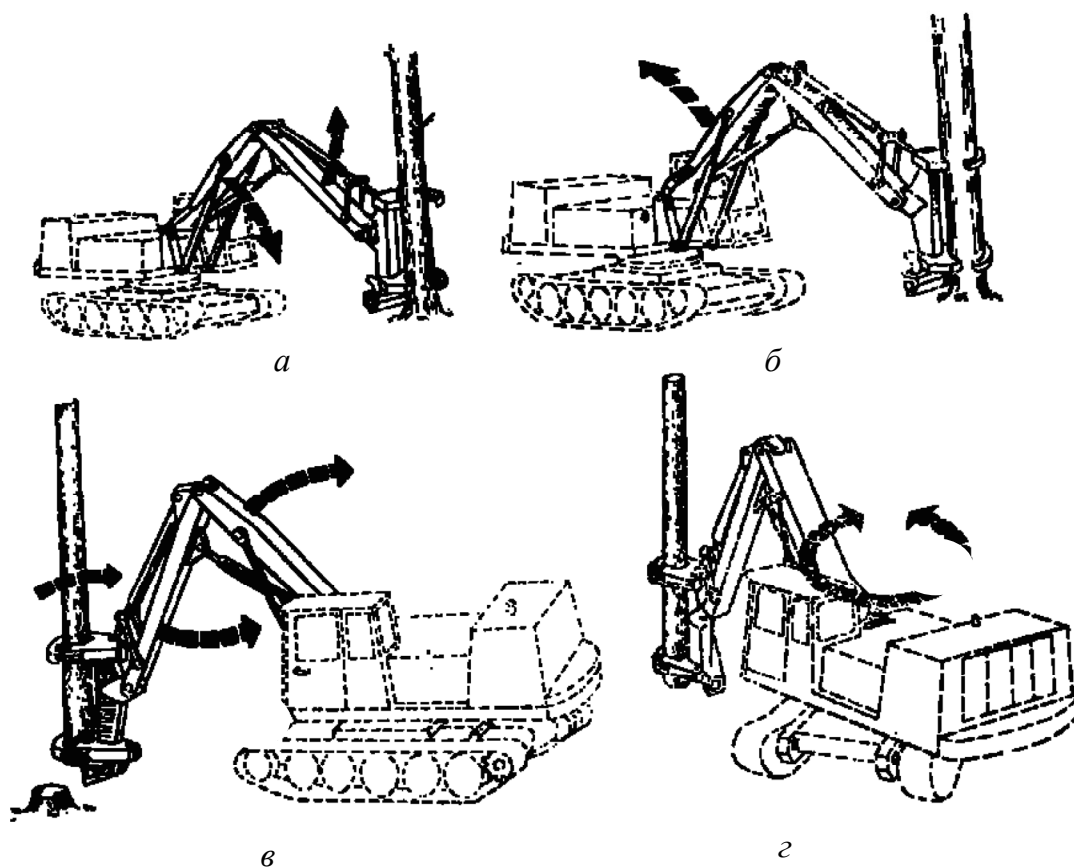


Рис. 15. Выполнение основных приемов машинами ЛП-19:  
*а* – наводка; *б* – натяжение ствола вверх; *в* – подтягивание дерева;  
*г* – поворот платформы с деревом

Подтягивание (рис. 15, *в*) является подготовительным приемом, облегчающим поворот платформы с деревом. Подтягивание уменьшает опрокидывающий момент, нагрузку на машину и позволяет устранить сцепление кроны срезанного дерева с растущими деревьями.

Поворот платформы с деревом (рис. 15, *г*) производится на вылете (считая от оси поворота до вертикальной оси дерева) 4–6 м. В процессе поворота машинист должен следить за положением дерева, не допуская чрезмерного его наклона, сцепления с кронами стоящих деревьев и касания захватно-срезающим устройством пней, валежника и других препятствий.

Укладка пачки заключается в установке манипулятора в плоскости оси пачки, корректировке вылета манипулятора, опрокидывании дерева вершиной «от себя» и сбрасывании его в пачку. Установка манипулятора в плоскости оси пачки состоит в том,

чтобы остановить платформу в момент, когда манипулятор с деревом находится над пачкой.

Опрокидывается дерево наклоном захватно-срезающего устройства. Деревья наклоняют до углов, при которых возможно, с одной стороны, уменьшить силу удара дерева при падении его в пачку, исключить проскальзывание дерева по зажимным рычагам вниз, а с другой – уменьшить воздействие опрокидывающего момента от дерева на машину. Углы наклона дерева рекомендуются в пределах 25–30° (от вертикального положения). Дерево сбрасывается в пачку в результате открывания зажимных рычагов.

Валочно-пакетирующая машина **ЛП-19В** может быть использована на сплошных рубках в насаждениях с максимальным диаметром деревьев на высоте груди 60 см, расположенных в равнинной и слабохолмистой местности с уклонами до 8° на грунтах с несущей способностью, допускающей работу машины со средним статическим давлением до 100 кПа при глубине снежного покрова до 1 м.

Машины **ЛП-19А, Б** предназначены для валки деревьев и формирования их в пачки на земле, они лучше сохраняют лесную среду благодаря увеличенному (до 9,9 м) вылету манипулятора. По желанию заказчика машина может быть оснащена несколькими типами рабочего органа: ЗСУ; ЗСУ с накопителем срезанных тонкомерных деревьев; ЗСУ с ножевым органом либо с дисковой фрезой; погрузочным оборудованием. Разработан новый тип ВПМ с выравнителем полноповоротной платформы, способной работать на склонах с уклоном до 30°.

Валочно-пакетирующая машина **МЛ-135** предназначена для валки и пакетирования деревьев при проведении сплошных рубок в лесонасаждениях со средним объемом хлыста до 0,4 м<sup>3</sup> в равнинной и слабопересеченной местности с уклоном до 8° на грунтах с несущей способностью 100 кПа и более, при глубине снега до 1 м. Захватно-срезающая головка оборудована накопителем и пильным аппаратом в виде дисковой фрезы.

Валочно-пакетирующая машина **МЛ-119А** предназначена для валки и пакетирования деревьев при проведении сплошных рубок в средних и крупномерных лесонасаждениях со средним объемом хлыста до 1 м<sup>3</sup> в равнинной и слабопересеченной местности с уклоном до 8° на грунтах с несущей способностью 100 кПа и более, при глубине снега до 1 м.

Технические характеристики ВПМ приведены в табл. 7.

Таблица 7

**Технические характеристики валочно-пакетирующих машин**

Показатель	Марка машины			
	Джон Дир 753J / 903K	МЛ-135	ЛП-19А / ЛП-19Б	МЛ-119А
Мощность двигателя, кВт	180 / 224	165	95,5 / 125	125
Наибольший диаметр дерева в месте реза, м	0,56	0,56	0,9	0,9
Максимальный вылет манипулятора, м	8,4	9,4	8,0	9,5
Наименьший вылет манипулятора, м	3,2	4,0	3,65	–
Грузоподъемность манипулятора при максимальном вылете, т	4,72	1,8	2,5	2,5
Пильный механизм	дисковая фреза		цепной	

*Валочно-трелевочные машины.* Валочно-трелевочные машины (ВТМ) производят валку деревьев, сбор и формирование их в пачку в пакетформирующем устройстве (ПФУ) машины (конике), трелевку пачки на погрузочный пункт, сброску и при необходимости выравнивание комлей. Кроме того, ВТМ могут работать в режиме валки – пакетирования с формированием пачек в ПФУ (конике) машины с подтрелевкой пачек на расстояния 40–60 м в место, удобное для их подбора подборщиком-трелевщиком пачек. На производстве находят применение ВТМ ЛП-58-01, ЛЗ-235. Технические характеристики ВТМ приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Технические характеристики валочно-трелевочных машин**

Показатель	Марка машины	
	ЛП-58-01	ЛЗ-235
Мощность двигателя, кВт	95,5	95,5
Максимальный вылет манипулятора, м	7,6	5,77
Объем трелеваемой пачки деревьев, м <sup>3</sup>	6,5	8,3
Диаметр срезаемого дерева в месте пропила, м	0,65	0,65

Валочно-трелевочная машина **ЛП-58-01** (рис. 16) предназначена для работы в лесонасаждениях со средним объемом хлыста более 0,3 м<sup>3</sup> с равнинным и слабохолмистым рельефом местности (уклон до 20°). Машина выполнена на базе трактора ТТ-4М-01.

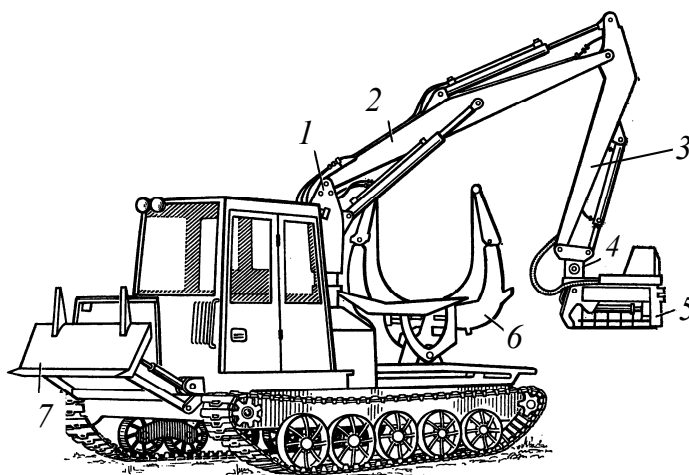


Рис. 16. Валочно-трелевочная машина ЛП-58-01:  
 1 – колонна с механизмом поворота; 2 – стрела; 3 – рукоять; 4 – подвеска;  
 5 – ЗСУ; 6 – зажимной коник; 7 – толкатель

Валочно-трелевочная машина **ЛЗ-235** предназначена для сплошных рубок, выполнена на базе трактора ТТ-4М-23К, по конструкции машина аналогична ЛП-58-01 и условия применения те же.

*Колонна с механизмом поворота* является основой для крепления манипулятора и состоит из нижней неподвижной части и верхней – вращающейся. Нижняя часть колонны с помощью четырех пальцев крепится к кронштейнам рамы трактора. Механизм поворота состоит из шестерни, рейки и двух гидроцилиндров. С помощью этого механизма верхняя часть колонны, несущая на себе манипулятор и ЗСУ, может поворачиваться на угол  $227^\circ$ .

*Манипулятор*, навешиваемый на колонну, состоит из стрелы, рукояти и гидроцилиндров их привода. Стрела и рукоять представляют собой сварную конструкцию коробчатого сечения, выполненную из листовой стали. На конце рукояти имеется подвеска в виде сварной рамы, служащая для соединения рукояти с ЗСУ. С помощью подвески осуществляется поворот ЗСУ в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Исполнительными органами при этом являются гидроцилиндры, имеющиеся на рукояти и подвеске.

*Захватно-срезающее устройство* манипулятора позволяет срезать и вертикально выносить деревья диаметром до 30 см из зоны срезания с последующей укладкой в коник машины, а деревья диаметром свыше 30 см валить вершиной на пасечный волок с одновременным переносом комля над подростом и укладкой в коник.

*Зажимной коник* (рис. 17) предназначен для удержания пачек деревьев при их трелевке. Коник – устройство шарнирно-рычажного типа, гидроуправляемый с тросовым зажимом пакета деревьев. Нижняя неподвижная рама коника закреплена на кронштейне рамы трактора. Верхняя поворотная рама коника обеспечивает его наклон вперед и назад, а также разворот вправо и влево.

Коник состоит из следующих основных сборочных единиц: опорной плиты, основания 4, зажимных рычагов 2 и 9, обвязочного каната 8 и гидроцилиндров.

Опорная плита закреплена болтами на лонжеронах рамы трактора. Сварное основание 4 состоит из продольных балок с кронштейнами и связей, подкрепленных раскосами. Передняя балка основания снабжена удерживающими ножами 5, которые, врезаясь при зажиме пачки в нижний ряд комлей деревьев, увеличивают надежность закрепления пачки в конике. На задней балке основания приварены ограничители 7, предназначенные для уменьшения рассыпания пачки деревьев при ее разгрузке.

В кронштейнах основания на осях закреплены зажимные рычаги 2 и 9, управляемые гидроцилиндром зажима. Для обеспечения плотной обвязки пачки деревьев различного объема по всему периметру зажимные рычаги выполнены из двух шарнирно соединенных звеньев – основания 1 и вершины 3, которая может поворачиваться относительно основания рычага на угол, ограниченный упорами.

Высота наружного упора при сборке коника регулируется прокладками для обеспечения зазора (10–20 мм) между роликом 11 вершины и упором при полностью закрытых рычагах. Пружина 10 при раскрытых рычагах коника прижимает вершину к наружному упору рычага. Обвязочные канаты 8 пропущены через блоки и закреплены одними концами при помощи клиновых соединений к концам зажимных рычагов, а другими концами (нижними), огибающими ролики гидроцилиндра, – к остову коника. При включении гидроцилиндра канаты натягиваются, верхние рычаги поворачиваются и дерево (пачка) зажимается. Возврат рычагов в исходное положение происходит за счет пружин 10, вставленных в шарнире.

Блокировочная тяга, связывающая рычаги между собой, обеспечивает синхронную работу зажимных рычагов и способствует формированию пачки деревьев в средней части основания коника. В кронштейнах основания коника установлен разгрузочный ролик, который облегчает сход пачки деревьев с коника при ее разгрузке.

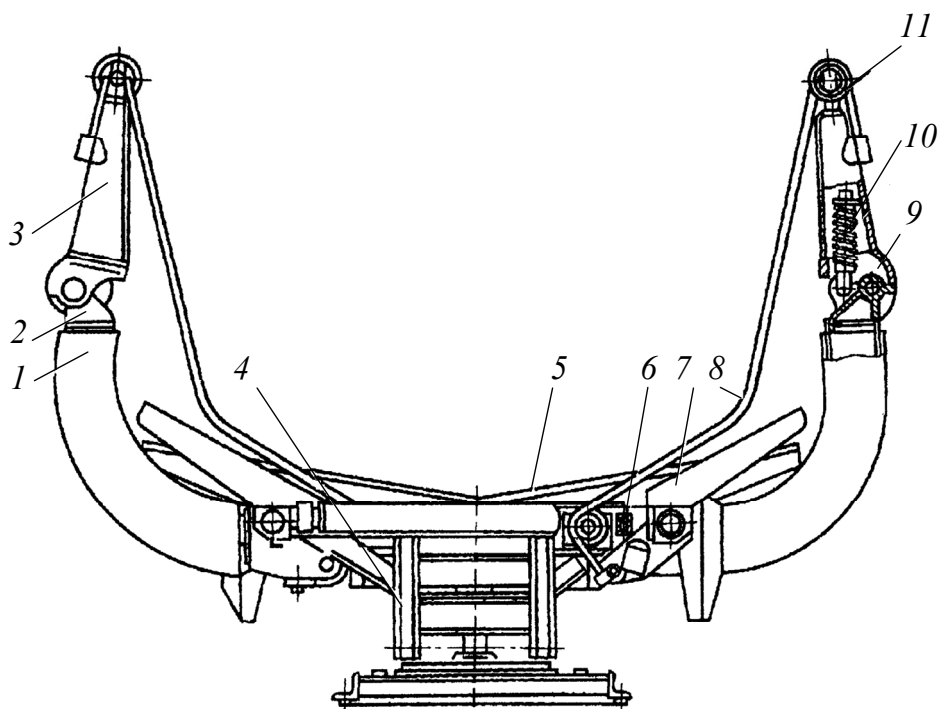


Рис. 17. Зажимной коник валочно-трелевочной машины:  
 1 – основание зажимного рычага; 2, 9 – зажимные рычаги; 3 – вершина зажимного рычага; 4 – основание коника; 5 – нож; 6 – поперечная балка основания коника; 7 – ограничитель; 8 – обвязочный канат;  
 10 – пружина; 11 – ролик

*Толкатель* служит для выравнивания и штабелевки стрелованных деревьев на верхних складах и выполнения вспомогательных работ. Он состоит из отвала и двух сварных балок, соединенных шарнирно с рамой трактора. Опускание и подъем толкателя производится гидроцилиндрами, установленными на лонжеронах переднего конца рамы машины.

*Особенности способов и приемов выполнения технологических операций манипуляторными ВТМ*

Обработку деревьев начинают с правильной установки машины. Рабочая зона манипулятора машины показана на рис. 18.

Все деревья, находящиеся в рабочей зоне манипулятора, могут быть срезаны и повалены машиной. Удобная зона для валки и укладки деревьев на коник показана штриховкой, а наиболее удобная зона для выполнения этих операций показана двойной штриховкой. Поэтому машину нужно устанавливать так, чтобы дерево (или группа деревьев), подлежащее обработке, находилось по возможности в этой зоне. Дерево в этой зоне можно валить кроной на волок, а затем комель уложить на коник подъемом и поворотом его манипулятором.



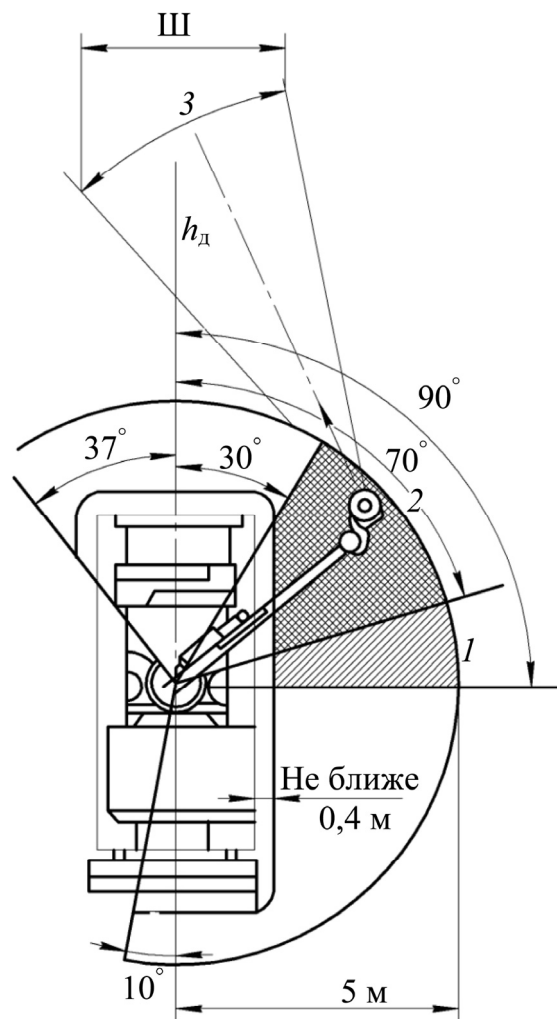


Рис. 18. Схема рабочей зоны манипулятора машины ЛП-58-01 и выбора сектора направления валки деревьев:  
 1 – зона, удобная для валки и укладки деревьев на коник; 2 – наиболее удобная зона для валки и укладки деревьев на коник; 3 – сектор направления валки; Ш – ширина машины;  $h_d$  – высота дерева

Исходя из параметров дерева (его высоты, наклона и др.) и направления ветра, направление валки выбирают так, чтобы после приземления верхняя часть дерева располагалась сзади машины в полосе, симметрично расположенной вдоль ее оси и равной примерно 1,0–1,2 ширины машины.

После наведения и опускания ЗСУ на землю захваты закрывают и прижимают ими ствол дерева к упору опорной призмы. Перед срезанием к каждому дереву (в зависимости от его диаметра, породы и других факторов) необходимо прикладывать оптимальное усилие, обеспечивающее необходимое поджатие дерева и его наклон в сторону валки для беззажимной работы пилы.

Для срезания дерева включают в работу пильный механизм. В конце срезания, когда у дерева остается недопиленная перемычка толщиной 0,10–0,15 диаметра дерева, с помощью захватных рычагов и манипулятора производится валка дерева при одновременном допиливании перемычки. В конце срезания дерево чуть оседает и начинает наклоняться. При этом сигнале необходимо отвести пильную шину с цепью в исходное положение, включив стрелу на подъем. Если перемычка полностью не допилена, она разрушается ножами, закрепленными на внутренней стороне захватов.

*Формирование пачки.* Машины типа ЛП-58-01 формируют пачку деревьев на конике. Перед началом загрузки зажимные рычаги коника открываются, а сам коник переводится в рабочее положение – откидывается назад при помощи гидроцилиндра в положение, при котором деревья укладываются одновременно на ножевой упор и ролик.

Объем пачки, формируемой на конике, определяется допустимой грузоподъемностью машины. Комли поваленных деревьев могут быть уложены на коник подтягиванием, перекидыванием комля дерева через зажимный рычаг коника или комбинацией этих приемов. При подтягивании торцы деревьев должны находиться позади коника, а при перекидывании – впереди. Для сокращения продолжительности укладки необходимо совмещать открытие коника с операциями переноса комля.

