

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. П. Матвейко, Д. В. Клоков,  
П. А. Протас**

---

---

**ТЕХНОЛОГИЯ  
И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОСЕЧНЫХ  
И ЛЕСОСКЛАДСКИХ РАБОТ.  
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 2013

УДК 630\*614+630\*848(076.5)(075.8)

ББК 43.90я75

М33

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра «Строительные и дорожные машины» БНТУ

(доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой *А. В. Вавилов*);

кандидат технических наук, заместитель главного

конструктора тракторного производства – начальника

УКЭР-1 ПО «МТЗ», РУП «МТЗ»

по серийному производству *В. Г. Ермаленок*

*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 оборудование лесосечных и лесоскладских работ. Практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело» / А. П. Матвейко, Д. В. Клоков, П. А. Протас. – Минск : БГТУ, 2013. – 199 с.

ISBN 978-985-530-236-1.

В учебно-методическом пособии описаны типы технологических процессов лесосечных и лесоскладских работ, машины и механизмы, которые могут найти применение в лесозаготовительном производстве. Даны теоретические основы эффективности использования лесной техники. Приведены задания по исследованию и анализу силовых и энергетических параметров процесса пиления древесины цепными пильными механизмами, производительности лесозаготовительных, лесотранспортных машин, кранов и станков по механической обработке древесины с применением ПЭВМ. Изложены методики выполнения этих заданий. Приведены необходимые справочные материалы для выполнения заданий.

УДК 630\*614+630\*848(076.5)(075.8)

ББК 43.90я75

ISBN 978-985-530-236-1

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2013

© Матвейко А. П., Клоков Д. В.,  
Протас П. А., 2013

# ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Для ускорения социально-экономического развития страны необходимо дальнейшее совершенствование профессиональной подготовки специалистов с высшим образованием для лесной промышленности и лесного хозяйства. В этой связи в учебных программах дисциплин «Технология и машины лесосечных работ», «Технология и оборудование лесных складов» и «Технология и оборудование лесозаготовительного производства» намечено изменить установленное соотношение между различными видами учебных занятий в пользу практических форм обучения и больше внимания уделять ресурсосберегающим технологиям, использованию низкокачественного древесного сырья, анализу влияния различных природно-производственных факторов на расход мощности при пилении на валке деревьев, обрезке сучьев, раскряжке хлыстов, а также на производительность лесозаготовительных и лесотранспортных машин (валочных, валочно-пакезирующих, валочно-трелевочных, валочно-сучкорезно-раскряжевочных, трелевочных и др.). Это важно еще и потому, что названные дисциплины являются основополагающими в подготовке специалистов для лесного хозяйства и лесной промышленности в области лесозаготовительного производства.

Современный технологический процесс заготовки древесного сырья включает лесосечные работы, транспорт заготовленной древесины из лесосек на нижние склады лесозаготовительных предприятий или склады потребителей и работы на нижнем складе. В этой связи для лучшего усвоения материала в учебно-методическом пособии сначала даны необходимые сведения по технологическим процессам на лесосечных и лесоскладских работах, а также машинам, механизмам и оборудованию, используемым в лесозаготовительном производстве. Кроме того, даны теоретические основы эффективного использования лесной техники. А затем приведены задания в форме задач по исследованию влияния различных факторов на мощность, расходуемую на пиление древесины цепными пильными механизмами, и производительность лесных машин и оборудования. Для сокращения времени на

поиск необходимого справочного материала для выполнения заданий он приведен в пособии.

Предисловие, главы 1, 3, 4 и параграф 2.1 написаны профессором А. П. Матвейко; глава 2 кроме параграфа 2.1 – доцентом Д. В. Клоковым; глава 5 – А. П. Матвейко (задания 3–5, 8, 9, 11 и 12) и Д. В. Клоковым (задания 6, 7 и 10); глава 6 – А. П. Матвейко (задание 14) и доцентом П. А. Протасом (задания 13, 15); глава 7 – А. П. Матвейко (задание 16) и П. А. Протасом (задание 17), глава 8 – Д. В. Клоковым (задания 18–20), глава 9 – П. А. Протасом (задания 21 и 22). По каждому заданию даны исходные данные и методические рекомендации по выполнению. Для углубленного изучения каждого в отдельности из рассматриваемых вопросов в конце пособия приведен перечень литературы.

Авторы заранее признательны читателям, которые сочтут возможным прислать свои замечания и пожелания по учебно-методическому пособию по адресу: ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Белорусский государственный технологический университет, кафедра лесных машин и технологии лесозаготовок.

## ТИПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

---

### 1.1. Типы технологических процессов на лесосечных работах

Древесина из лесосек может вывозиться сортиментами, хлыстами, деревьями, в виде технологической щепы и частями деревьев. Таким образом, возможны следующие пять типов технологических процессов лесосечных работ.