Сформированная пачка зажимается и транспортируется к лесопогрузочному пункту. При зажиме пачки петлей каната гидроцилиндр поворота автоматически устанавливается в плавающее положение, благодаря чему машина может поворачиваться относительно пачки деревьев.

*Разгрузка пачки.* Машина ЛП-58-01 может разгружать пачку путем выезда из-под нее либо манипулятором. Первый способ разгрузки получил наибольшее распространение. Во время разгрузки пачки рычаги захвата расходятся и гидрофиксатором коник наклоняется вперед на угол  $16^\circ$  вместе с горизонтальным роликом, который приподнимает пачку и при движении машины вперед она свободно сползает с коника. Этим же гидроцилиндром коник фиксируется при обратном движении машины на лесосеку.

После разгрузки пачки путем выезда машины из-под нее комли отдельных деревьев оказываются выдвинутыми из штабеля, а разгруженная пачка – разбросанной по ширине. Выравнивание

комлей осуществляют с помощью толкателя путем продольного перемещения комлей деревьев, выступающих из штабеля. Пачки собирают в штабеля путем их поперечного сдвигания толкателем. Вначале сдвигают вершинную часть пачки, а затем комлевою.

### Определение рациональных параметров захватно-срезающего устройства валочно-пакетирующей машины

При определении усилий в гидроцилиндрах поворота рычагов захватов ВПМ необходимо рассмотреть следующие случаи нагружения захватов: натяжение ствола дерева в процессе спиливания; наклон ЗСУ в сторону машины; наклон ЗСУ вперед от машины.

Расчетная схема сил, действующих на захваты в процессе натяжения дерева при спиливании, представлена на рис. 19.

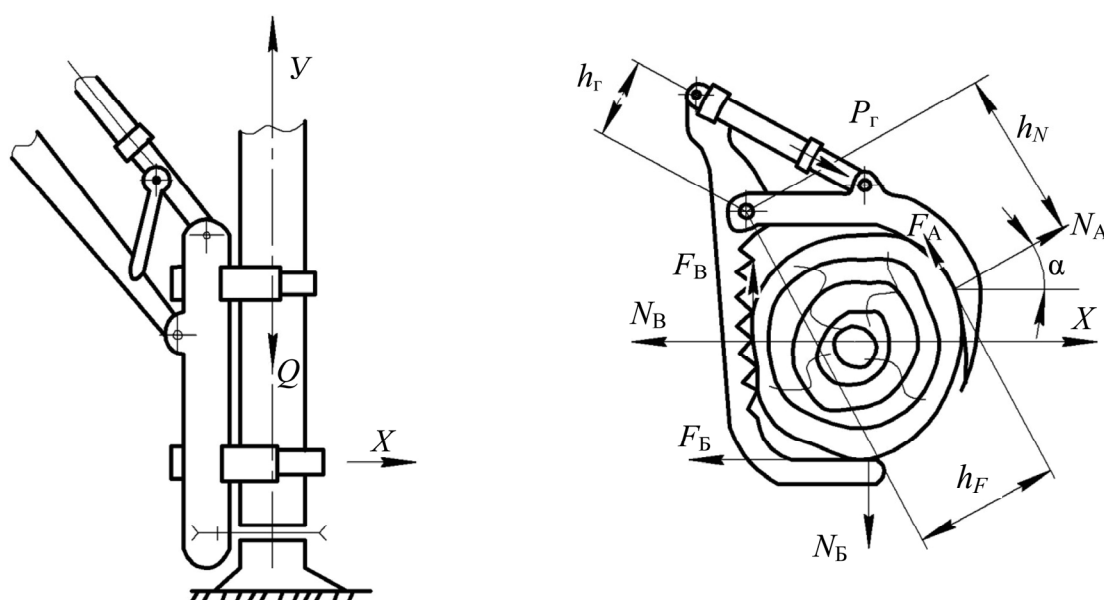


Рис. 19. Схема сил, действующих на захват в процессе натяжения дерева

Для обеспечения натяжения дерева должно быть выполнено условие

$$(N_A + N_B + N_B) \cdot \mu_1 \cdot n \geq Q \cdot K_3,$$

где  $N_A$ ,  $N_B$ ,  $N_B$  – соответственно нормальные реакции дерева на рычаги захвата, Н;  $\mu_1$  – коэффициент трения захвата о дерево в продольном направлении к оси дерева ( $\mu_1 = 0,8-1,0$ );  $n$  – число захватов в ЗСУ;  $Q$  – максимальная сила веса дерева, Н;  $K_3$  – коэффициент запаса натяжения дерева ( $K_3 = 1,2-1,4$ ).

В процессе прижима захватных рычагов к стволу дерева возникают силы трения  $F_A$ ,  $F_B$ ,  $F_V$  между рычагами и деревом, направленные в плоскости, перпендикулярной оси ствола. Принимается допущение, что силы реакций дерева  $N_A$ ,  $N_B$ ,  $N_V$  равны между собой.

Силы трения на рычагах, Н,

$$F_A = F_B = F_V = N_A \cdot \mu_2,$$

где  $\mu_2$  – коэффициент трения скольжения рычагов захвата о поверхность дерева в поперечном направлении к оси дерева ( $\mu_2 = 0,8-1,0$ ).

Величина силы нормальной реакции на рычагах захвата определится из уравнения проекций сил на ось  $X$ :

$$N_A = \frac{Q \cdot K_3}{2 \cdot n \cdot \mu_2 (1 + \cos \alpha - \mu_1 \cdot \sin \alpha)},$$

где  $\alpha$  – угол между направлением реакции  $N_A$  и осью  $X$ , рад.

Усилие на штоке гидроцилиндра рычагов захватов составит

$$P_r = \frac{N_A \cdot h_N + F_A \cdot h_F}{h_r}.$$

Для определения максимальных усилий на рычагах захватов для случая, когда ЗСУ направлена в сторону машины, расчетная схема представлена на рис. 20.

В этом случае на опоре ЗСУ и на рычагах нижнего захвата возникают реакции  $R_{O1}$  и  $R_{O2}$ . Сила веса дерева распределяется на составляющие  $Q_x$  и  $Q_y$ . В плоскости второго захвата силы действуют на опору ЗСУ, а на первый захват действуют силы, стремящиеся раскрыть захват.

Сила нормальной реакции на нижнем рычаге захвата

$$N_{A1} = \frac{Q \cdot \left( 0,5 \cdot \cos \varphi + \mu_1 \frac{h_2}{h_3} \cdot \sin \varphi \right)}{2 \cdot \mu_1 \cdot (1 + \cos \alpha - \mu_2 \cdot \sin \alpha)},$$

где  $\varphi$  – угол наклона дерева, рад;  $h_2$  – расстояние от верхнего захвата до центра тяжести дерева, м;  $h_3$  – расстояние между захватами, м.

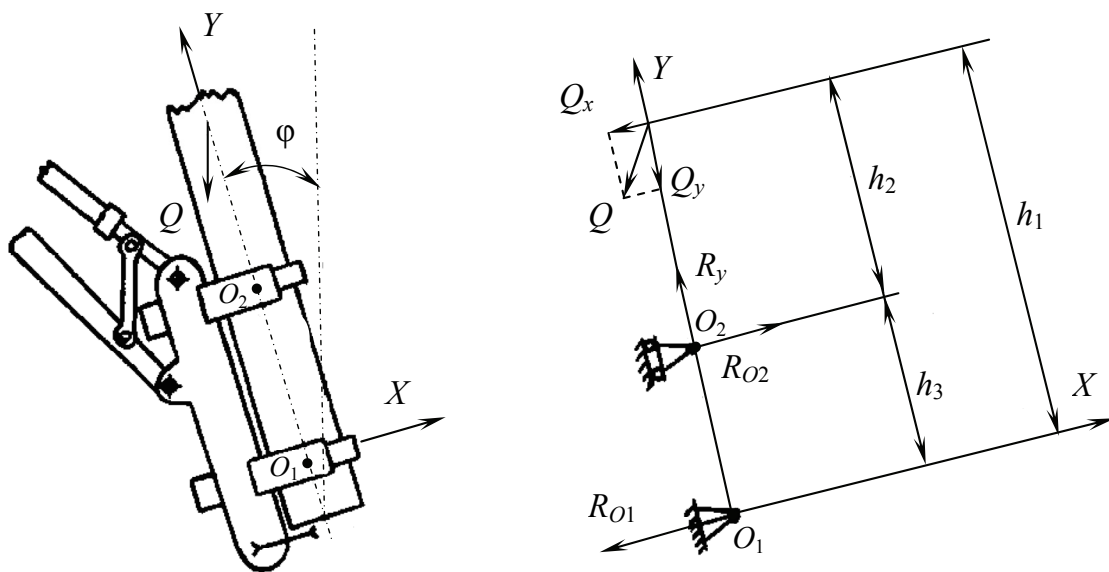


Рис. 20. Схема сил, действующих на рычагах захватов при наклоне дерева в сторону машины

Максимальное усилие на гидроцилиндре нижнего захвата

$$P_{r1} = N_{A1} \cdot \left( \frac{h_N + \mu_2 \cdot h_F}{h_r} \right).$$

Расчетная схема нагружения ЗСУ при его наклоне с деревом вперед от машины приведена на рис. 21.

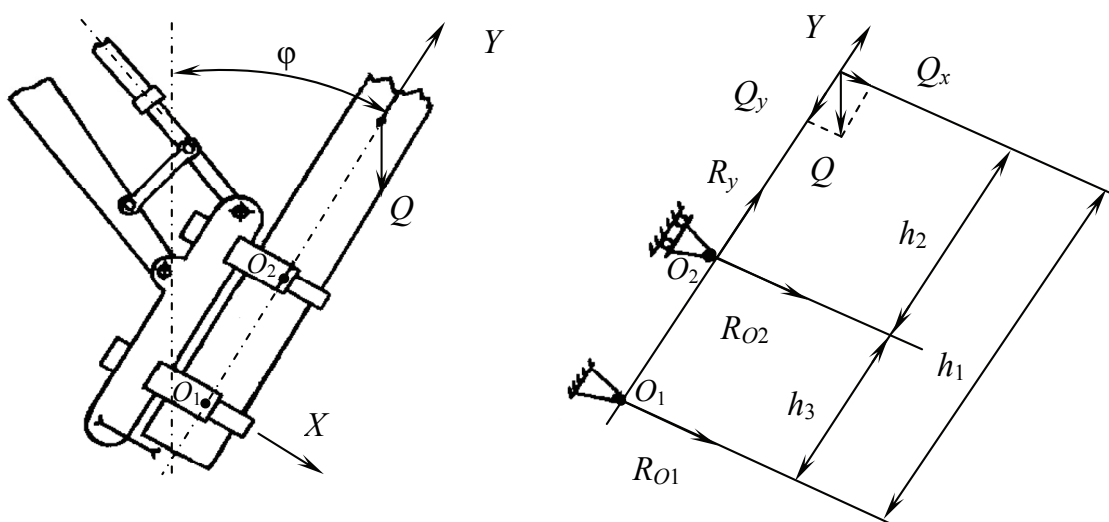


Рис. 21. Схема сил, действующих на рычагах захватов при наклоне дерева вперед от машины

Сила нормальной реакции во втором захвате

$$N_{A_2} = \frac{Q \cdot \left[ 0,5 \cdot \cos \varphi + \mu_1 \left( \frac{h_2}{h_3} + 1 \right) \cdot \sin \varphi \right]}{2 \cdot \mu_1 \cdot (1 + \cos \alpha - \mu_2 \cdot \sin \alpha)}.$$

Усилие на штоке гидроцилиндра верхнего рычага захвата составит

$$P_{r_2} = N_{A_2} \cdot \left( \frac{h_N + \mu_2 \cdot h_F}{h_T} \right).$$

### **Основные правила безопасной работы на валке деревьев ВПМ**

При машинной валке деревьев необходимо соблюдать «Межотраслевые правила по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве». В процессе валки деревьев между ВПМ, ВТМ и другими машинами, работающими на лесосеке, должно соблюдаться безопасное расстояние не менее 50 м. Не допускается спиливание машиной дерева, диаметр которого больше максимальной толщины, указанной в техническом паспорте машины. Не разрешается валить деревья с корнями, выполнять погрузочно-разгрузочные работы, если машина не имеет для этих целей специального оборудования. Находиться под гидроманипулятором можно только в том случае, если ЗСУ опирается на землю. Приступая к работе, оператор должен убедиться в отсутствии людей в опасной зоне и подать звуковой сигнал. Так как машинная валка деревьев разрешается круглосуточно, в темное время суток должна обеспечиваться нормативная освещенность рабочих зон, а машинисты должны иметь фонари, с помощью которых можно подавать сигналы и безопасно передвигаться по лесосеке в случае аварийной ситуации.

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых материалов.
2. Ознакомиться с назначением и областью применения машин, их основными характеристиками и общим устройством технологического оборудования.

3. По заданию преподавателя с использованием натуральных макетов, плакатов произвести детальное изучение конструктивных особенностей конкретной машины.

4. Ознакомиться с правилами обслуживания ВПМ и ВТМ.

5. С использованием учебных фильмов изучить правила и приемы эффективной и безопасной работы данных машин.

6. В соответствии с выданным заданием выполнить расчет параметров захватно-срезающего устройства ВПМ и сделать выводы.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение ВПМ и ВТМ, их устройство, классификация и предъявляемые требования.

2. Дается описание конструкций основных деталей и узлов технологического оборудования машин, приводится принцип их работы.

3. Последовательно излагаются вопросы подготовки к работе и обслуживания ВПМ и ВТМ.

4. Описываются основные технические характеристики машин.

5. Приводятся технологические схемы разработки лесосек с использованием ВПМ и ВТМ, а также их описание.

6. Дается методика и результаты расчета параметров захватно-срезающего устройства ВПМ. Анализируется влияние различных факторов на основные параметры ЗСУ.

7. Формулируются выводы по лабораторной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. По каким признакам и как классифицируются машины для валки деревьев?

2. Назовите основные элементы технологического оборудования валочно-пакетирующих и валочно-трелевочных машин.

3. Какой пильный механизм может использоваться в ВПМ, условия применения, достоинства и недостатки?

4. В чем особенность ЗСУ с накопителем?

5. Что включает механизм поворота платформы ВПМ?

6. Охарактеризуйте технологический цикл (приемы работы) ВПМ.

7. Опишите конструкцию ПФУ (коника) ВТМ.

8. Охарактеризуйте технологический цикл ВТМ.

9. Приведите основные модели ВПМ, ВТМ и их технические характеристики.

10. Как найти значение усилия на штоке гидроцилиндра рычагов захватов?

## ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО- РАСРЯЖЕВОЧНЫЕ МАШИНЫ (ХАРВЕСТЕРЫ)

**Цель работы:** изучить назначение, область применения, конструкцию, систему управления и принцип работы харвестеров, освоить особенности безопасной и эффективной эксплуатации данного оборудования.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы, подборка учебных фильмов и плакатов «Харвестеры», тренажер-симулятор харвестера «Понссе».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить назначение и область применения машин, их основные характеристики и общее устройство технологического оборудования. Ознакомиться с методикой расчета параметров харвестерной головки.

### **Особенности конструкции и принцип действия харвестеров**

**Классификация харвестеров.** Харвестер является основной машиной для заготовки сортиментов в условиях лесосеки и относится к группе самоходных машин. Он состоит из базы, на которой монтируется технологическое оборудование.

**В качестве базы** в целях удешевления харвестеров или же создания машин двойного назначения могут использоваться гусеничные или колесные тракторы общего назначения, экскаваторы, дорожно-строительные или грузоподъемные машины (реже), а также специализированные функциональные шасси с энергетической установкой. По типу шасси выделяют харвестеры: гусеничные, имеющие две или четыре гусеницы; колесные, с колесной формулой 4К4, 6К6 и 8К8; шагающие и комбинированные.

**По виду трансмиссии** выделяют харвестеры, имеющие механическую (редко), электрогидравлическую и гидростатическую трансмиссии. Большинство моделей харвестеров имеют гидростатическую трансмиссию, работа которой оптимизируется бортовым компьютером. Наличие гидростата в трансмиссии позволяет дви-



гаться по слабым лесным почвогрунтам практически без пробуксовки колес с плавным увеличением крутящего момента на колесе от нуля.

*По массе* харвестеры классифицируются на легкие (массой до 7 т), средние (от 7 до 15 т) и тяжелые (свыше 15 т).

*По назначению* выделяют харвестеры: для проведения рубок главного и (или) промежуточного пользования.

*По типу срезающего и раскряжевочного устройств* выделяют харвестеры с консольной цепной пилой и ножами силового действия.

*По типу протаскивающих устройств* различают харвестеры с вальцовым, гусеничным, пневмоколесным и комбинированным механизмами протаскивания непрерывного действия и с циклической подачей, осуществляемой захватами или ножами для срезания сучьев, приводимыми в действие с помощью гидравлических систем.

*По конструкции сучкорезного узла* харвестерной головки выделяют харвестеры с набором от трех до пяти клиновидных ножей силового резания, изогнутых по дуге и наилучшим образом копирующих профиль ствола. Ножи силового резания выполняются как с односторонней, так и с двухсторонней режущими кромками.

В зависимости от конструкции харвестеры могут быть с неподвижной кабиной и кабиной, позволяющей менять угол наклона в процессе работы, а также в целом менять центр тяжести машины. Последнее обстоятельство наиболее важно при работе харвестера в холмистой местности, расширяет его технологические возможности и повышает безопасность труда.

На лесозаготовках в Республике Беларусь находят применение харвестеры «Амкодор 2551», «Амкодор 2541», «Сампо-1046», «Сампо-1066», «Коматцу Форест-911», «Джон Дир-1170Е», «Понссе» и др.

Харвестер **«Амкодор 2551»** (рис. 22) предназначен для валки деревьев, обрезки сучьев, раскряжевки хлыстов на сортименты с одновременным обмером и учетом заготовленных лесоматериалов при проведении сплошных и несплошных рубок главного пользования.

*Принцип работы харвестера* заключается в следующем: оператор направляет харвестер на рабочую площадку, одновременно выбирая наилучшую позицию для размещения машины. Наилучшей является та позиция, при которой оператор может беспрепятственно подвести харвестерную головку, закрепленную к рукояти

манипулятора, к выбранному дереву, а также хорошо просматривать зону работы и следить за пильной шиной харвестерной головки. Выбрав дерево, оператор переводит харвестерную головку в положение валки (вертикальное), охватывает головкой дерево и срезает его. При падении дерева харвестерная головка переводится в горизонтальное положение (положение раскряжевки). Не разжимая захвата, происходит протаскивание дерева протаскивающими вальцами на расстояние, соответствующее длине выпиливаемого сортимента. Затем процесс раскряжевки повторяется. При необходимости оператор может изменять длину отрезаемых сортиментов. Сортименты за счет изменения места раскряжевки формируются в пакеты вдоль волока. Затем машина перемещается на новую позицию (либо при прежней позиции машины манипулятор направляется к следующему дереву). Раскряжевка может производиться как в автоматическом, так и в ручном режимах.

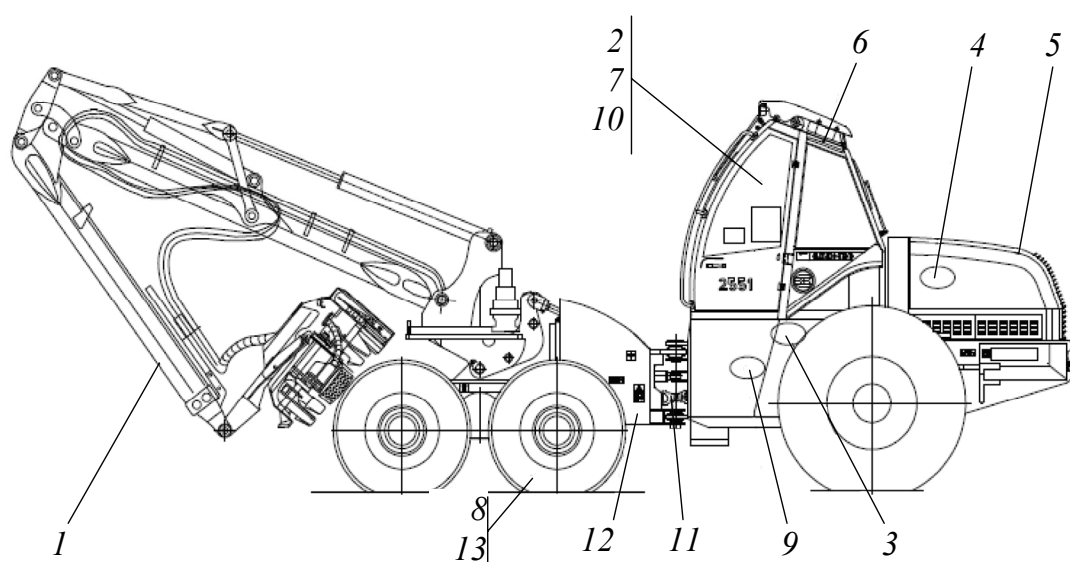


Рис. 22. Общий вид харвестера «Амкодор 2551»:

- 1 – технологическое оборудование (гидроманипулятор, харвестерная головка); 2 – кабина; 3 – гидросистема подъема кабины; 4 – силовая установка; 5 – облицовка; 6 – электросистема; 7 – гидросистема рулевого управления; 8 – гидросистема тормозов; 9 – установка ГСП; 10 – управление; 11 – установка карданных валов; 12 – рама; 13 – установка мостов и колес

Харвестер представляет собой колесную самоходную машину, основными частями которой являются: силовая установка 4, установка гидростатической передачи (ГСП) 9, установка мостов и колес 13, установка карданных валов 11, технологическое оборудование 1 (гидроманипулятор и харвестерная головка), управление 10,

рама 12, гидросистема рулевого управления 7, электросистема 6, облицовка 5, кабина 2, гидросистема тормозов 8, гидросистема подъема кабины 3.

Основные технические данные харвестера «Амкодор 2551» приведены в табл. 9.

Таблица 9

**Техническая характеристика харвестера «Амкодор 2551»**

Показатель	Значение
Ширина по колесам, мм	2 900
Минимальный радиус поворота, м, не более	8,8
Клиренс, мм	580
Масса эксплуатационная, кг	15 500
Марка двигателя	Д-260.9
Мощность эксплуатационная, кВт	132
Расход топлива, л/мото-ч	20
Скорость передвижения, вперед/назад, км/ч	0–30/0–30
Максимальное тяговое усилие, кН	120
Марка гидроманипулятора	Kesla 1395H
Вылет стрелы гидроманипулятора, м	9,5
Максимальный подъемный момент, кН · м	100
Угол поворота манипулятора в горизонтальной плоскости, град	260
Марка харвестерной головки	Kesla 25RH или 25RH II
Максимальный диаметр распила, мм	670
Скорость подачи, м/с, не более	5
Усилие протаскивания дерева, кН	23

Движение харвестера производится за счет передачи крутящего момента с маховика двигателя через эластичную муфту и редуктор отбора мощности на гидронасос гидростатической передачи, а затем, преобразованная из механической в гидравлическую, энергия потока рабочей жидкости передается на гидромотор. Гидромотор вновь преобразует энергию гидравлического потока в механическую, и через раздаточную коробку крутящий момент передается на ведущие мосты, осуществляя тяговое усилие на колесах харвестера.

На харвестере установлены два *ведущих моста* – передний и задний. Задний мост – балансирный, жестко крепится к задней полураме. Передний (подмоторный) мост установлен на жесткую балансирную рамку, которая качается в плоскости, перпендикулярной к оси харвестера. Балансирная рамка снижает воздействие на раму деформации кручения.

*Рама* харвестера предназначена для размещения и крепления основных узлов и систем машины и состоит из передней и задней полурам, шарниры которых соединены посредством двух вертикальных пальцев. На задней полураме установлено технологическое оборудование харвестера, представляющее собой манипулятор и харвестерную головку. На передней полураме размещены силовая установка, трансмиссия, кабина.

*Гидростатическая трансмиссия* харвестера предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к колесам и включает в себя редуктор отбора мощности, раздаточную коробку, карданную передачу и ведущие мосты.

*Гидросистема харвестера* состоит из гидросистемы хода, гидросистемы технологического оборудования и рулевого управления, гидросистемы тормозов.

*Гидросистема хода* обеспечивает передачу крутящего момента от входного вала редуктора отбора мощности к выходному валу гидромотора раздаточной коробки и включает: гидравлический бак, клапан замера давления, гидромотор, насос, вакуумный манометр, теплообменник, фильтр.

*Контур привода рабочего оборудования* обеспечивает работу гидроманипулятора, харвестерной головки, а также осуществляет поворот машины за счет складывания полурам. Он состоит из насоса, электроуправляемого гидрораспределителя, гидроцилиндров наклона манипулятора, рукояти, телескопа, стрелы, гидроцилиндров рулевого управления, гидромоторов ротатора и поворота манипулятора, линии управления харвестерной головкой.

*Гидросистема тормозов* харвестера включает: рабочую (основную) тормозную систему, которая действует на все колеса и управляется педалью из кабины оператора; стояночную тормозную систему, действующую на все колеса машины; тормоз поворота колонки манипулятора.

К основному *технологическому оборудованию* относится манипулятор и харвестерная головка.

*Манипулятор* крепится на задней полураме и предназначен для перемещения харвестерной головки в необходимое положение при выполнении технологических операций, обеспечивая максимальную досягаемость деревьев при минимальных перемещениях машины по лесосеке. К функциям манипулятора относятся: подъем и опускание стрелы, удлинение рукояти, поворот стрелы. На харвестере установлен манипулятор 1395Н фирмы Kesla (Финляндия).

Общий вид манипулятора показан на рис. 23. Он представляет собой манипулятор параллелограммного типа, в котором рукоять с помощью цилиндра перемещения и механизма стабилизации движется линейно по отношению к поверхности земли. При положительном движении цилиндра манипулятор перемещается в направлении от машины, при отрицательном движении цилиндра – к базовой машине. Регулировка высоты манипулятора над землей осуществляется с помощью подъемного цилиндра. Также в данной конструкции имеется возможность наклона стрелы манипулятора.

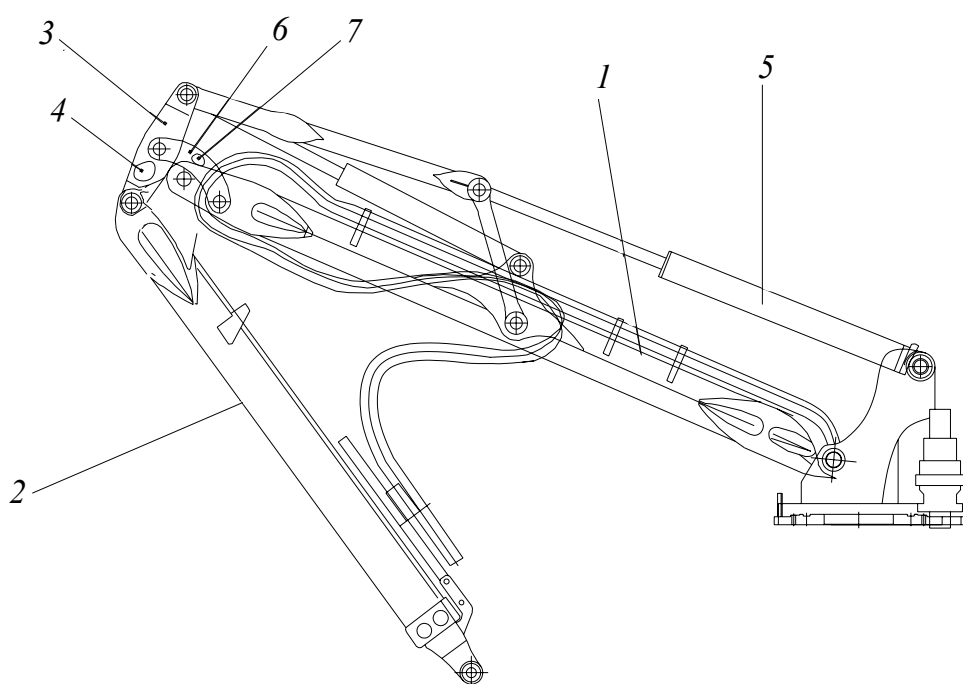


Рис. 23. Гидроманипулятор 1395Н:

1 – стрела; 2 – рукоять; 3, 4 – коромысла; 5 – гидросистема; 6, 7 – тяги

*Харвестерная головка 25RH* финской фирмы Kesla (рис. 24) закреплена на конце рукояти манипулятора. Она объединяет в себе захватные, срезающие, сучкорезные, протаскивающие устройства и ряд других вспомогательных механизмов. С каркасом головки соединены гидроцилиндры 4, осуществляющие перевод ее из вертикального положения для срезания дерева в горизонтальное положение для обрезки сучьев и раскряжевки. Посредством механизма наклона, включающего подвеску 5, через поворотный ротатор каркас головки соединяется с манипулятором. На каркасе смонтированы захватные рычаги, на концах которых размещаются протаскивающие вальцы 10. Для привода вальцов используются гидромоторы. В верхней части каркаса располагаются два

боковых подвижных сучкорезных ножа *1* и один стационарный опорный нож *2*, в нижней части – два подвижных задних ножа *8*. Ножи могут иметь индивидуальный привод или быть кинематически связанными с захватами протаскивающего механизма. Режущие кромки ножей могут быть наплавленные или сменные.

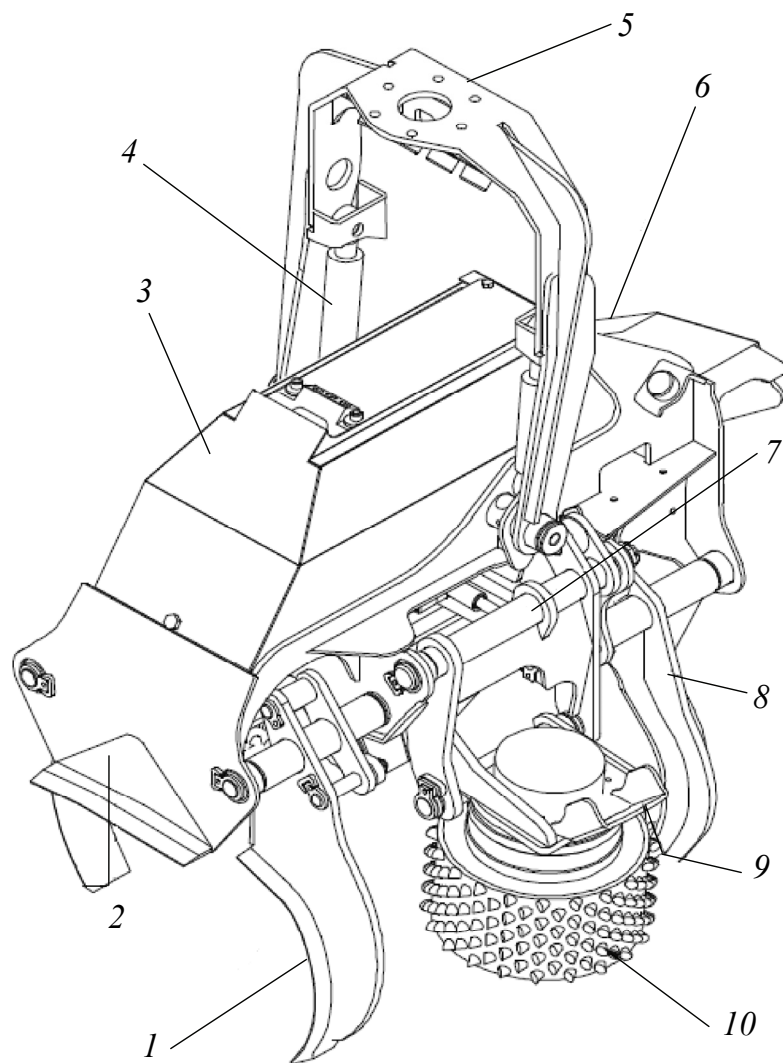


Рис. 24. Харвестерная головка:

- 1* – подвижные передние сучкорезные ножи;
- 2* – неподвижный сучкорезный нож; *3* – кожух гидросистемы;
- 4* – гидроцилиндр наклона головки; *5* – подвеска;
- 6* – установка пильного аппарата; *7* – ось протаскивающих вальцов;
- 8* – подвижные задние сучкорезные ножи; *9* – поворотная ось протаскивающих вальцов; *10* – протаскивающие вальцы

В нижней части головки смонтирован срезающий пильный аппарат *6* в виде цепной консольной пилы с блоком автоматики, скорость надвигания которого зависит от сил сопротивления, действующих при пилении. В центре каркаса между рычагами уста-

новлены опорный вращающийся ролик и измерительное колесо датчика отмера длин выпиливаемых сортиментов.

Харвестерную головку подводят к комлю дерева при раскрытых протаскивающих вальцах и ножах, которые далее прижимают к стволу. При этом дерево надежно фиксируется в силовом контуре головки между рычагами и каркасом. Дерево спиливается цепной пилой и сталкивается при помощи манипулятора и наклонного (валочного) механизма головки на землю, оставаясь зажатым рычагами. Далее протаскивающий механизм начинает перемещать дерево относительно сомкнутых по стволу сучкорезных ножей, обрезаая при этом сучья. По мере продвижения ствола вдоль головки производится автоматический отмер длины очищенной от сучьев части. Измерение длины сортиментов производится с помощью перекатывающегося вдоль ствола зубчатого измерительного колеса. Датчик импульсов, кинематически связанный с ним, посылает сигналы на блок управления, который выдает результат измерения на дисплей и при необходимости на принтер. При достижении заданной длины оператор включает в работу пильный механизм (тот же, что используется для валки дерева), который выполняет поперечный рез ствола. Выпиленный сортимент падает на землю.

Вместо данной головки на харвестер можно монтировать другие, например, оснащенные дополнительно установленными рычагами для обработки нескольких стволов деревьев или ножевым срезающим устройством для срезания тонкомерной древесины. Такая конструкция харвестерных головок позволяет применять машины на заготовке как деловой древесины, так и древесины для энергетических целей.

Все манипуляторы и харвестерные головки управляются высокочувствительными мини-джойстиком, установленными в подлокотниках сиденья. С помощью компьютерных систем контролируется гидравлика, измеряется длина, диаметр сортиментов и их объем, с учетом породы и диаметров выбирается рациональная схема раскряжевки хлыстов.

Харвестер «Амкодор 2541» предназначен для проведения рубок промежуточного пользования, а также рубок главного пользования в мелких и средней крупности насаждениях. Принцип работы и основные узлы аналогичны машине «Амкодор 2551». Отличием является база машины, которая имеет колесную формулу 4К4, а также гидромеханическая коробка передач вместо гидростатического привода.

Основные технические данные харвестера «Амкодор 2541» приведены в табл. 10.

## Техническая характеристика харвестера «Амкодор 2541»

Показатель	Значение
Ширина по колесам, мм	2 725
Минимальный радиус поворота, м, не более	6,5
Масса эксплуатационная, кг	14 000
Мощность эксплуатационная, кВт	132
Максимальный диаметр распила, мм	520
Скорость подачи, м/с, не более	5
Усилие протаскивания дерева, кН	23

Технологическое оборудование харвестера (рис. 25) расположено на задней полураме и включает гидроманипулятор 1395Н, ротатор, харвестерную головку 20RH.

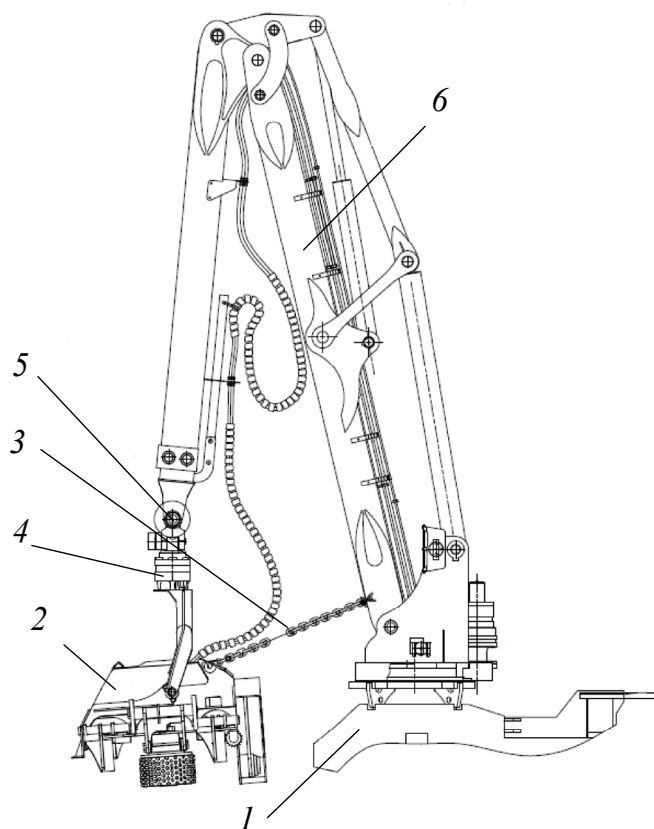


Рис. 25. Технологическое оборудование харвестера «Амкодор 2541»:  
 1 – полурама; 2 – харвестерная головка; 3 – фиксирующая цепь; 4 – ротатор;  
 5 – ось качения с тормозным устройством; 6 – гидроманипулятор

В отличие от «Амкодор 2551» опорное устройство манипулятора не имеет функции наклона вперед/назад.

Размерная схема манипулятора, зависимость грузоподъемности манипулятора от вылета и его рабочая зона приведены на рис. 26.



Управление технологическим оборудованием харвестера осуществляется с помощью бортового ЭВМ и управляющей системы Motomit IT. Для запоминания длин сортиментов служит программатор, каждая микрокнопка которого программируется на нужный оператору размер сортимента.

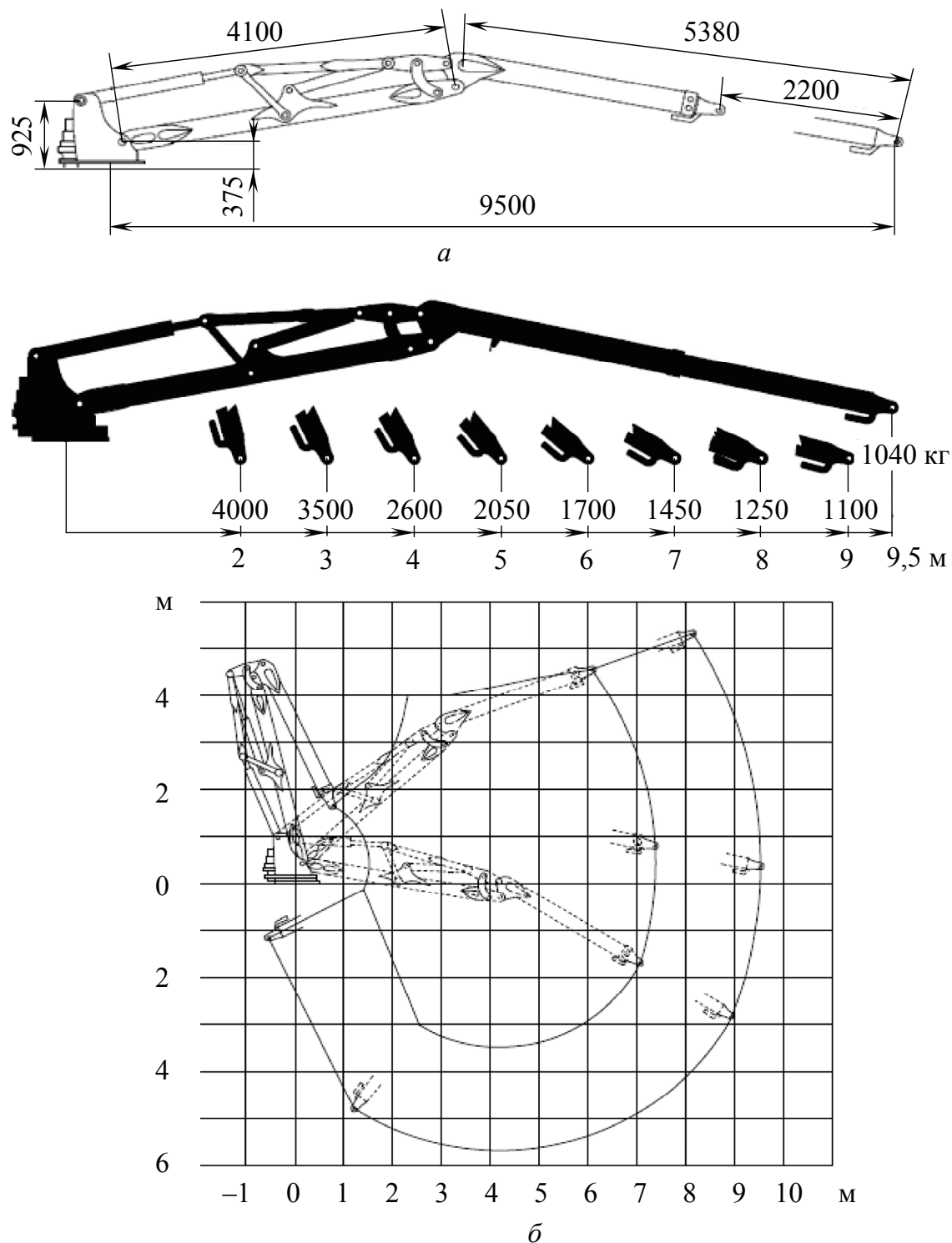


Рис. 26. Размерная схема (а) и грузоподъемность (б) манипулятора FH 1395

Харвестер «Амкодор 2583» с колесной формулой 8К8 (рис. 27) предназначен для эксплуатации в условиях заболоченных труднодоступных лесосек при проведении рубок главного пользования, а также при работе в крупномерных насаждениях. Такая компоновка позволяет уменьшить давление движителя на почвогрунты за счет более равномерного его распределения и увеличения площади контакта с опорной поверхностью. Максимальное тяговое усилие трансмиссии 200 кН, вылет манипулятора 10 м, максимальный диаметр распила 750 мм. Эксплуатационная масса харвестера 21 000 кг.