*Технологическим процессом 1-го типа* предусматривается заготовка на лесосеке сортиментов и погрузка их на лесовозный транспорт. Разновидностью этого технологического процесса является процесс, предусматривающий заготовку сортиментов из комлевой части деревьев и технологической или топливной щепы из вершинной части деревьев без удаления сучьев. Технология лесосечных работ с заготовкой сортиментов и щепы будет эффективна при разработке тонкомерных насаждений (средний объем хлыста 0,14–0,17 м<sup>3</sup>) и является ресурсосберегающей, так как при этом используется и неликвидная часть деревьев (сучья, вершины).

По *технологическому процессу 2-го типа* на лесосеке заготавливаются хлысты, которые затем грузятся на лесовозный транспорт и доставляются на нижний склад. Такой технологический процесс получил наибольшее применение на рубках главного пользования. В Беларуси и странах СНГ более 80% древесины заготавливают и вывозят на нижний склад хлыстами. При вывозке хлыстов создаются условия для более рационального и полного их использования, уменьшается трудоемкость лесосечных работ благодаря переносу из лесосек на нижний склад таких трудоемких операций, как сортировка и штабелевка лесоматериалов.

Разновидностью этого технологического процесса является процесс, по которому из деловых деревьев заготавливаются товарные хлысты, а из тонкомерных ( $d_{1,3} \leq 13$  см) и низкокачественных деревьев, не пригодных для заготовки деловых сортиментов, а также из сучьев и вершин, удаленных из деловых деревьев, – технологическая или топливная щепка. Этот вариант технологического процесса целесообразно применять при разработке разновозрастных, двухъярусных лесонасаждений. Такая технология позволяет более полно использовать отводимый в рубку лесосечный фонд и является ресурсосберегающей.

*Технологическим процессом 3-го типа* предусматривается заготовка на лесосеке деревьев и погрузка их на лесовозный транспорт. Он является наиболее прогрессивным и ресурсосберегающим, так как при таком технологическом процессе лесозаготовок создаются условия для комплексной механизации и автоматизации работ и применения высокопроизводительного оборудования на лесных складах, рационального и полного использования всех частей дерева: ствола, сучьев и вершин, древесной зелени. Однако в Беларуси этот технологический процесс не применяется из-за отсутствия вблизи лесозаготовительных предприятий производств по использованию щепы из сучьев и вершин и ограничения по дорожным условиям на вывозку деревьев.

По *технологическому процессу 4-го типа* на лесосеке заготавливают из целых деревьев технологическую или топливную щепу и отгружают непосредственно потребителям. Такую технологию рекомендуется применять при разработке тонкомерных (объем хлыста до  $0,13$  м<sup>3</sup>) и низкотоварных насаждений, непригодных для выработки деловых лесоматериалов из стволовой древесины. Она будет также эффективна при освоении лесосырьевых баз в зонах действия предприятий по химической и химико-механической переработке древесного сырья. Эта технология лесозаготовок является малоотходной, так как позволяет использовать всю надземную часть биомассы дерева. Однако она не получила широкого распространения из-за специфических условий ее применения.

*Технологическим процессом 5-го типа* предусматривается заготовка на лесосеке частей деревьев (сортиментов с кроной) и погрузка их на лесовозный транспорт для доставки на склад деревоперерабатывающего предприятия. При выгрузке на складе части деревьев сортируются на две группы: в первую – части деревьев,

пригодные для получения пиловочных бревен, балансов, а во вторую – вершинные и другие части деревьев, непригодные для получения названных сортиментов. Части деревьев первой группы затем подвергаются первичной обработке (обрезка сучьев и окорка) и далее поступают на переработку. Части деревьев второй группы, а также сучья и ветви от первой группы перерабатываются в топливную щепу.

В зависимости от состава операций на лесосечных работах, последовательности и места их выполнения (на лесосеке или верхнем складе) в каждом типе технологического процесса возможны несколько вариантов (таблица).