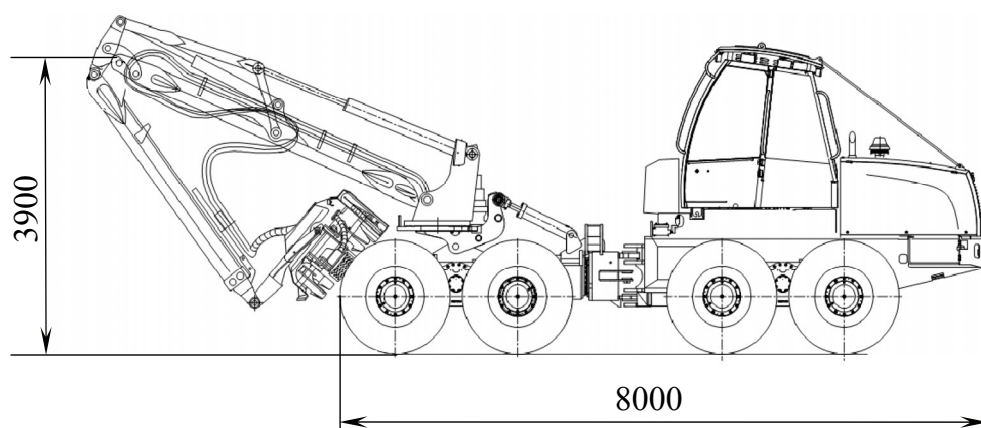


Рис. 27. Общий вид харвестера «Амкодор 2583»

Харвестер «Амкодор 2531» с колесной формулой 4К4 предназначен для рубок промежуточного пользования (прочисток, прореживаний). Его ширина по колесам 2300 мм, минимальный радиус поворота не более 5 м, эксплуатационная масса 9000 кг. На машине установлен двигатель мощностью 88 кВт. Вылет стрелы гидроманипулятора составляет 7,13 м, а максимальный диаметр распила – 450 мм.

Технические характеристики некоторых зарубежных харвестеров приведены в табл. 11.

Таблица 11

**Технические характеристики харвестеров**

Показатель	Марка машины			
	Сампо-1046 / 1066	Коматцу-901.4 / 911.4	Понсе Beaver / Fox	Джон Дир-1070Е / 1170Е
Мощность двигателя, кВт	73,5 / 129	150 / 170	129 / 145	136 / 145
Максимальный вылет манипулятора, м	7,1 / 10,5	10 / 10	11 / 11	10 / 11,3
Максимальный диаметр распила, см	32 / 45	60 / 65	50 / 60	56
Максимальная скорость подачи, м/с	5 / 5	5 / 5	5 / 6	5

Харвестер «Коматцу Форест-911.4» (рис. 28) используется при проведении различных видов рубок. Особенностью конструкции машины является телескопический манипулятор, установленный на поворотном устройстве совместно с кабиной.

Харвестер «Джон Дир-1170Е» выполнен на колесной базе и оснащен дизельным двигателем мощностью 145 кВт, который обеспечивает увеличенный крутящий момент и большую мощность при низких оборотах. Харвестер имеет комбинированный шарнирно-рычажно-телескопический манипулятор параллельного действия с максимальным вылетом 11,3 м и грузовым моментом 165 кН·м. Харвестерная головка оснащена шестью сучкорезными ножами. Из них две пары – подвижные, а одна – стационарная. Подвижные ножи открываются и закрываются посредством одного гидроцилиндра. Протаскивающий механизм представляет собой четыре вальца, поверхность которых резиновая, а при необходимости оснащается специальными цепями.

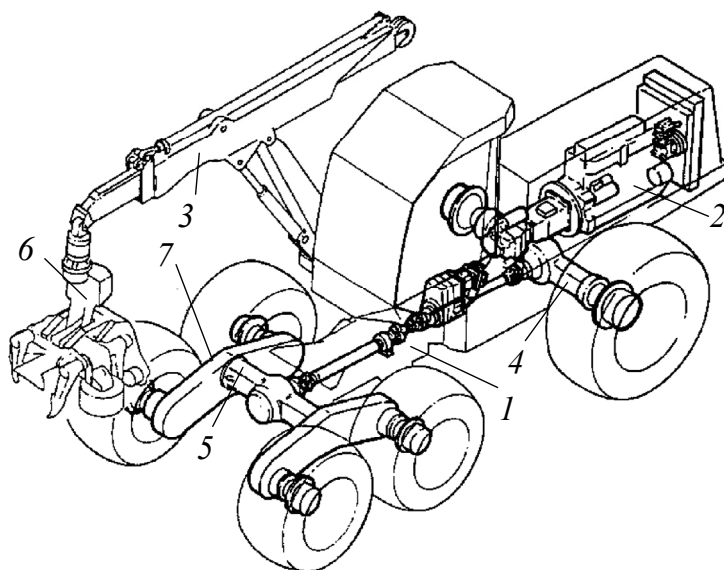


Рис. 28. Харвестер «Коматцу Форест-911.4»:

1 – рама; 2 – двигатель; 3 – манипулятор; 4, 5 – передний и задний мосты;  
6 – харвестерная головка; 7 – тандемы

Харвестер «Сампо-1046» предназначен для рубок промежуточного пользования. Установленный на машине манипулятор модели SR1046X можно наклонять в сторону, что облегчает работу при несплошных рубках. Благодаря наклону манипулятора в сторону, возможно легко захватывать деревья, избегая

повреждения подроста и оставляемого на корню древостоя. Вылет манипулятора в зависимости от модели – 6,1 или 7,1 м. Манипулятор может быть оснащен автоматической системой стабилизации при наклоне в сторону.

### Расчет сучкорезных узлов харвестерной головки

В харвестерах очистка стволов от сучьев осуществляется без образования стружки посредством ножей силового резания. Это наиболее экономичный и надежный способ срезания сучьев.

Применяются следующие схемы компоновки сучкорезных узлов (рис. 29):

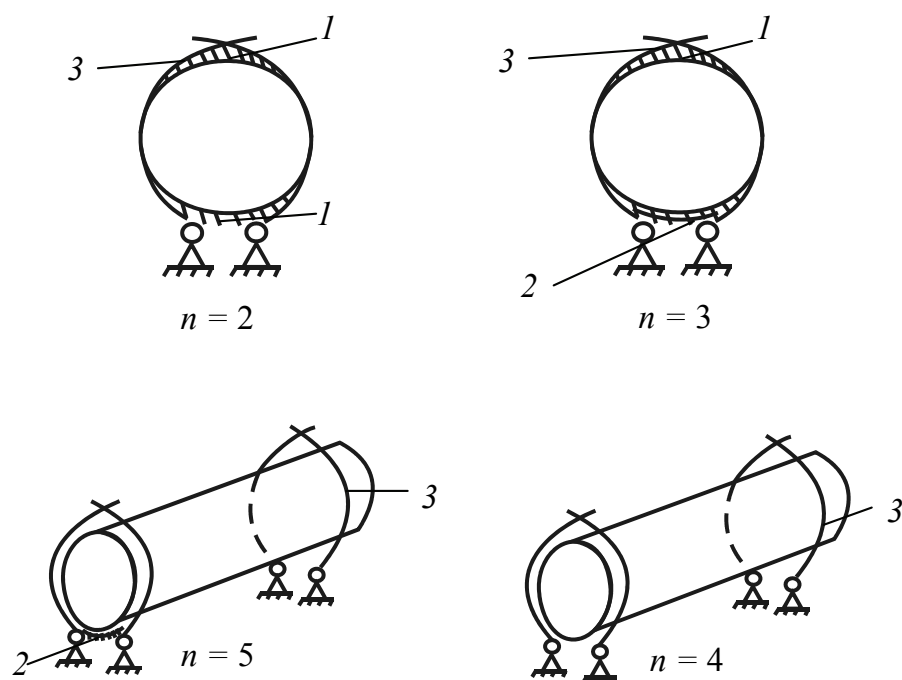


Рис. 29. Схемы компоновки сучкорезных узлов:  
 1 – зона некачественной обрезки сучьев;  
 2 – центральный нож; 3 – боковые ножи

Наиболее предпочтительной является пятиножевая схема, которая позволяет обеспечить высокое качество очистки стволов по высоте оставляемых пеньков сучьев.

Усилие резания без образования стружки зависит от целого ряда факторов и может определяться по формуле

$$P_p = a_{\pi} \cdot a_{\epsilon} \cdot a_{\delta} \cdot a_w \cdot a_u \cdot a_p \cdot n \cdot d^2 \cdot k,$$

где  $a_{\pi}$ ,  $a_{\epsilon}$ ,  $a_{\delta}$ ,  $a_w$ ,  $a_u$ ,  $a_p$  – поправочные коэффициенты, соответственно на породу дерева, угол вrastания сучьев, угол резания, влажность древесины, скорость подачи, затупление ножа;  $n$  – ко-

личество одновременно срезаемых сучьев;  $d$  – диаметр срезаемого сучка, м;  $k$  – удельное сопротивление резанию ( $\approx 315 \cdot 10^4$ ), Н/м<sup>2</sup>.

Значения коэффициентов  $a_{п}$ ,  $a_{\varepsilon}$ ,  $a_{\delta}$ ,  $a_w$ ,  $a_u$ ,  $a_p$  даны в издании [1].

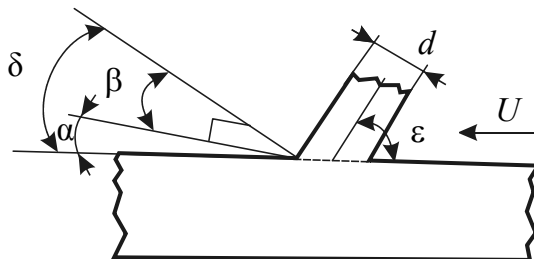


Рис. 30. Схема срезания сучьев:

$\varepsilon$  – угол врастания сучка;  $\beta$  – угол заострения ножа;  
 $\alpha$  – задний угол;  $\delta$  – угол резания

### Расчет механизмов протаскивания дерева

В современных харвестерах механизмы протаскивания дерева в основном представлены двумя типами: вальцовые и гусеничные. Схема расчета основных параметров вальцовых устройств представлена на рис. 31.

Усилие, необходимое для протаскивания дерева в процессе очистки ствола от сучьев, определяется по формуле

$$T = \frac{P_p^c + (q + Q_d) \cdot \mu + F_{ц}}{2},$$

где  $P_p^c$  – сопротивление срезанию сучьев в сучкорезной головке харвестера, Н;  $q$  – суммарное давление прижимных вальцов, Н;  $Q_d$  – вес дерева, Н;  $\mu$  – коэффициент трения качения ствола в подающем механизме;  $F_{ц}$  – сопротивление в цапфах вращающихся элементов подающего механизма, Н.

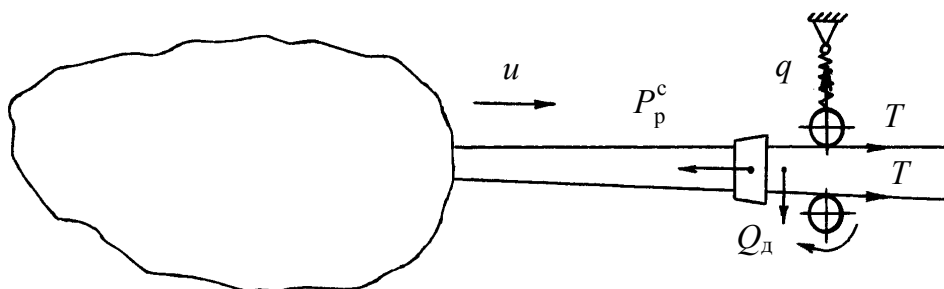


Рис. 31. Схема расчета основных параметров вальцовых устройств

Мощность, необходимая для реализации процесса срезания сучьев  $N$ , Вт, определяется как

$$N = \frac{T \cdot u}{\eta},$$

где  $u$  – скорость протаскивания, м/с;  $\eta$  – КПД передачи от привода к механизму протаскивания.

Расчет механизма протаскивания посредством транспортеров специального типа осуществляется по следующей схеме (рис. 32).

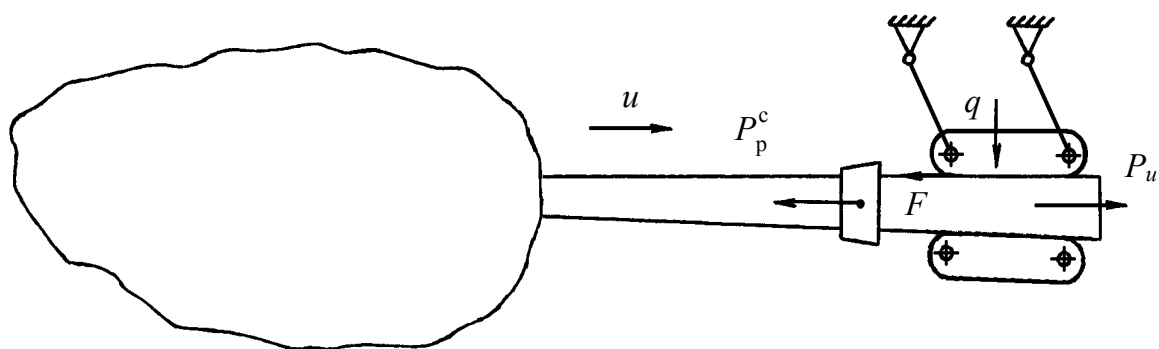


Рис. 32. Схема расчета основных параметров протаскивающих устройств в виде транспортера

$$P_u = P_p^c + F + F_{\text{пр}},$$

где  $F$  – усилие трения между стволом и протаскивающим устройством, Н:

$$F = q \cdot \mu,$$

где  $q$  – суммарное давление прижимного и протаскивающего устройств, Н;  $\mu$  – коэффициент сопротивления движению ствола ( $\mu = 0,3-0,5$ );

$F_{\text{пр}}$  – усилие трения в элементах протаскивающего устройства, Н:

$$F_{\text{пр}} = 0,1F.$$

Мощность, необходимая для протаскивания  $N_u$ , Вт, составит

$$N_u = \frac{P_u \cdot u}{\eta}.$$

Установленная мощность двигателя привода протаскивающего устройства  $N_y$ , Вт, составит

$$N_y = \frac{N_u}{n_{\pi}},$$

где  $n_{\pi}$  – коэффициент перегрузки двигателя протаскивающего устройства.

### **Основные правила безопасной работы на харвестере**

Все работы с применением лесных машин должны вестись в соответствии с разработанными и утвержденными в Республике Беларусь Межотраслевыми правилами по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве.

Лесозаготовительные машины должны соответствовать стандартам, техническим условиям на их изготовление и эксплуатироваться только в исправном состоянии.

Перед началом работы необходимо убедиться в исправности узлов машины и технологического оборудования. Проверке подлежат: крепление технологического оборудования, ограждение кабины, звуковой сигнал, приборы освещения, остекление, крепление защитных устройств.

Все операции по регулированию технологического оборудования, техническому обслуживанию и ремонту следует производить при остановленном двигателе, а харвестерная головка должна быть опущена на землю.

При работе харвестера зона безопасности составляет 70 м. Никто не должен находиться в этой зоне. Оператор обязан хорошо знать возможности работы харвестера с учетом рельефа. Необходимо пользоваться ремнем безопасности.

Не допускается производить валку деревьев, диаметр которых более предусмотренного в технологической документации по эксплуатации машины.

Перемещение харвестера во время выполнения спиливания, обрезки сучьев и раскряжевки не разрешается.

При выполнении валки деревьев обязательно учитывается направление и скорость ветра, наклон дерева. Запрещается оставлять в лесу недопиленные деревья. Если при валке дерево не упало из-за недопила, вызванного обрывом цепи, то машину необходимо переместить в безопасное место. После ремонта агрегата такие деревья следует повалить.

Оператор должен выходить из кабины харвестера и входить в нее только лицом к ней. Он не должен покидать кабину при работающем двигателе.

Прежде чем выехать на харвестере на дорогу общего пользования следует проверить, соответствует ли машина требованиям правил дорожного движения. Технологическое оборудование должно находиться в транспортном положении.

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых материалов.

2. Ознакомиться с назначением и областью применения машин, их основными характеристиками и общим устройством технологического оборудования.

3. По заданию преподавателя с использованием натуральных макетов, плакатов произвести детальное изучение конструктивных особенностей конкретной машины.

4. Ознакомиться с правилами обслуживания харвестеров.

5. С использованием учебных фильмов изучить правила и приемы эффективной и безопасной работы данных машин.

6. В соответствии с выданным заданием выполнить расчет параметров харвестерной головки и сделать выводы.

7. На тренажере-симуляторе харвестера «Понссе» изучить органы управления, измерительную систему и приемы работы.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение харвестеров, их устройство, классификация и предъявляемые требования.

2. Дается описание конструкций основных деталей и узлов технологического оборудования машин, приводится принцип их работы.

3. Последовательно излагаются вопросы подготовки к работе и обслуживания машин.

4. Описываются основные технические характеристики машин.

5. Приводятся технологические схемы разработки лесосек с использованием харвестеров и их описание.

6. Дается методика и результаты расчета параметров харвестерной головки.

7. Формулируются выводы по лабораторной работе.



## **Контрольные вопросы**

- 1. По каким признакам классифицируются харвестеры?*
- 2. Назовите основные узлы и элементы базовых машин и технологического оборудования харвестеров.*
- 3. Что включает гидросистема харвестера?*
- 4. Какие пильные механизмы могут использоваться в харвестерах, условия их эффективного применения?*
- 5. Перечислите основные отличия харвестеров «Амкодор» различных марок.*
- 6. Как осуществляется измерение лесоматериалов?*
- 7. Приведите основные модели харвестеров и их характеристики.*
- 8. Назовите основные приемы работы харвестеров.*
- 9. Изложите методику по расчету сучкорезного узла и мощности на протаскивание дерева.*
- 10. Перечислите основные правила безопасной работы на харвестере.*

## СУЧКОРЕЗНЫЕ И СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНЫЕ МАШИНЫ (ПРОЦЕССОРЫ)

**Цель работы:** изучить назначение, область применения, конструкцию, систему управления и принцип работы сучкорезных и сучкорезно-раскряжевочных машин, исследовать и провести анализ влияния различных факторов на их производительность, освоить особенности безопасной и эффективной эксплуатации данного оборудования.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы, подборка учебных фильмов и плакатов «Сучкорезные машины» и «Процессоры».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить назначение и область применения машин, их основные характеристики и общее устройство технологического оборудования. Ознакомиться с методикой расчета параметров харвестерной головки.

### Особенности конструкции и принцип действия сучкорезных и сучкорезно-раскряжевочных машин

Сучкорезные машины (СМ) могут быть самоходными и передвижными. Самоходные машины имеют навесное технологическое оборудование, установленное на шасси трелевочного трактора, поэтому они способны свободно перемещаться с одного места на другое.

В настоящее время на производстве находят применение сучкорезные машины ЛП-30Г, ЛП-33Б, ЛП-33Б-01 и др.

Сучкорезная машина состоит из следующих основных узлов: стрелы, сучкорезной и приемной головок, каретки с зажимными рычагами, лебедки, канатно-блочной системы и гидросистемы.

Сучкорезная машина ЛП-30Г предназначена для срезания сучьев с предварительно поваленных и сформированных в пачки или штабеля деревьев хвойных и лиственных пород со средним объемом хлыста от 0,14 до 0,35 м<sup>3</sup> в северных и северо-западных

лесозаготовительных районах. Она может использоваться также непосредственно на трелевочных волоках. Конструктивные особенности машины (наличие стрелы) позволяют применять технологию обрезки сучьев с протаскиванием дерева как за вершину, так и за комель. Дерево очищается от сучьев в несколько приемов за счет перемещения захвата в рабочем и холостом направлениях.

Сучкорезная машина **ЛП-33Б-01** предназначена для срезания сучьев с предварительно поваленных и сформированных в пачки или штабеля деревьев хвойных и лиственных пород со средним объемом хлыста от 0,14 до 0,35 м<sup>3</sup> в основных лесозаготовительных районах страны. Она может использоваться также непосредственно на трелевочных волоках. Создана на базе трактора ТЛТ-100А-06 для замены сучкорезной машины ЛП-30Г.

Компоновочная схема данной машины представляет собой сочетание механизма подачи непрерывного действия с загрузочным устройством, выполненным в виде телескопической стрелы.

Самоходная сучкорезная машина **ЛП-33Б** (рис. 33) выполнена на базе трактора ТТ-4М-01-07. Она предназначена для лесонасаждений со средним объемом хлыста от 0,35 до 0,80 м<sup>3</sup>.

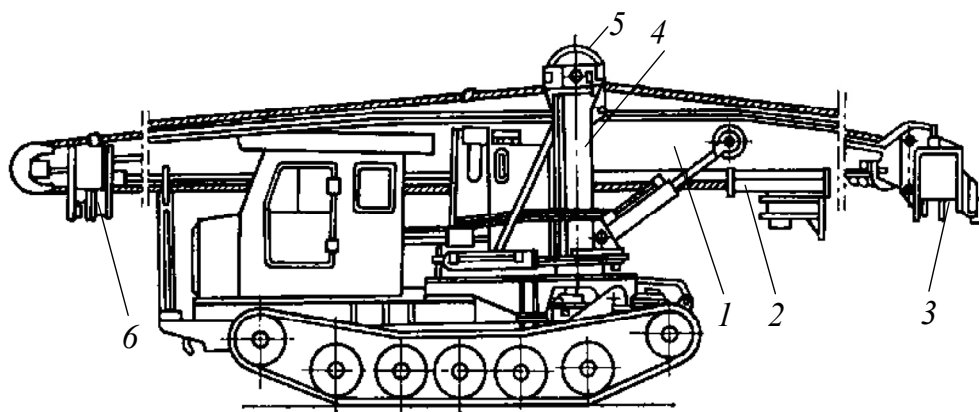


Рис. 33. Самоходная сучкорезная машина ЛП-33Б:  
1 – стрела; 2 – каретка с захватом; 3 – сучкорезная головка;  
4 – опора стрелы; 5 – барабан лебедки;  
6 – приемная головка

Машина состоит из базового трактора и имеет электрогидравлическое управление навесным технологическим оборудованием, унифицированные сучкорезную и приемную головки, автоматически закрывающийся (открывающийся) при включении лебедки захват протаскивающего устройства.

Приемы работы при очистке деревьев от сучьев приведены на рис. 34. При протаскивании деревьев за вершины сам процесс обработки выполняется так же, как и при протаскивании за комли. Однако при первом зажиме дерева сучкорезной головкой между головкой и захватом оказывается вершинная необработанная часть дерева с сучьями. Обработать ее обычным путем, протягивая сквозь сучкорезные ножи, нельзя. Поэтому обработка вершины производится особым приемом – с помощью захвата, а не сучкорезной головки.

Сучкорезно-раскряжевочные машины (процессоры) (СРМ) предназначены для заготовки сортиментов в условиях лесосеки или погрузочной площадки (верхнего склада). Основными операциями, выполняемыми процессором, являются: обрезка сучьев с предварительно поваленных деревьев и раскряжевка их на сортименты. По размещению технологического оборудования сучкорезно-раскряжевочные машины делятся на машины манипуляторного типа (сучкорезно-раскряжевочная головка расположена на манипуляторе) и навесные.

В настоящее время на производстве находят применение СРМ СМ-35, ЛП-03, «Хипро 755», «Хипро 450», «Ниаб-5-15В» и др.

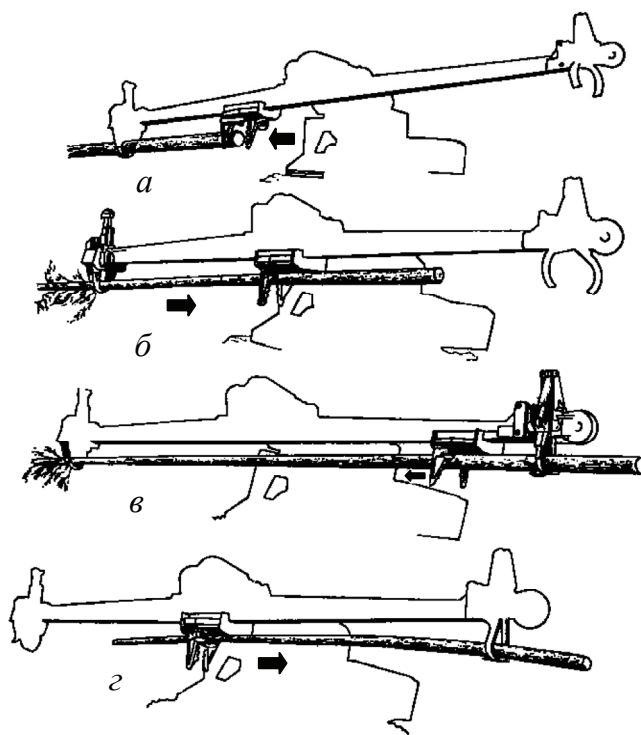


Рис. 34. Чередование приемов при обработке дерева:  
 а, в – перегон захвата в исходное положение;  
 б, г – протаскивание

Сучкорезно-раскряжевочная машина **СМ-35** – самоходная, выполненная на базе ТТ-4М-01, предназначена для очистки от сучьев деревьев хвойных и мягколиственных пород с объемом хлыста до 0,8 м<sup>3</sup>, раскряжевки хлыстов на сортименты и их объемного учета в лесу (на погрузочном пункте (верхнем складе) или трелевочном волоке), а также на прирельсовых нижних складах и складах сырья лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий.

Она снабжена манипулятором и сучкорезно-раскряжевочным агрегатом. Вылет манипулятора может меняться от 2 до 8 м, что позволяет с одной позиции машины обрабатывать максимальное число деревьев, в том числе и уложенных в штабель. Сучкорезно-раскряжевочный агрегат шарнирно закреплен на раме сзади машины, что обеспечивает ориентацию по продольной оси дерева в горизонтальной плоскости на угол 85° и в вертикальной – на угол 23°. Сучкорезная головка с плавающим центром и четырьмя ножами позволяет срезать сучья диаметром до 150 мм. Гусеничный протаскивающий механизм исключает повреждение поверхности дерева. Для раскряжевки хлыстов на сортименты применен цепной пильный механизм.

Сучкорезно-раскряжевочная машина **ЛП-03** смонтирована на базе сучкорезной машины ЛП-33Б. Благодаря дополнительно установленной на стреле пиле производится раскряжевка хлыстов. Машина предназначена для обрезки (зачистки) сучьев с поваленных деревьев хвойных и мягколиственных пород со средним объемом хлыста до 0,8 м<sup>3</sup>, пролыски тонкомерной части хлыста и продольной сортировки сортиментов на две группы с укладкой в отдельные штабели. Подлежащие обработке деревья (хлысты) должны быть уложены в штабель высотой до 1 м при разбеге комлей до 2 м.

Навесной процессор «**Ниаб-5-15В**» со ступенчатой подачей применяют как на рубках ухода, так и на рубках главного пользования. Процессор не повреждает древесину во время обработки и благодаря своей компактности и маневренности сохраняет почву и древостой.

На процессоре установлена лебедка с длиной каната 40 м и тяговым усилием 25 кН для подтрелевки поваленных деревьев в зону действия телескопической стрелы. Стрелу гидроцилиндром можно поворачивать как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях, что позволяет увеличить рабочее пространство. На одном конце стрелы установлена комбинированная захватно-сучкорезная головка, в средней части – захват, удерживающий ствол в процессе обработки, на другом конце стрелы закреплена цепная пила, позволяющая

раскряжевывать хлысты диаметром до 35 см. Пульт управления технологическим оборудованием вынесен в безопасное место.

*Процессор* работает следующим образом (рис. 35). По волоку (технологическому коридору) он перемещается задним ходом. Для придания процессору устойчивости при работе в зоне сваленных деревьев оператор опускает раму процессора на землю. Далее лебедкой подтрелевывают деревья. Оператор в один прием подтягивает несколько стволов. Расстояние между волоками может достигать 80 м.

Деревья обрабатывают с одной стороны по ходу трактора от комля к вершине поштучно. Из подтрелеванной пачки захватно-сучкорезной головкой, имеющей ход 1,5 м, захватывают комель дерева и подают в зажимной рычаг. Ствол им удерживается в процессе ступенчатой обрезки сучьев при выдвижении телескопической балки. При обратном движении ножей-захватов зажимной рычаг ослабляют и хлыстовую часть ствола дерева подают в зону действия пилы. Раскряжевывают хлысты автоматической цепной пилой с гидроприводом. За счет поворота стрелы обеспечивается подсортировка сортиментов по размерно-качественным признакам.

Навесные процессоры «Хипро-450, 755» выполнены аналогично процессору «Ниаб-5-15В», но имеют вальцовый механизм протаскивания. Такие машины могут также комплектоваться гидроманипулятором для подачи деревьев в сучкорезно-раскряжевочную головку. При этом органы управления технологическим оборудованием располагаются в кабине оператора.

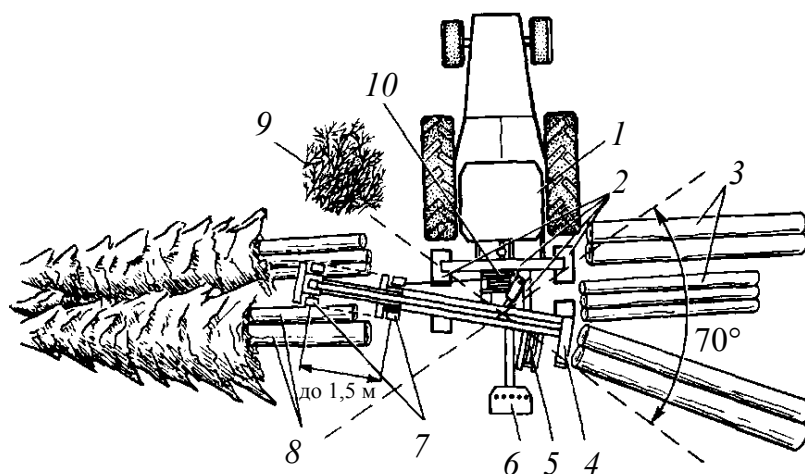


Рис. 35. Схема работы навесного процессора «Ниаб-5-15В»:  
1 – колесный трактор; 2 – рамы процессора; 3 – сортименты;  
4 – цепная пила; 5 – механизм зажима; 6 – пульт управления;  
7 – захватно-сучкорезная головка; 8 – подтрелеванные деревья;  
9 – вал сучьев; 10 – лебедка

Технические характеристики сучкорезных и сучкорезно-раскряжевочных машин приведены в табл. 12 и 13.

Таблица 12

**Технические характеристики сучкорезных машин**

Показатель	Марка машины		
	ЛП-30Г	ЛП-33Б-01	ЛП-33Б
Мощность двигателя, кВт	58,8	88,2	95,5
Диаметр обрабатываемых деревьев в зоне захвата, м:			
наибольший	0,48	0,50	0,65
наименьший	0,06	0,06	0,06
Наибольший диаметр срезаемых сучьев, м	0,15	0,20	0,20
Максимальная кривизна обрабатываемых деревьев, %	15	15	15
Скорость протаскивания дерева, м/с	2,0	1,8	1,7

Таблица 13

**Технические характеристики сучкорезно-раскряжевочных машин**

Показатель	Марка машины		
	СМ-35	ЛП-03	Хипро-755
Базовая машина (силовой агрегат)	ТТ-4М-01	ЛП-33Б	Беларус Л1221.1
Мощность двигателя, кВт	95,5	95,5	96
Диаметр обрабатываемых деревьев, м	0,03–0,50	до 0,60	до 0,45
Скорость протаскивания, м/с	0,7–2,1	–	1,2
Наибольший диаметр срезаемых сучьев, м	–	0,2	0,15
Длина выпиливаемых сортиментов, м	2–6	2–8,5	2–6

**Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность сучкорезных и сучкорезно-раскряжевочных машин**

Производительность самоходных сучкорезных машин, м<sup>3</sup>/смену, для поштучной обработки деревьев с протаскивающим механизмом циклического действия определяется по формуле

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{(T - t_{\text{п-з}}) \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot V_{\text{хл}}}{t_{\text{ц}}},$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{\text{п-з}}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени с учетом переездов машины

с одной технологической стоянки на другую ( $\varphi_1 = 0,6-0,8$ );  $\varphi_2$  – коэффициент загрузки машины ( $\varphi_2 = 0,85$ );  $V_{\text{хл}}$  – средний объем обрабатываемого дерева,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность обработки одного дерева, с.

*Продолжительность обработки одного дерева самоходной сучкорезной машиной с протаскивающим механизмом циклического действия (ЛП-30Г, ЛП-33А, Б) определяются по формуле*

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 \cdot n + t_3 + t_4 \cdot n + t_5 + t_6,$$

где  $t_1$  – время на подвод стрелы к дереву, захват и подачу в сучкорезную головку, с;  $t_2$  – время на один зажим дерева захватом протаскивающего механизма, с;  $n$  – количество захватов (перехватов) дерева при его протаскивании через сучкорезную головку, с;  $t_3$  – время протаскивания дерева через сучкорезную головку, с;  $t_4$  – время на одно открытие захвата протаскивающего механизма, с;  $t_5$  – время возврата захвата протаскивающего механизма в исходное положение, с;  $t_6$  – время на сброску хлыста в штабель, с.

Время на подвод стрелы к дереву, захват и подачу комля дерева в сучкорезную головку определяют по формуле

$$t_1 = 13,43 + 6,01 \cdot V_{\text{хл}}.$$

Количество захватов дерева

$$n = \frac{H - l_{\text{к}}}{S_{\text{max}}},$$

где  $H$  – средняя длина обрабатываемого дерева, м;  $l_{\text{к}}$  – расстояние от комлевого торца дерева до места первого захвата, м ( $l_{\text{к}} \approx 1,5-2,5$  м);  $S_{\text{max}}$  – максимальный ход захвата протаскивающего механизма, м.

Время протаскивания дерева через сучкорезную головку  $t_3$  и возврата захвата в исходное положение  $t_5$  определяется по формулам:

$$t_3 = \frac{H - l_{\text{к}}}{u_{\text{п}}}; \quad t_5 = \frac{n \cdot S_3}{u_{\text{в}}},$$

где  $S_3$  – путь возврата захвата, м;  $u_{\text{п}}$  и  $u_{\text{в}}$  – соответственно средние скорости протаскивания дерева и возврата захвата в исходное положение, м/с.

*Для машин с протаскивающим механизмом непрерывного действия (СМ-33), осуществляющих протаскивание дерева через сучкорезную головку в один прием (без перехватов),*



$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3,$$

где  $t_1$  – время подачи рабочего органа (дерева к нему) и захват дерева, с ( $t_1 = 8-18$  с);  $t_2$  – время протаскивания дерева, с;  $t_3$  – время на сброску хлыста в штабель, с.

Время протаскивания дерева определяется из выражения

$$t_2 = \frac{k_d \cdot (H - l_k)}{u_{п}},$$

где  $k_d$  – коэффициент увеличения времени протаскивания из-за проскальзывания подающих органов и более медленной обработки криволинейных участков ствола дерева ( $k_d = 1,1-1,4$ ).

Для машин, у которых дерево подается в протаскивающий механизм манипулятором,  $l_k = 3-6$  м, так как захват дерева производится максимально близко к началу сучковой зоны.

*Производительность сучкорезно-раскряжевочной машины СМ-35* определяются по формуле

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot V_{хл}}{t_1 + \frac{L - l_k - l_b}{u} + \frac{\pi d_{ср}^2 (L - l_b)}{4\Pi_{пил} \cdot \varphi_{п} \cdot l_{ср}}},$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-3}$  – время на подготовительно-заключительные операции, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $\varphi_2$  – коэффициент загрузки сучкорезно-раскряжевочного механизма на обработке деревьев;  $V_{хл}$  – средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $t_1$  – время на захват комля дерева и подачу его в сучкорезно-раскряжевочный механизм, с ( $t_1 = 20-30$  с);  $L$  – средняя длина обрабатываемых деревьев, м;  $l_k$  – средняя длина комля дерева, не протаскиваемая через сучкорезную головку, м;  $l_b$  – средняя длина вершины дерева, не протаскиваемая через сучкорезную головку, м;  $u$  – скорость протаскивания дерева через сучкорезную головку, м/с;  $d_{ср}$  – средний диаметр пропилов, м;  $\Pi_{пил}$  – производительность чистого пиления пильного механизма, м<sup>2</sup>/с;  $\varphi_{п}$  – коэффициент использования производительности чистого пиления пильного механизма;  $l_{ср}$  – средняя длина выпиливаемых сортиментов, м.

### **Основные правила безопасной работы на СМ и СРМ**

Очистку деревьев от сучьев выполняют в соответствии с утвержденной технологической картой на разработку данной лесосеки.

Приступая к работе, машинист обязан убедиться в исправности всех узлов машины и технологического оборудования, проверить сигнализацию, ограждающие устройства, силовые и грузоподъемные узлы, надежность и прочность режущих узлов, исправность канатов. Следует также убедиться в наличии огнетушителя и аптечки, при необходимости выполнить мероприятия по предупреждению загораний. После запуска двигателя машинист должен опробовать все механизмы в холостую, а перед началом движения машины обязательно убедиться в отсутствии вблизи и на пути движения людей и посторонних предметов, а также дать предупредительный звуковой сигнал.

Технологическое оборудование сучкорезных машин при передвижении от одного штабеля деревьев к другому должно находиться в транспортном положении. Не допускается: переезд машины через валуны, пачки деревьев и крупные валежники; заезжать в заболоченные места лесосеки и на уклоны крутизной более 10–15°; работать при видимости менее 50 м, а также в сумерки и ночью при недостаточном освещении рабочих зон.

Расстояние в 10 м по периметру от штабелей или отдельных деревьев или хлыстов, обрабатываемых сучкорезной машиной вне штабеля, является опасной зоной, которую со стороны вероятного передвижения людей (лесовозный ус, трелевочный волок и др.) следует оградить знаками безопасности. Во избежание поломки сучкорезной головки, разрыва каната и повреждения других узлов крупные деревья лиственных пород (осину и березу) следует отсортировывать в отдельный штабель, а обрезку с них сучьев производить бензопилой.

После завершения работы машина ставится на стоянку в соответствии с противопожарными требованиями. Все технологическое оборудование приводится в транспортное положение, выключаются насосы, двигатель, отключается аккумулятор.

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых материалов.
2. Ознакомиться с назначением и областью применения машин, их основными характеристиками и общим устройством технологического оборудования.
3. С использованием учебных фильмов изучить правила и приемы эффективной и безопасной работы данных машин.
4. В соответствии с выданным заданием исследовать и провести анализ влияния различных факторов на производительность машин.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение СМ и СРМ, их устройство, классификация и предъявляемые требования.

2. Дается описание конструкций основных деталей и узлов технологического оборудования машин, приводится принцип их работы.

3. Последовательно излагаются вопросы подготовки к работе и обслуживания машин.

4. Приводятся приемы работы машин и их описание.

5. Дается методика и результаты расчета производительности СМ и СРМ.

6. Формулируются выводы по лабораторной работе.

**Контрольные вопросы**

*1. Что включает технологическое оборудование СМ?*

*2. Назовите модели СМ, их область применения и основные технические характеристики.*

*3. Изложите технологию и приемы работы СМ.*

*4. Назовите основные элементы процессора.*

*5. Приведите модели и основные характеристики процессоров.*

*6. Назовите отличительные конструктивные особенности различных типов процессоров.*

## ТРЕЛЕВОЧНЫЕ МАШИНЫ

**Цель работы:** изучить назначение, область применения, конструкцию, систему управления и принцип работы трелевочных машин, определить основные параметры технологического оборудования, освоить особенности безопасной и эффективной эксплуатации данных машин.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы, подборка учебных фильмов и плакатов «Трелевочные машины».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить назначение и область применения машин различных типов, основные характеристики и общее устройство технологического оборудования. Ознакомиться с методикой расчета параметров лебедки.

### Конструктивные особенности трелевочных машин

По конструкции ходовой части трелевочные машины (ТМ) делятся на гусеничные и колесные. Причем в последнее время все шире начали применять специализированные колесные тракторы с шарнирно-сочлененной рамой. Они имеют высокую маневренность и энергонасыщенность, что позволяет им двигаться по волоку на более высоких скоростях, поэтому эти машины более производительные, чем гусеничные. Однако проходимость колесных машин на лесосеках со слабой несущей способностью грунтов хуже, чем у гусеничных.

По конструкции технологического оборудования для набора пачки трелевочные машины делятся на три типа:

- оснащенные канатно-чокерным оборудованием для трелевки деревьев и хлыстов;
- оснащенные гидроманипулятором с клещевым захватом для бесчокерной трелевки деревьев и хлыстов;
- оснащенные пачковым клещевым захватом для бесчокерной трелевки сформированных пачек деревьев и хлыстов (подборщики-трелевщики пачек).

*Трелевочные машины с канатно-чокерным оборудованием* ТТР-401М, ТТР-411, «Амкодор-2243В», МЛ-127, «Онежец-320»,

ТТ-4М, МТ-5 и др. предназначены для сбора и трелевки деревьев и хлыстов за вершины или комли в полупогруженном положении в равнинной или слабохолмистой местности (уклон до  $14^\circ$ ) со слабой, удовлетворительной и хорошей несущей способностью грунтов.