**Технологические процессы лесосечных работ**

Обозначение технологического процесса	Варианты технологических процессов лесосечных работ
1ТП-С1	$C \rightarrow \frac{B}{L} + T + \frac{OC}{BC} + \frac{P}{BC} + \frac{CШ}{BC} + \frac{PC}{BC}$
1ТП-С2	$C \rightarrow \frac{B}{L} + \frac{OC}{L} + T + \frac{P}{BC} + \frac{CШ}{BC} + \frac{PC}{BC}$
1ТП-С3	$C \rightarrow \frac{B}{L} + \frac{OC}{L} + \frac{P}{L} + T + \frac{CШ}{BC} + \frac{PC}{BC}$
1ТП-С4	$C, Щ \rightarrow \frac{B}{L} + T + \frac{P}{BC} + \frac{CШ}{BC} + \frac{И}{BC} + \frac{PC}{BC} + \frac{ПЩ}{BC}$
2ТП-Х1	$X \rightarrow \frac{B}{L} + T + \frac{OC}{BC} + \frac{ШХ}{BC} + \frac{ПХ}{BC}$
2ТП-Х2	$X \rightarrow \frac{B}{L} + \frac{OC}{L} + T + \frac{ШХ}{BC} + \frac{ПХ}{BC}$
2ТП-Х3	$X \rightarrow \frac{B}{L} + \frac{OC}{L} + ПВ$
2ТП-Х4	$X, Щ \rightarrow \frac{B}{L} + T + \frac{OC}{BC} + \frac{ШХ}{BC} + \frac{И}{BC} + \frac{ПХ}{BC} + \frac{ПЩ}{BC}$
3ТП-Д1	$D \rightarrow \frac{B}{L} + T + \frac{ШД}{BC} + \frac{ПД}{BC}$
3ТП-Д2	$D \rightarrow \frac{B}{L} + \frac{ПД}{L} + ПВ$
3ТП-Д3	$D \rightarrow \frac{B}{L} + ПВ$

Обозначение технологического процесса	Варианты технологических процессов лесосечных работ
4ТП-Щ1	$\text{Щ} \rightarrow \frac{\text{В}}{\text{Л}} + \text{T} + \frac{\text{И}}{\text{ВС}} + \frac{\text{ПЩ}}{\text{ВС}}$
4ТП-Щ2	$\text{Щ} \rightarrow \frac{\text{В}}{\text{Л}} + \frac{\text{И}}{\text{Л}} + \text{T} + \frac{\text{ПЩ}}{\text{ВС}}$
4ТП-Щ3	$\text{Щ} \rightarrow \frac{\text{В}}{\text{Л}} + \frac{\text{И}}{\text{Л}} + \text{ПВ}$
5ТП-ЧД1	$\text{ЧД} \rightarrow \frac{\text{В}}{\text{Л}} + \frac{\text{Р}}{\text{Л}} + \text{T} + \frac{\text{ПЧД}}{\text{ВС}}$
5ТП-ЧД2	$\text{ЧД, Щ} \rightarrow \frac{\text{В}}{\text{Л}} + \frac{\text{Р}}{\text{Л}} + \text{T} + \frac{\text{ОС}}{\text{ВС}} + \frac{\text{И}}{\text{ВС}} + \frac{\text{ПЧД}}{\text{ВС}} + \frac{\text{ПЩ}}{\text{ВС}}$

*Примечания:*

1. С – сортименты; Х – хлысты; Д – деревья; Щ – щепа; ЧД – части дерева; Л – лесосека; ВС – верхний склад (погрузочный пункт); В – валка; Т – трелевка; ОС – очистка деревьев от сучьев; Р – раскряжевка; СШ – сортировка-штабелевка; Ш (Д, Х) – штабелевка древесного сырья; И – измельчение древесного сырья на щепу; П (Д, С, ЧД, Щ) – погрузка древесного сырья на лесовозный транспорт; ПВ – прямая вывозка.

2. Сортировка и штабелевка не являются обязательными операциями в технологическом процессе и выполняются по мере необходимости.

3. Над чертой указана операция, под чертой – место ее выполнения.

Вариант технологического процесса лесосечных работ зависит в основном от почвенно-грунтовых условий, наличия на лесосеке жизнеспособного подроста хозяйственно ценных пород и его размеров, крупности насаждений, возможности безопасных и удобных условий труда рабочих и определяется местом выполнения таких операций, как очистка деревьев от сучьев и раскряжевка хлыстов.

В настоящее время в Беларуси, России и некоторых других странах СНГ на лесосечных работах применяются в основном следующие технологические процессы: 1ТП-С1, 1ТП-С3, 2ТП-Х1, 2ТП-Х2.

Технология, принятая для разработки лесосеки, должна обеспечивать высокую устойчивую производительность машин и труда рабочих с минимальными затратами средств и труда при соблюдении требований безопасности и условий охраны окружающей среды.



## 1.2. Типы технологических процессов на лесоскладских работах

На нижнем лесном складе с вывозкой на него древесины хлыстами (полухлыстами) или деревьями главными являются основные технологические потоки (поточные линии) по производству круглых лесоматериалов. Другие технологические потоки, производственные участки и цехи, имеющиеся на складе, являются соподчиненными основным потокам и должны обеспечивать бесперебойную работу последних.

Технологический процесс на основных потоках нижнего склада определяется в основном видом вывозимой на склад древесины (хлысты, сортименты и т. д.) и годовым грузооборотом склада. При вывозке древесины на нижний склад сортиментами основные технологические потоки не требуются и технология работ на нижнем складе упрощается.