*Трелевочное оборудование чокерных машин* состоит из однобарабанной лебедки, собирающего каната, погрузочного щита, чокеров, защитных ограждений и гидросистемы. Лебедка однобарабанная, реверсивная служит для формирования пачки деревьев (хлыстов), подтаскивания ее к машине и укладки на щит. Для этого используется собирающий канат длиной 30–45 м и диаметром 17–22 мм.

Тракторы «**Онежец-320**» (рис. 36) рекомендуется применять в лесонасаждениях средней крупности (средний объем хлыста  $0,14–0,50 \text{ м}^3$ ), а тракторы **ТТ-4М** (рис. 37), **МТ-5** и другие такого же класса тяги – в средних и крупномерных лесонасаждениях (средний объем хлыста  $0,4 \text{ м}^3$  и более). Выпускается трактор «**Онежец-300БС**», который является модификацией трактора «**Онежец-320**». Благодаря увеличенной опорной поверхности гусениц он по сравнению с «**Онежец-320**» обладает лучшей проходимостью, поперечной и продольной устойчивостью. Это позволяет использовать его на грунтах с низкой несущей способностью.

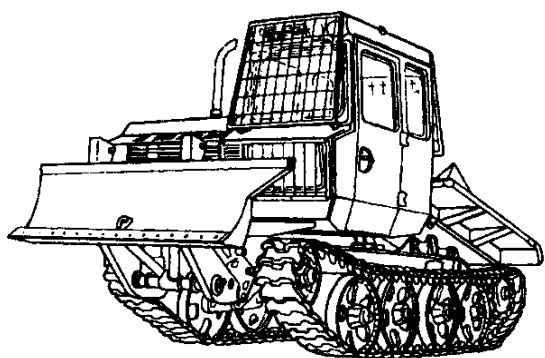


Рис. 36. Трелевочный трактор «Онежец-320»

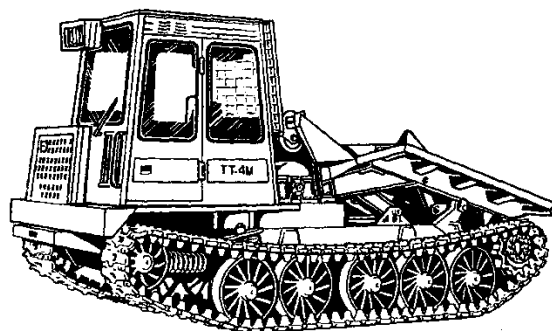


Рис. 37. Трелевочный трактор ТТ-4М

Колесные трелевочные тракторы **ТТР-401М** и **ТТР-411** относятся к числу легких трелевочных машин и предназначены для трелевки деревьев, хлыстов и сортиментного долготья в полуподвесном положении в равнинной и слабохолмистой местности, с хорошей несущей способностью грунтов, в насаждениях со средним объемом хлыста до  $0,3 \text{ м}^3$ .

Трелевочные машины **МЛ-127** и «**Амкодор-2243В**» (рис. 38) с канатно-чокерным технологическим оборудованием состоят из переднего энергетического и заднего технологического модулей, шарнирно сочлененных между собой с возможностью поворота в горизонтальной плоскости. Машина «**Амкодор 2243В**» имеет гидромеханическую трансмиссию. Основным узлом технологического оборудования является однобарабанная лебедка, которая установлена на задней полураме и представляет собой закрепленный на основании барабан со встроенным двухступенчатым планетарным редуктором и многодисковым постоянно замкнутым тормозом. Привод лебедки осуществляется гидромотором. Тяговое усилие лебедки 90 кН, канатоемкость барабана 50 м, диаметр собирающего каната 20 мм. На собирающий канат может надеваться не менее шести чокеров.

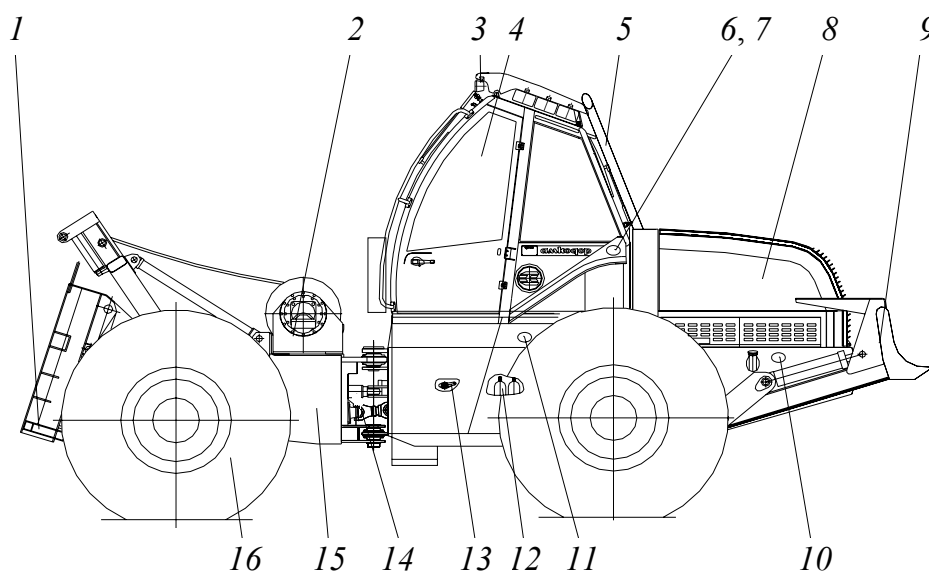


Рис. 38. Трелевочная машина «Амкодор 2243В»:

- 1 – щит; 2 – лебедка; 3 – электросистема; 4 – кабина; 5 – силовая установка;
- 6 – гидросистема рулевого управления; 7 – органы управления;
- 8 – облицовка; 9 – отвал; 10 – установка подогревателя; 11 – ГМП;
- 12 – гидросистема тормозов; 13 – гидросистема подъема кабины;
- 14 – карданная передача; 15 – рама; 16 – мосты и колеса

*Трелевочные машины с гидроманипулятором.* Навесное трелевочное оборудование состоит из гидроманипулятора, пакетоформирующего устройства (коника) и гидросистемы.

Трелевочная машина **ТБ-1М-15** выполнена на базе трелевочного трактора ТЛТ-100А-04 и предназначена для бесчокерной трелевки деревьев и хлыстов в насаждениях со средним объемом хлыста до 0,5 м<sup>3</sup>.

Машина «Амкодор 2243» представляет собой колесную самоходную машину, основными частями которой являются (рис. 39): силовая установка 5, гидромеханическая передача (ГМП) 11, мосты и колеса 16, карданная передача 14, технологическое оборудование 1, 2, 9, 17, 18, органы управления 7, рама 15, гидросистема рулевого управления 6, электросистема 3, облицовка 8, кабина 4, гидросистема тормозов 12, гидросистема подъема кабины 13, установка подогревателя 10.

Крутящий момент от двигателя через редуктор отбора мощности с помощью карданных валов 14 передается на гидромеханическую передачу 11 и далее на ведущие мосты 16 машины.

К технологическому оборудованию машины «Амкодор 2243» относится гидроманипулятор, щит, отвал, лебедка с собирающим канатом и чокерами, зажимной коник. Щит бульдозерного типа шарнирно крепится на задней полураме и может подниматься и опускаться при помощи гидроцилиндров. Щит защищает колеса и раму от повреждения комлями деревьев в процессе трелевки. Зажимной коник предназначен для формирования пачки деревьев или хлыстов и удержания ее при трелевке.

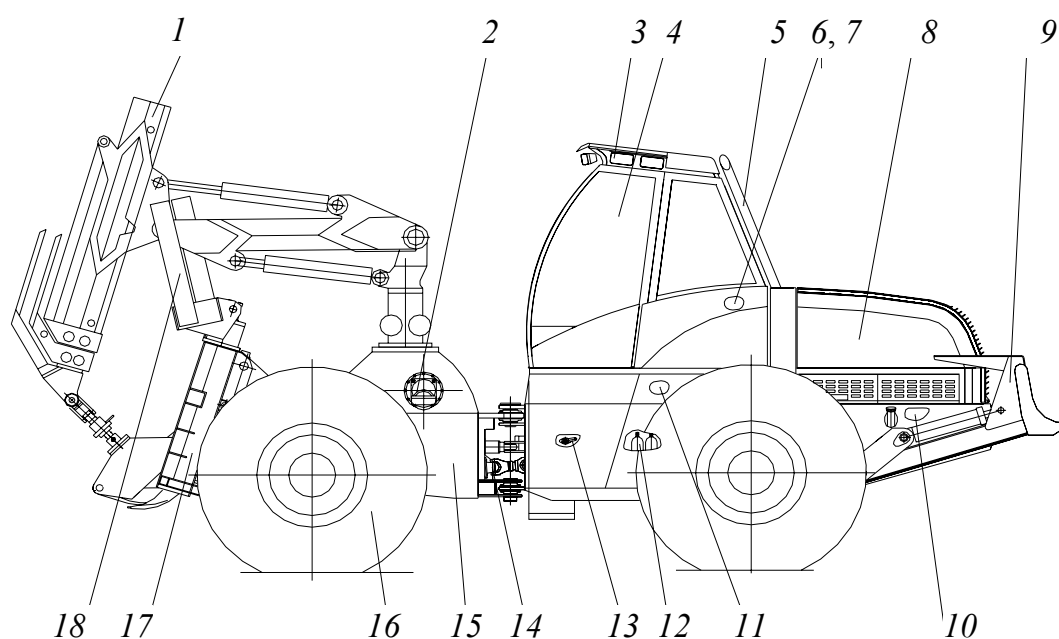


Рис. 39. Трелевочная машина «Амкодор 2243»:

- 1 – манипулятор; 2 – лебедка; 3 – электросистема; 4 – кабина; 5 – силовая установка; 6 – гидросистема рулевого управления; 7 – органы управления; 8 – облицовка; 9 – отвал; 10 – установка подогревателя; 11 – ГМП; 12 – гидросистема тормозов; 13 – гидросистема подъема кабины; 14 – карданная передача; 15 – рама; 16 – мосты и колеса; 17 – щит; 18 – зажимной коник

Машина имеет двигатель мощностью 109 кВт, эксплуатационную массу 16 000 кг. Минимальный радиус поворота не более 6,7 м. Максимальное тяговое усилие трансмиссии 128 кН. Гидроманипулятор имеет максимальный вылет 4,9 м и грузовой момент 95 кН · м.

Трелевочная машина ЛП-18Д имеет то же назначение, что и ТБ-1М-15, и выполнена на базе трактора ТТ-4М-01.

Трелевочные машины с пачковым клещевым захватом МЛ-127С, МЛ-136, ЛТ-230, ЛТ-187 и др. предназначены для трелевки пачек деревьев (хлыстов), сформированных валочно-пакетирующими машинами. Навесное технологическое оборудование состоит из стрелы, пачкового клещевого захвата, лебедки и гидросистемы.

Подборщики-трелевщики МЛ-136 и ЛТ-230 выполнены на базе трактора ТЛТ-100А-06, а ЛТ-187 – на базе трактора ТТ-4М-01. Их целесообразно применять в тех природно-производственных условиях, что и базовые тракторы.

Трелевочная машина МЛ-127С (рис. 40) предназначена для трелевки деревьев и хлыстов в равнинной и слабохолмистой местности, с хорошей несущей способностью грунтов, в полуподвесном положении, в насаждениях со средним объемом хлыста до 0,35 м<sup>3</sup>.

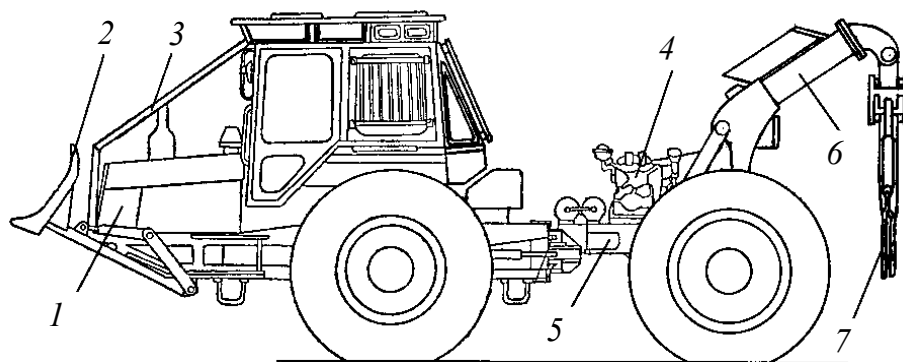


Рис. 40. Трелевочная машина с пачковым захватом МЛ-127С:

1 – энергетический модуль; 2 – толкатель; 3 – защитное ограждение;  
4 – лебедка; 5 – технологический модуль; 6 – стрела; 7 – пачковый захват

*Процесс трелевки древесины* состоит из следующих основных операций: движения машины без груза на лесосеку, формирования пачки, движения машины с грузом на погрузочный пункт (верхний склад), разгрузки пачки и при необходимости выравнивания комлей. Техника выполнения этих операций для различных типов



трелевочных машин зависит от особенностей и кинематики навесного трелевочного оборудования.

Движение машины без груза (холостой ход) на лесосеку должно производиться передним ходом по волокам после того, как навесное трелевочное оборудование приведено в транспортное положение и зафиксировано. Заключительным приемом холостого хода машины на лесосеке является маневрирование машины у места формирования и погрузки пачки. Формирование пачки гидроманипулятором заключается в укладке комлей или вершин хлыстов (деревьев) в коник в требуемом количестве. Укладка комлей (вершин) хлыстов в коник возможна подтягиванием и перекидыванием. Для трелевки за вершины они должны быть обрезаны на диаметре 0,08–0,12 м.

Для формирования пачки также может использоваться лебедка и собирающий канат с чокерами. Для этого оператор включает лебедку в режим разматывания и чокеровщик подводит освобождающийся канат к трелюемой древесине. Кольца чокеров должны надеваться на собирающий канат последовательно, начиная с ближнего к машине зачокерованного дерева (хлыста), чтобы не было перекрещивания стволов при формировании пачки. При трелевке за вершины хлысты во время сбора пачки вытягивают без разворота. Для этого машину устанавливают так, чтобы направление тягового усилия лебедки возможно ближе совпадало с направлением собирающего каната. Хлысты чокеруют за вершины на расстоянии 0,7–1,2 м от среза. Чтобы чокеры не соскальзывали, при обрезке сучьев оставляют мутовки из двух-трех сучьев длиной 2–3 см на расстоянии 0,2–0,4 м от верхнего среза. Деревья за комли чокеруют на расстоянии 0,5–0,7 м от комлевого торца. Направление тягового усилия лебедки должно быть примерно перпендикулярным к продольной оси зачокерованных деревьев, чтобы избежать упора комлей в пни, корни и зарывания в землю. Рядом лежащие деревья (хлысты), особенно мелкие, целесообразно зацеплять одним чокером. После чокеровки оператор переводит лебедку в режим наматывания, пачка подтаскивается лебедкой к щиту и закрепляется в требуемом положении при затормаживании лебедки.

После чего осуществляется трелевка (рабочий ход) древесины на верхний склад, разгрузка пачки и штабелевка с выравниванием комлей при помощи отвала.

## Определение основных параметров технологического оборудования (лебедки)

Кинематическая схема лебедки приведена на рис. 41. Привод лебедки осуществляется гидромотором 1 через понижающий одноступенчатый цилиндрический редуктор 2. Муфта свободного хода 3 с тормозом не позволяет пачке деревьев (хлыстов) самопроизвольно опускаться на почву. Для сбрасывания пачки выключают тормоз. Привод барабана лебедки 5 осуществляется посредством коническо-цилиндрического редуктора 4. Кулачковая муфта 6 предназначена для разматывания каната вручную.

Тяговое усилие лебедки определяется исходя из веса груза, перемещаемого машиной, по формуле

$$T = (\mu \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \cdot \gamma \cdot V \cdot g,$$

где  $V$  – объем пачки,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma$  – плотность древесины,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\mu$  – коэффициент сопротивления перемещению по волоку;  $\alpha$  – угол подъема местности.

Общее передаточное отношение коническо-цилиндрического редуктора лебедки определяется из выражения

$$i_a = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4},$$

где  $Z_1, Z_2$  – число зубьев соответственно ведомой и ведущей шестерен цилиндрической пары;  $Z_3, Z_4$  – число зубьев соответственно ведомой и ведущей шестерен конической пары.

Частота вращения барабана определяется по следующей формуле:

$$n_6 = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

где  $v$  – скорость движения каната на нижних витках,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $D$  – диаметр барабана,  $\text{м}$ .

Общее передаточное отношение редуктора лебедки и понижающего редуктора

$$i_{\text{общ}} = \frac{n}{n_6},$$

где  $n$  – номинальная частота вращения гидромотора,  $\text{об}/\text{мин}$ .

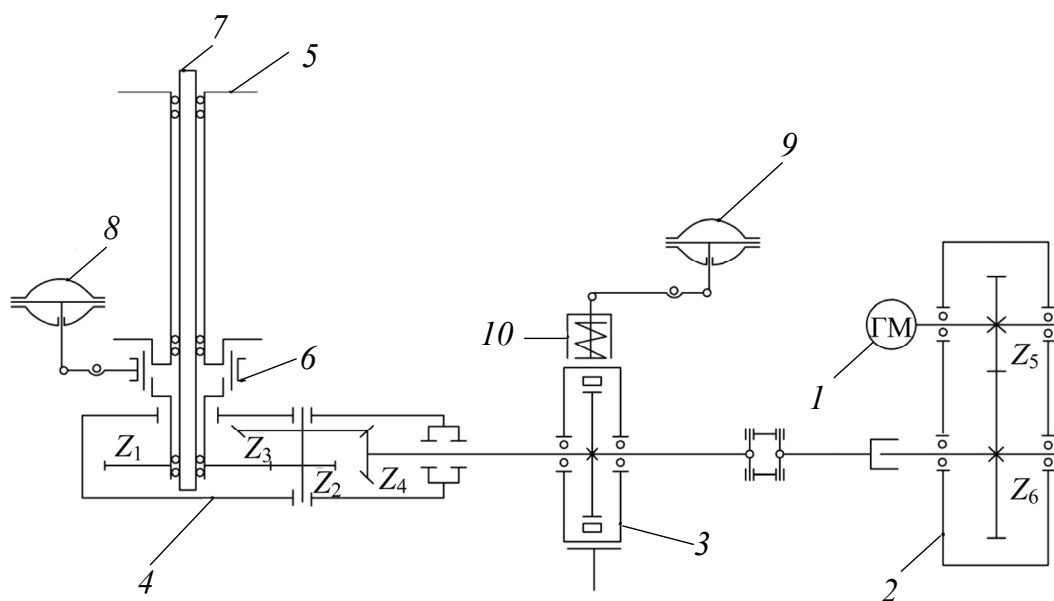


Рис. 41. Кинематическая схема лебедки:

1 – гидромотор; 2 – понижающий одноступенчатый цилиндрический редуктор; 3 – муфта свободного хода с тормозом; 4 – коническо-цилиндрический редуктор; 5 – барабан лебедки; 6 – кулачковая муфта; 7 – труба; 8, 9 – пневматическая камера; 10 – пружина

Угловая скорость вращения барабана определяется по следующей формуле:

$$\omega_6 = \frac{\pi \cdot n_6}{30}$$

Крутящий момент на барабане

$$M_6 = M_m \cdot i_{\text{общ}} \cdot \eta,$$

где  $M_m$  – номинальный крутящий момент гидромотора, Н · м;  $\eta$  – КПД передачи.

С учетом приведенных расчетов тяговое усилие лебедки на нижних витках находится по следующей формуле:

$$T = \frac{2M_6}{D_6}$$

Исходя из тягового усилия, диаметр троса определяется по следующему выражению:

$$d = 1,1 \sqrt{T \cdot \frac{n}{[\sigma_{\text{вр}}] / \varphi_0}},$$

где  $n$  – коэффициент запаса ( $n = 3$ );  $\varphi_0$  – коэффициент заполнения

поперечного сечения каната одинарной свивки ( $\varphi_0 = 0,7$ );  $[\sigma_{вр}]$  – временное сопротивление проволок на разрыв, Н/мм<sup>2</sup>.

Диаметр барабана, мм, измеренный по средней линии навитого каната находится по следующей формуле:

$$D_{бар} = 20 \cdot d.$$

Длина барабана определяется исходя из канатоемкости

$$L_{б} = \frac{L_k \cdot d}{\pi \cdot k \cdot (d_{min} + C_y \cdot d \cdot k)},$$

где  $L_k$  – канатоемкость барабана, м;  $C_y$  – коэффициент плотности навивки;  $k$  – число рядов навивки.

Изменение диаметра навивки в процессе работы лебедки ведет к движению каната с переменной скоростью. Тогда минимальная и максимальная скорости могут быть определены из следующих выражений:

$$v_{min} = \frac{\omega}{2} \cdot (d_{min} + C_y \cdot d); \quad v_{max} = \frac{\omega}{2} \cdot (d_{min} + C_y \cdot d \cdot (2k - 1)).$$

### **Охрана труда при трелевке древесины**

Во избежание травматизма на трелевке к управлению трелевочными машинами и механизмами допускаются только лица, прошедшие специальную подготовку и стажировку и имеющие удостоверение на право управления такой техникой. Все трелевочные машины и механизмы должны быть оборудованы звуковой сигнализацией.

Рабочие, занятые на трелевке, должны работать с канатами и чокерами только в рукавицах, не разрешается переходить через движущиеся хлысты (деревья) и канаты, наступать на них, поправлять и трогать канаты руками. При формировании пачки рабочие должны находиться сзади на расстоянии не менее 5 м от движущихся хлыстов.

При трелевке древесины тракторами нельзя во время движения сходить или подниматься на трактор, открывать дверь кабины, находиться вне кабины и на трелюемых хлыстах (деревьях). Приступая к установке погрузочного щита в рабочее или транспортное положение или к опусканию пачки с погрузочного щита, тракторист должен убедиться в том, что никого нет в непосред-

ственной близости от трактора. Включение лебедки и трогание трактора с места должно производиться по сигналу чокеровщика. Освобождение хлыстов или деревьев, зажатых между пнями, следует производить после полной остановки трактора или ослабления каната. При работе на склонах нельзя находиться ниже прицепляемых или отцепляемых хлыстов (деревьев).

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых материалов.
2. Ознакомиться с назначением и областью применения машин, их основными характеристиками и общим устройством технологического оборудования.
3. С использованием учебных фильмов изучить правила и приемы эффективной и безопасной работы данных машин.
4. В соответствии с выданным заданием вычертить кинематическую схему и провести расчет основных параметров лебедки.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение ТМ различного типа, их устройство, классификация и предъявляемые требования.
2. Дается описание конструкций основных деталей и узлов технологического оборудования машин, приводится принцип их работы.
3. Последовательно излагаются вопросы подготовки к работе и обслуживания машин.
4. Приводятся приемы работы машин и их описание.
5. Дается методика и результаты расчета основных параметров лебедки трелевочной машины.
6. Формулируются выводы по лабораторной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. По каким признакам разделяются трелевочные машины?
2. Назовите основные элементы технологического оборудования трелевочных машин различных типов.
3. Какое технологическое оборудование используется в трелевочных машинах «Амкодор 2243» и «Амкодор 2243В»?
4. Приведите основные марки и технические характеристики трелевочных машин.

5. Назовите основные приемы работы трелевочных машин.
6. В системе с какими машинами и механизмами могут работать трелевочные машины с канатно-чокерной оснасткой?
7. В системе с какими машинами и механизмами могут работать трелевочные машины с гидроманипулятором и коником?
8. В системе с какими машинами и механизмами могут работать трелевочные машины с пачковым клещевым захватом?
9. Опишите кинематическую схему лебедки.
10. Как определить тяговое усилие лебедки, диаметр собирающего каната, диаметр барабана?
11. Приведите основные требования по охране труда при трелевке древесины.

## ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ (ФОРВАРДЕРЫ)

**Цель работы:** изучить назначение, область применения, конструкцию, систему управления и принцип работы прицепных и специализированных форвардеров, освоить особенности их безопасной и эффективной эксплуатации.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы, подборка учебных фильмов и плакатов «Форвардеры».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить назначение и область применения машин различных типов, основные характеристики и общее устройство технологического оборудования.

### Конструктивные особенности форвардеров

Погрузочно-транспортные машины (форвардеры) предназначены для сбора заготовленных на лесосеке сортиментов, их погрузки с попутной подсортировкой и транспортировки в погруженном положении на верхний склад, а также для выполнения погрузочно-разгрузочных работ и операций штабелевки древесины. Они работают в системе с бензиномоторной пилой или с харвестером.

**Принцип работы форвардера** заключается в следующем: оператор осуществляет холостой ход, направляя форвардер вглубь папки. Сбор сортиментов производится при движении форвардера в грузовом направлении (к верхнему складу), для чего оператор останавливает машину на технологической стоянке, выбирая при этом наилучшую позицию для размещения. Наилучшей является позиция, при которой оператор может беспрепятственно просматривать зону работы и следить за положением захвата. Оператор подводит захват к центру тяжести выбранного сортимента (сортиментов), захватывает его и, плавно перемещая, укладывает на грузовую платформу. Далее машина перемещается к следующей технологической стоянке, и цикл повторяется. При этом в процессе погрузки выполняется операция подсортировки сортиментов по длинам, т. е. за один рейс форвардер осуществляет сбор сортиментов

одной длины. После заполнения платформы стрела манипулятора укладывается поверх пачки, раскрытый захват фиксируется на погруженных сортиментах. Затем форвадер совершает рабочий ход, направляясь к месту разгрузки (например, к верхнему складу), где выгружает сортименты с укладкой их в штабеля.

Нашли применение следующие погрузочно-транспортные машины: МЛПТ-354М, МЛПТ-344, МЛ-131, «Амкодор 2661-01», «Амкодор 2662», «Амкодор 2641», «Коматцу Форест-840», «Джон Дир-1010Е» и др.

Лесные колесные машины базируются в основном на шарнирно-сочлененных шасси с колесной формулой 4К4, 6К6, 8К8. В зависимости от мощности двигателя их можно разделить на группы: до 50 кВт – легкие, 75 кВт – средние и свыше 75 кВт – тяжелые. На рубках промежуточного пользования применяются машины с мощностью до 75 кВт, на сплошных – свыше 75 кВт.

Машина **МЛПТ-354М** (рис. 42) имеет колесную формулу 4К4, а машина **МЛ-131** – колесную формулу 6К6.

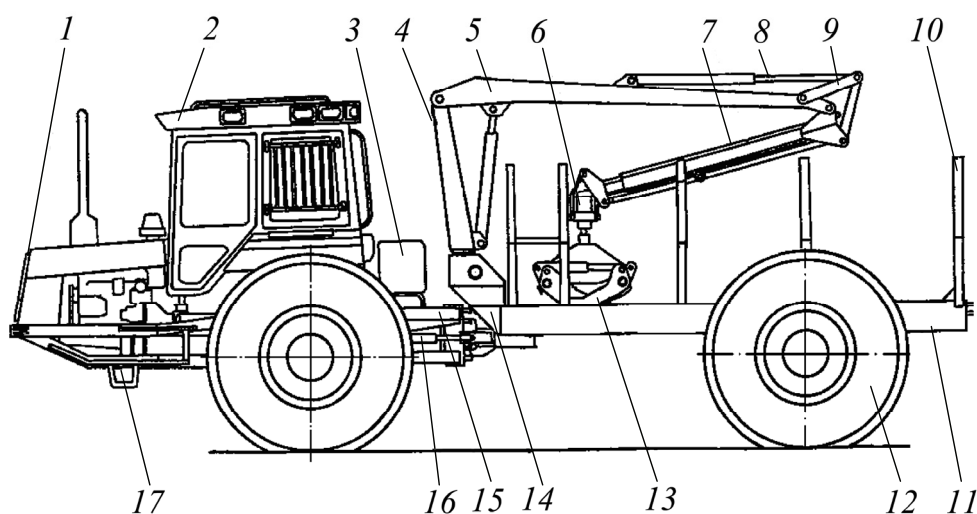


Рис. 42. Погрузочно-транспортная машина МЛПТ-354М «Беларус»: 1 – двигатель; 2 – кабина; 3 – бак гидропривода; 4 – колонна; 5 – стрела; 6 – ротатор; 7 – рукоять; 8 – гидроцилиндр управления рукоятью; 9 – четырехзвенник; 10 – стойки; 11 – грузовая платформа; 12 – колесо; 13 – грейфер; 14 – опора вертикально-горизонтального шарнира; 15 – рама; 16 – гидроцилиндр поворота; 17 – подножка

Машина «Амкодор 2661-01» (рис. 43) представляет собой колесную 6К6 самоходную машину, основными частями которой являются: силовая установка 4, установка гидромеханической передачи (ГМП) 3, мосты и колеса 13, карданная передача 11, техноло-



гическое оборудование 1 (гидроманипулятор, ротатор, грейферный захват, грузовая платформа со стойками коников, щит), органы управления 10, рама 12, гидросистема рулевого управления 7, электросистема 6, облицовка 5, кабина 2, гидросистема тормозов 8, гидросистема подъема кабины 9.

В состав *технологического оборудования* входят гидроманипулятор с ротатором и грейферным захватом и грузовая платформа. Грузовая платформа состоит из настила рамы, по бокам которой располагаются гнутые съемные стойки трубчатого профиля. В передней части грузовой платформы, перед манипулятором, установлено защитное ограждение в виде решетчатого щита.

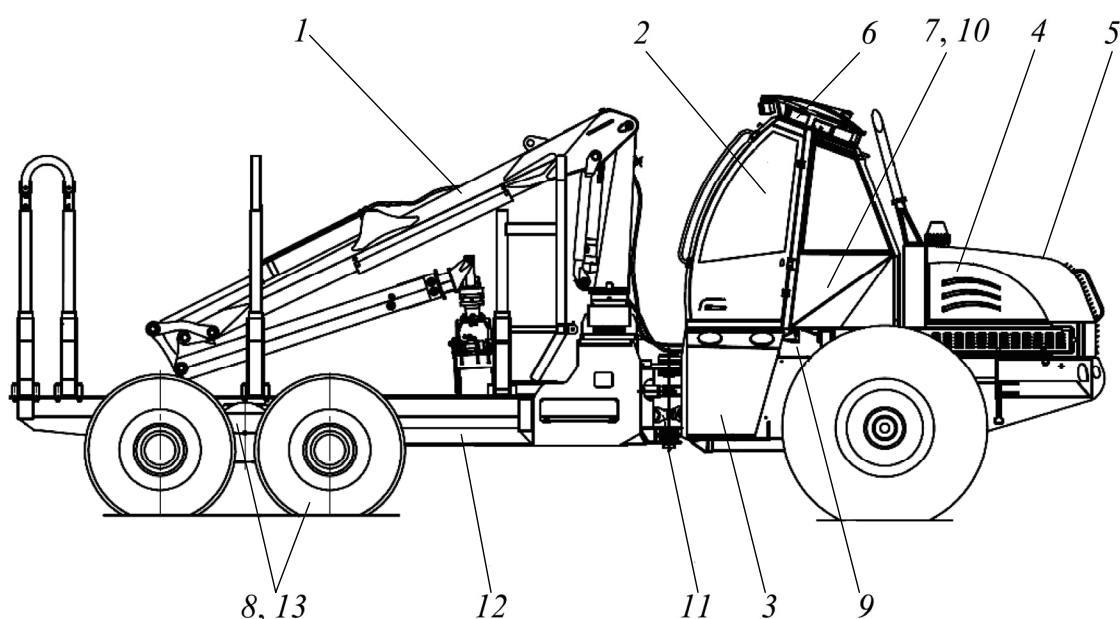


Рис. 43. Общий вид форвардера «Амкодор 2661-01»:

- 1 – технологическое оборудование; 2 – кабина; 3 – установка ГМП;
- 4 – силовая установка; 5 – облицовка; 6 – электросистема;
- 7 – гидросистема рулевого управления; 8 – гидросистема тормозов;
- 9 – гидросистема подъема кабины; 10 – органы управления;
- 11 – карданная передача; 12 – рама; 13 – мосты и колеса

Гидроманипулятор крепится на задней полураме и состоит из поворотной колонны, стрелы, рукояти и грейферного захвата с ротатором. Для увеличения вылета рукоять снабжена удлинителем. Грейферный захват имеет сечение  $0,29 \text{ м}^2$ .

Общий вид гидроманипулятора представлен на рис. 44. Манипулятор состоит из поворотного устройства 8, стрелы 6, рукояти 7 и четырех тяг 1–4. На конце рукояти имеется серьга, на которую

через ротатор устанавливается грейферный захват. В отличие от харвестера, где поворот стрелы манипулятора в горизонтальной плоскости осуществляется при помощи гидромотора, планетарного редуктора и открытой зубчатой передачи с внутренним зацеплением, в данной конструкции поворот колонны производится при помощи двух зубчатых реек, которые, перемещаясь в противоположных направлениях, поворачивают шестерню вертикальной оси и, соответственно, саму колонну манипулятора.

Общий вид *грузовой платформы форвардера с кониками и щитом* приведен на рис. 45. Каждый коник и щит крепятся к задней полураме. В зависимости от длины перевозимого сортамента коники и щит могут быть перемещены относительно продольной оси грузовой платформы.

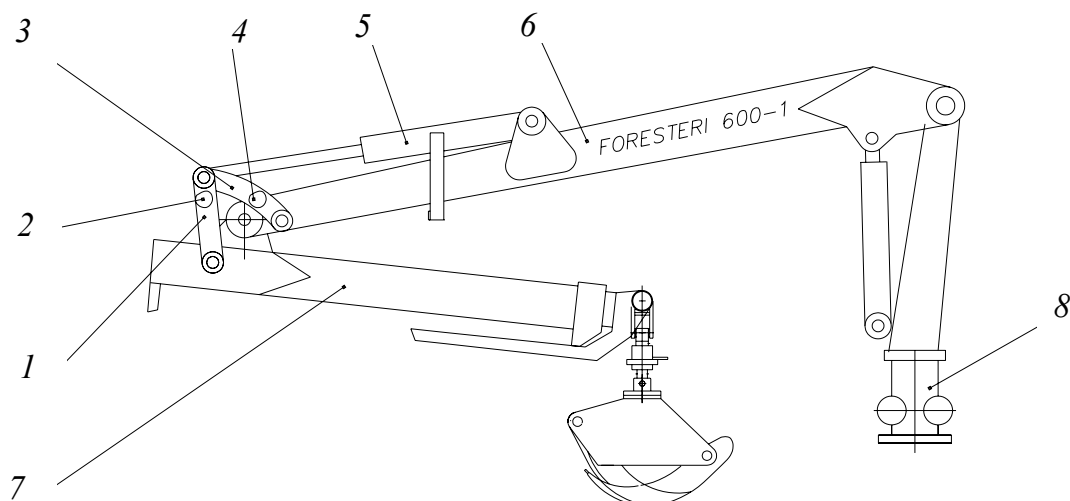


Рис. 44. Гидроманипулятор форвардера «Амкодор 2661-01»:

- 1–4 – тяги; 5 – гидросистема;
- 6 – стрела; 7 – рукоять;
- 8 – поворотное устройство

Форвардер «Амкодор 2661-01» имеет эксплуатационную массу 15 400 кг, минимальный радиус поворота не более 10 м, грузоподъемность 12 000 кг. На машине установлен двигатель мощностью 114 кВт и гидромеханическая трансмиссия. Максимальный вылет гидроманипулятора – 8,2 м, а грузовой момент 80 кН · м.

Технические характеристики некоторых форвардеров приведены в табл. 14.

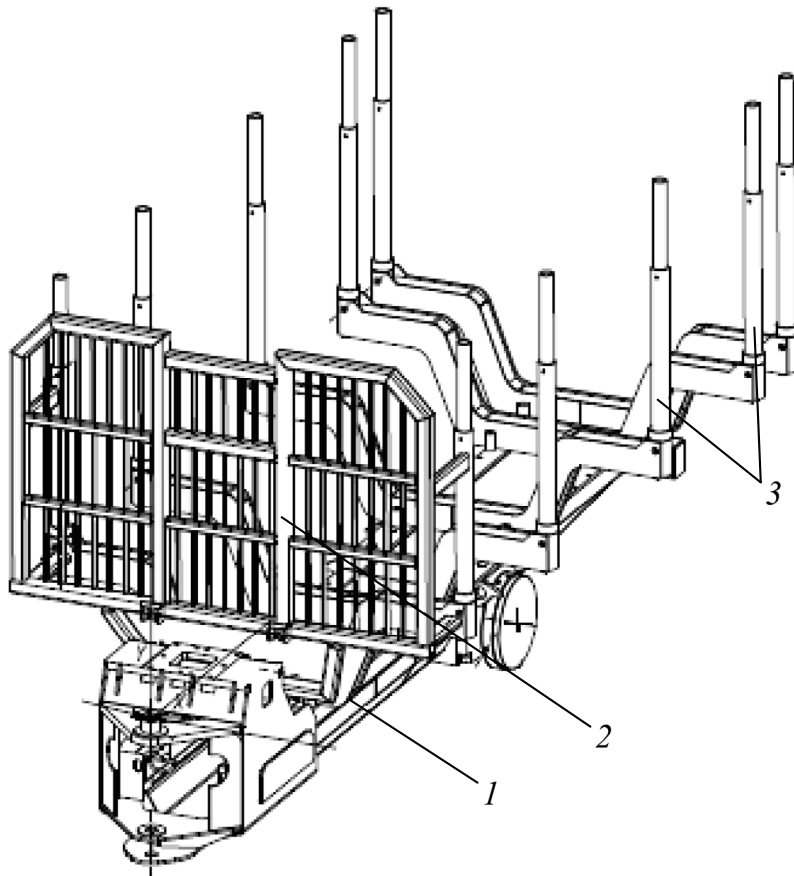


Рис. 45. Грузовая платформа форвардера «Амкодор 2661-01»:  
 1 – задняя полурама; 2 – щит; 3 – коники

Таблица 14

**Технические характеристики форвардеров**

Показатель	Марка						
	МЛПТ-354М	МЛ-131	Логсет 504F	Коматцу-840	Понссе Буффало	Джон Дир-1110Е	Ротне Рапид 6 WD
Колесная формула	4К4	6К6	8К8	6К6/ 8К8	6К6/ 8К8	8К8/ 6К6	6К6
Эксплуатационная масса, т	9	13	9,6	12/14,8	15/17	8,5/10	11,8
Грузоподъемность, т	5	10	9,5	12/18	12/14	10/12	10
Диапазон скоростей движения, км/ч	2,5–33	1,8–28	0–22	3,6–30	4,2–34	0–23	–
Вылет стрелы гидро-манипулятора, м	7,2	7,5	6,8–9,2	6,7–10,3	–	6,5–10,2	6,1–7,5

**Прицепной форвардер «Амкодор 2652»** (рис. 46) представляет собой двухзвенную погрузочно-транспортную машину, одним

звеном которой является тяговый базовый трактор 1 («Беларус» МТЗ-82Л, МТЗ-1221Л), другим – полуприцеп балансирный 6 с установленным на нем технологическим оборудованием. К технологическому оборудованию относится гидроманипулятор 3 с ротатором 7 и грейферным захватом 8, аутригеры, грузовая платформа со стойками коников 5 и щитом 4, гидросистема.

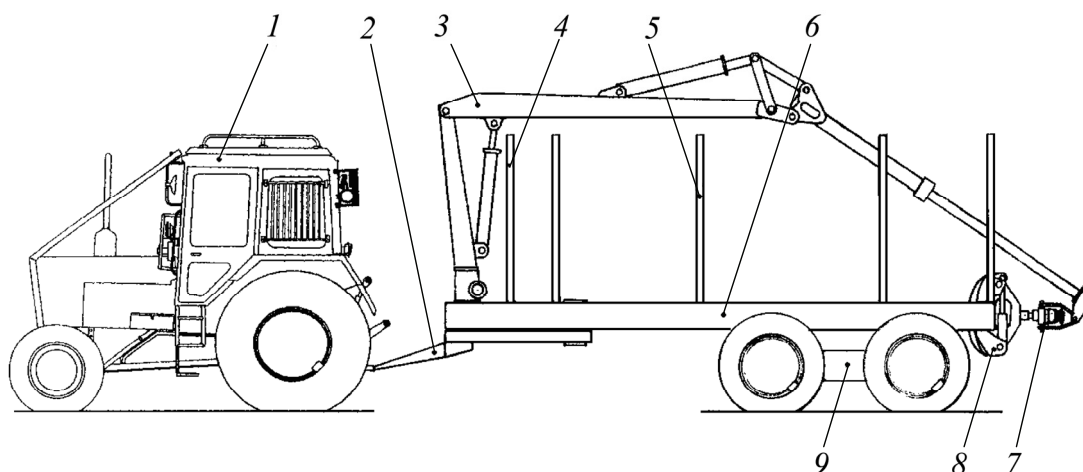


Рис. 46. Двухзвенная погрузочно-транспортная машина «Амкодор 2652»:  
 1 – трактор; 2 – поворотное дышло; 3 – гидроманипулятор; 4 – щит;  
 5 – стойки коников; 6 – полуприцеп; 7 – ротатор;  
 8 – грейферный захват; 9 – балансир

Полуприцеп балансирный состоит из поворотного дышла 2, гидросистемы, щита, рамы, стоек коников, балансиров 9 с колесами, пневмосистемы, опоры, электросистемы.

Рама прицепа может иметь одно- либо двухбалочную, а также коробчатую конструкцию. Аутригеры служат для повышения устойчивости машины при повороте манипулятора в процессе погрузки или разгрузки.

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых материалов.

2. Ознакомиться с назначением и областью применения машин, их основными характеристиками и общим устройством технологического оборудования.

3. С использованием учебных фильмов изучить правила и приемы эффективной и безопасной работы данных машин.

4. Провести сравнительный анализ эффективности эксплуатации специализированных и прицепных форвардеров в зависимости от природно-производственных условий.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение форвардеров различного типа, их устройство и предъявляемые требования.

2. Дается описание конструкций основных деталей и узлов технологического оборудования машин, приводится принцип их работы.

3. Последовательно излагаются вопросы подготовки к работе и обслуживания машин.

4. Приводятся приемы работы машин, и дается их описание.

5. Формулируются выводы по лабораторной работе.

**Контрольные вопросы**

*1. По каким признакам классифицируются форвардеры?*

*2. Назовите основные элементы технологического оборудования форвардера.*

*3. Перечислите отличительные особенности в конструкции прицепных и специализированных форвардеров.*

*4. В системе с какими машинами и механизмами могут работать форвардеры?*

*5. Приведите основные модели и характеристики форвардеров.*

*6. Назовите основные приемы работы этих машин.*

*7. Для чего необходимы аутригеры? Объясните их отсутствие у специализированных форвардеров.*

## КАНАТНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТРЕЛЕВКИ ДРЕВЕСИНЫ

**Цель работы:** изучить назначение, область применения, конструкцию, систему управления и принцип работы канатных установок, освоить особенности их безопасной и эффективной эксплуатации.

**Применяемое оборудование и материалы:** натурные образцы, подборка учебных фильмов и плакатов «Канатные установки».

**Подготовка к занятию:** перед выполнением лабораторной работы изучить назначение и область применения оборудования, основные характеристики и общее устройство.

### **Конструктивные особенности канатных установок**

Применяемые на лесозаготовках канатные установки по *конструкции* подразделяются на установки без несущего и с несущим канатом. Причем установки с несущим канатом могут быть однопролетными и многопролетными, что определяется количеством опор, и иметь постоянно натянутый несущий канат или несущий канат с переменным натяжением. В установках с несущим канатом переменного натяжения его ослабляют и опускают на землю для прицепки пачки во время каждого рабочего цикла. Такие канатные установки называют установками с опускающимся несущим канатом.

По *назначению* трелевочные канатно-блочные установки могут быть только трелевочными, трелевочно-погрузочными и трелевочно-транспортными. Трелевочные установки применяют для трелевки древесины к погрузочному пункту, верхнему складу или к подвесной канатной транспортной установке. Трелевочно-погрузочными установками (ТПУ) древесину трелюют и грузят на подвижной состав лесных дорог. Трелевочно-транспортные установки производят трелевку и транспортировку (подъем или спуск) древесины к лесной дороге.

*Одномачтовая канатная установка.* Такая установка применяется при наземном и полуподвесном способе трелевки лесоматериалов. Особенность ее работы состоит в том, что груз, находясь далеко от мачты, перемещается волоком.

*Двухмачтовые канатные установки.* Эти установки в зависимости от способа перемещения груза подразделяются на подвесные и полуподвесные. Они находят применение на погрузочно-разгрузочных работах, штабелевке и трелевке лесоматериалов. В погрузочных подвесных установках груз перемещается только в вертикальной плоскости, проходящей через обе мачты, а в трелевочных подвесных и полуподвесных груз, кроме того, подтаскивают под углом к прямой, соединяющей основания мачт.

Двухмачтовые подвесные и полуподвесные установки имеют лебедку, головную и хвостовую мачты с оттяжками, грузовую тележку и систему канатов и блоков.

Число барабанов лебедки и их назначение должны соответствовать типу установки. В общем случае число барабанов равно числу приводимых в движение канатов.

*Однопролетные трелевочно-погрузочные установки с несущим канатом.* Они предназначены для трелевки деревьев и хлыстов за комли в равнинной заболоченной и холмистой местности при сплошных рубках с погрузкой деревьев (хлыстов) на лесовозный транспорт. Поскольку комлевая часть пачки находится в приподнятом положении, трелевка протекает беспрепятственно.

*Унифицированные канатные установки* применяются в основном для трелевки лесоматериалов. Они могут быть однопролетными и многопролетными. Первые из них, как правило, перемещают груз в полуподвесном, а вторые – в подвесном положении. Они имеют специальный несущий и комбинированный подъемно-тяговый канат. Основой таких установок является универсальная канатная установка УК-1, имеющая несколько модификаций.

*Передвижные и самоходные канатные установки.* Наряду с унифицированными канатными установками находят применение самоходные канатные установки. Такие установки также имеют головную и хвостовую мачты, комбинированный тягово-подъемно-несущий канат, тележку с прицепным оборудованием и лебедку с барабанами или с канатоведущим шкивом, которая установлена на гусеничном или колесном тракторе. Головная мачта искусственная, деревянная или металлическая. В самоходных установках металлическая мачта устанавливается на тракторе и делается складной (телескопической). В качестве хвостовой мачты используется здоровое растущее дерево. Обод канатоведущего шкива лебедки представляет собой желоб с параболическими

участками рабочего профиля. В средней части желоба имеется цилиндрическая поверхность. Тягово-несущий канат огибает в два-три обхвата канатоведущий шкив и для нормальной работы должен иметь первоначальное (монтажное) натяжение. Барабаны или канатоведущий шкив приводится во вращение от двигателя трактора. К таким установкам относятся передвижные и самоходные установки МЛ-43А, МТК-431.

Машина трелевочная канатная **МТК-431** (рис. 47) состоит из базового серийного лесохозяйственного трактора «Беларус» Л1221, являющегося энергетическим и транспортным средством для канатной установки, и канатной установки, состоящей из раскладывающейся мачты с опорным щитом, лебедок тянущего, несущего и возвратного тросов, а также ручных лебедок для натяжения растяжек установки. Кроме этого в канатную установку входит грузовая каретка и механизм размыкания фиксатора подвешенного груза.

Лебедки несущего и тягового канатов обеспечивают тяговое усилие не менее 50 кН, мачта в рабочем положении имеет высоту 6 м, масса канатной установки – 1450 кг, а общая масса машины – 8400 кг. При этом канатоемкость барабанов несущего, тягового и возвратного тросов обеспечивают расстояние трелевки 200 м.

В Чехии выпускаются самоходные канатные установки **LARIX 550** и **LARIX 3T** для первичного транспорта заготовленной древесины в полуподвесном или подвесном положениях в равнинной и горной местности. Для привода и транспортировки канатной установки применяется сельскохозяйственный колесный трактор, мощностью 50–75 кВт, на который сзади навешены искусственная металлическая мачта и приводная лебедка (рис. 48).

Канатная система состоит из несущего, тягового, грузоподъемного и вспомогательного канатов. Грузовая каретка устроена так, что сформированная и поднятая пачка автоматически фиксируется на требуемой высоте под несущим канатом. Управление движениями грузовой каретки также автоматизировано. Каретка радиоуправляемая. Конструкция муфт и тормозов барабанов и канатоведущего шкива такова, что обеспечивается относительно точное ограничение максимального натяжения канатов. Канатная установка **LARIX 3T** выпускается в трех модификациях.



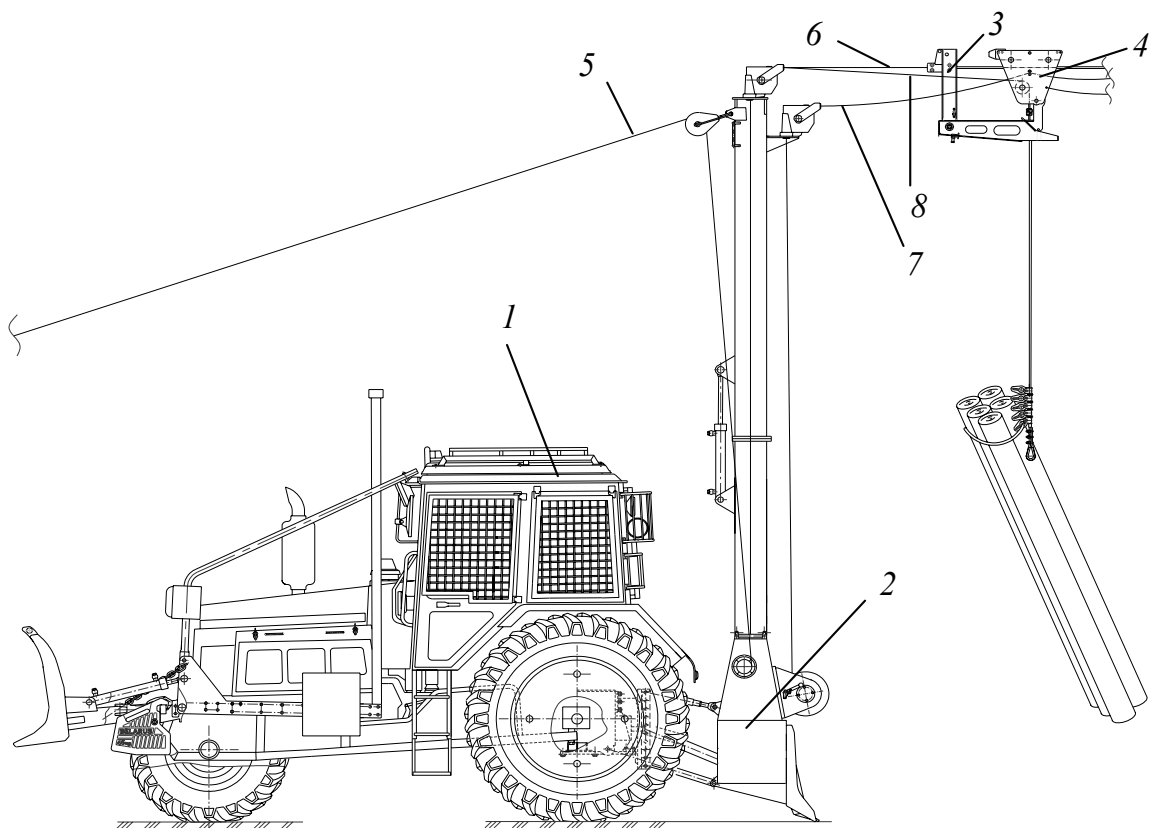


Рис. 47. Канатная установка МТК-431:  
 1 – трактор «Беларус» Л1221; 2 – канатная установка; 3 – механизм размыкания; 4 – тележка; 5 – растяжка; 6 – опорный (несущий) канат; 7 – возвратный канат; 8 – тяговый канат

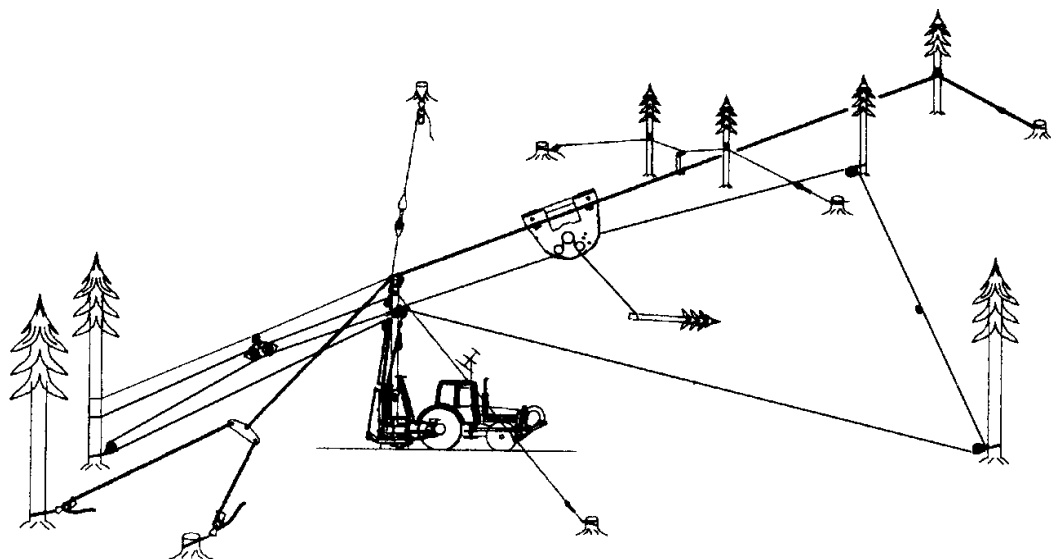


Рис. 48. Трелевочная установка LARIX Kombi

### Расчет барабанов лебедки канатной установки

Канатовместимость барабана зависит от его назначения, а также от назначения и условий работы лебедки и складывается из

максимального расстояния перемещения груза и дополнительной длины каната, зависящей от технологических условий. Установлено, что расстояние перемещения груза при трелевке в равнинных условиях не должно превышать 300 м.

Канатовместимость барабана для подачи прицепного оборудования к месту захвата груза (возвратного барабана) должна в 2,2 раза и более превышать канатовместимость грузового барабана.

Диаметр грузового  $D_{Г}$ , мм, и возвратного  $D_{В}$ , мм, барабана определяется по формулам:

$$D_{Г} = 20 \cdot d_{к.Г}; D_{В} = 20 \cdot d_{к.В},$$

где  $d_{к.Г}$  – диаметр грузового каната, мм;  $d_{к.В}$  – диаметр возвратного каната, мм.

В связи с необходимостью навивки каната большой длины барабаны лебедок, применяемых на лесосечных работах, имеют высокие реборды. Диаметр реборд грузового барабана  $D_{р.Г}$ , мм, определяется по формуле

$$D_{р.Г} = \sqrt{\frac{d_{к.Г}^2 \cdot l_{к.Г}}{l_{б.Г} \cdot \varphi} + D_{Г}^2} + 4d_{к.Г},$$

где  $l_{к.Г}$  – длина грузового каната, мм;  $l_{б.Г}$  – длина грузового барабана, мм;  $\varphi$  – коэффициент неплотности навивки ( $\varphi = 0,6$ ).

Определяем диаметр реборд возвратного барабана, мм,

$$D_{р.В} = \sqrt{\frac{d_{к.В}^2 \cdot l_{к.В}}{l_{б.В} \cdot \varphi} + D_{В}^2} + 4d_{к.В},$$

где  $l_{к.В}$  – длина возвратного каната, мм;  $l_{б.В}$  – длина возвратного барабана, мм;  $\varphi$  – коэффициент неплотности навивки ( $\varphi = 0,65$ ).

### **Основные правила безопасной работы канатными установками**

Во избежание травматизма на трелевке к управлению трелевочными машинами и механизмами допускаются только лица, прошедшие специальную подготовку и стажировку и имеющие удостоверение на право управления такой техникой. Все трелевочные механизмы должны быть оборудованы звуковой сигнализацией.

Пуск в эксплуатацию канатных трелевочно-погрузочных установок разрешается только после статических испытаний их

нагрузкой, превышающей расчетную на 25%. Деревья для мачт необходимо выбирать здоровые, с хорошо развитой корневой системой. Растяжки, которыми закрепляют мачты и опоры, а также наземные блоки должны якориться к здоровым, прочно сидящим в земле пням. Якорить растяжки к растущим деревьям запрещается. Блоки на мачтах, а также угловые направляющие блоки должны быть снабжены предохранительными канатными петлями. Между лебедчиком, чокеровщиком и другими рабочими бригады должна быть налажена четкая сигнализация. Сигнал «Стоп» лебедчик обязан выполнять независимо от того, кем он был подан. Запрещается находиться во время работы лебедки во внутренних углах канатно-блочной системы и ближе 20 м от линии несущего каната, поправлять наматываемый на барабан канат, переходить через движущиеся канаты. Осмотр и ремонт канатно-блочной системы необходимо производить только при неработающей установке. Размеры и тип канатов и блоков должны соответствовать рекомендуемым инструкцией.

*Последовательность выполнения работы:*

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы. Проверить наличие необходимых материалов.
2. Ознакомиться с назначением и областью применения канатных установок, их основными характеристиками и общим устройством технологического оборудования.
3. С использованием учебных фильмов изучить правила и приемы эффективной и безопасной работы данных машин.
4. Ознакомиться с методикой расчета барабана лебедки канатной установки и по заданию преподавателя выполнить расчет.
5. Провести сравнительный анализ эффективности эксплуатации канатных трелевочных установок в природно-производственных условиях Республики Беларусь.

*Содержание отчета о лабораторной работе:*

1. В отчете раскрывается цель работы, кратко излагается последовательность выполнения, указывается назначение канатных установок, их устройство и предъявляемые требования.
2. Дается описание конструкций основных деталей и узлов технологического оборудования установок, приводится принцип их работы.
3. Последовательно излагаются вопросы подготовки к работе и обслуживания оборудования.
4. Приводятся приемы работы установок и их описание.

5. Даются результаты расчета барабана лебедки.
6. Формулируются выводы по лабораторной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. По каким признакам классифицируются канатные установки?
2. Назовите основные элементы мобильной канатной установки.
3. Какое технологическое оборудование используется в канатных трелевочных установках?
4. Приведите основные характеристики канатных установок.
5. Назовите основные приемы работы оборудования.
6. Как определить основные параметры барабана лебедки?
7. Назовите основные правила безопасной работы канатной трелевочной установки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Машины и оборудование для лесосечных работ / Ю. В. Шелгунов [и др.]. – М.: МЛТИ, 1989. – 62 с.
2. Матвейко, А. П. Технология и машины лесосечных работ: учеб. для вузов / А. П. Матвейко, А. С. Федоренчик. – Минск: Технопринт, 2002. – 480 с.
3. Матвейко, А. П. Технология и машины лесосечных работ: учеб.-метод. пособие / А. П. Матвейко, П. А. Протас. – Минск: БГТУ, 2008. – 118 с.
4. Федоренчик, А. С. Лесные машины «Амкодор»: учеб.-метод. пособие / А. С. Федоренчик, А. А. Герман, П. А. Протас. – Минск: БГТУ, 2013. – 240 с.
5. Матвейко, А. П. Технология и оборудование лесосечных и лесоскладских работ: практикум / А. П. Матвейко, Д. В. Клоков, П. А. Протас. – Минск: БГТУ, 2013. – 199 с.
6. Федоренчик, А. С. Харвестеры: учеб. пособие / А. С. Федоренчик, И. В. Турлай. – Минск: БГТУ, 2002. – 172 с.
7. Лесные машины «Беларус»: учеб. пособие / А. В. Жуков [и др.]. – Минск: БГТУ, 2001. – 149 с.
8. Матвейко, А. П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства: учебник / А. П. Матвейко. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 447 с.
9. Клоков, Д. В. Бензиномоторные пилы: учеб. пособие / Д. В. Клоков, В. Н. Лой, И. В. Турлай. – Минск: БГТУ, 2001. – 65 с.
10. Приемы и правила работы с ручным моторным инструментом на заготовке древесного сырья: метод. указания / С. П. Мохов [и др.]. – Минск: БГТУ, 2013. – 66 с.
11. Технология и оборудование комплексного использования древесного сырья. Практикум / А. С. Федоренчик [и др.]. – Минск: БГТУ, 2014. – 274 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Лабораторная работа № 1. Цепные пильные аппараты для пиления древесины.....	4
Контрольные вопросы .....	16
Лабораторная работа № 2. Бензиномоторные пилы для валки, обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов.....	17
Контрольные вопросы .....	34
Лабораторная работа № 3. Исследование процессов поперечной распиловки лесоматериалов цепными пильными аппаратами.....	36
Контрольные вопросы .....	45
Лабораторная работа № 4. Валочно-пакетирующие и валочно-трелевочные машины .....	46
Контрольные вопросы .....	63
Лабораторная работа № 5. Валочно-сучкорезно- раскряжевочные машины (харвестеры).....	64
Контрольные вопросы .....	80
Лабораторная работа № 6. Сучкорезные и сучкорезно-раскряжевочные машины (процессоры).....	82
Контрольные вопросы .....	91
Лабораторная работа № 7. Трелевочные машины .....	92
Контрольные вопросы .....	101
Лабораторная работа № 8. Погрузочно-транспортные машины (форвардеры) .....	103
Контрольные вопросы .....	109
Лабораторная работа № 9. Канатные установки для трелевки древесины .....	110
Контрольные вопросы .....	116
Литература .....	117

Учебное издание

**Матвейко** Александр Петрович  
**Протас** Павел Александрович

# **ТЕХНОЛОГИЯ И МАШИНЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ**

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Ю. А. Юрчик*  
Компьютерная верстка *Ю. А. Юрчик*  
Корректор *Ю. А. Юрчик*

Подписано в печать 12.01.2015. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 6,9. Уч.-изд. л. 7,1.  
Тираж 100 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/227 от 20.03.2014.  
ЛП № 02330/12 от 30.12.2013.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.