При вывозке на нижний склад древесного сырья хлыстами (полухлыстами) в зависимости от грузооборота склада и применяемого оборудования возможны следующие типы технологических процессов производства круглых лесоматериалов на основных потоках склада:

- первый тип ТПН1 – технологический процесс с продольной подачей древесного сырья в обработку;
- второй тип ТПН2 – технологический процесс с поперечной подачей древесного сырья в обработку;
- третий тип ТПН3 – технологический процесс с комбинированной (продольно-поперечной или поперечно-продольной) подачей древесного сырья в обработку.

В каждом типе технологического процесса производства круглых лесоматериалов возможны два-три варианта в зависимости от применяемого оборудования.

Независимо от типа и варианта технологического процесса производства круглых лесоматериалов на нижнем складе будут выполняться следующие виды работ: выгрузка хлыстов с лесовозного транспорта и укладка в запас или же подача в раскряжевку; раскряжевка хлыстов на сортименты с дозачисткой при необходимости пеньков сучьев; сортировка круглых лесоматериалов; штабелевка круглых лесоматериалов у цехов переработки (при наличии на складе таковых) и у фронта отгрузки; отгрузка потребителям лесопродукции.

Технологический процесс производства круглых лесоматериалов должен обеспечивать:

- выпуск сортиментов требуемых номенклатуры и объемов и максимальный выход товарной продукции;
- комплексную механизацию и автоматизацию производственных операций и высокую производительность труда;
- оптимальную загрузку оборудования;
- специализацию технологических потоков на обработку определенного вида сырья и выпуск ограниченного количества сортиментов;
- создание общих складов древесного сырья и готовой продукции при многопоточной компоновке оборудования.

В Беларуси и странах СНГ сейчас преобладают мелкие нижние лесные склады с грузооборотом до 100 тыс. м<sup>3</sup> в год и средние с грузооборотом от 100 до 300 тыс. м<sup>3</sup> в год. Поэтому применяются в основном первый и третий типы технологических процессов производства круглых лесоматериалов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

?

1. Назовите типы технологических процессов, которые могут найти применение на лесосечных работах. Какие из них ресурсосберегающие?
2. Охарактеризуйте каждый тип технологического процесса лесосечных работ и назовите те из них, которые уже находят и найдут в будущем широкое применение в Беларуси.
3. Назовите типы технологических процессов, которые могут найти применение на основных потоках нижних лесных складов.
4. Охарактеризуйте каждый тип технологического процесса производства круглых лесоматериалов на основных потоках нижних складов.
5. Назовите типы технологических процессов, используемых на нижних лесных складах в Беларуси, и типы машин и оборудования, применяемых для реализации этих процессов.

# МАШИНЫ, МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

---

### 2.1. Системы машин и условия их эффективного применения

Для выполнения какого-либо технологического процесса или его части машины и оборудование формируют в системы.

**Система машин** – это набор машин и оборудования (механизмов), взаимосвязанных и согласованных по техническим и технологическим параметрам и предназначенных для выполнения какой-либо стадии технологического процесса лесозаготовок или ее части.

Применение систем машин на заготовке древесины позволяет их более рационально и полно использовать, а следовательно, повысить производительность, улучшить техническое обслуживание лесной техники и текущий ремонт, обеспечить возможно полное соответствие лесной техники природно-производственным условиям и в конечном итоге повысить эффективность лесозаготовительного производства (ЛЗП).

Чтобы система машин была эффективной в данных конкретных природно-производственных условиях, она должна формироваться с соблюдением следующих основных условий.

1. База лесных машин и оборудования в системе должна быть по возможности однотипной, что позволяет лучше организовывать их техническое обслуживание и ремонт.

2. Производительность машин и оборудования в системе должна быть равной или кратной, и они должны быть эффективными при данном объеме производства. Это обеспечит полную загрузку машин и оборудования и уменьшит затраты на выпуск продукции.

3. Машины и оборудование, включаемые в систему, по своим конструктивным и технологическим параметрам должны соответствовать данным природно-производственным условиям, т. е. рельефу местности, почвенно-грунтовым и лесорастительным условиям, виду вывозимой из лесосек древесины. Это позволит свести к минимуму отрицательные воздействия лесной техники на окружающую среду, сохранить в требуемом количестве жизнеспособный подрост и подлесок хозяйственно ценных пород, таким образом ускорить возобновление леса на вырубках, осуществить при необходимости специализацию основных потоков на нижних лесных складах на раскряжевку хлыстов определенных пород (хвойные и мягколиственные) на сортименты.

4. При формировании машин и оборудования в системы использовать как существующие, так и перспективные машины и оборудование, что позволит планировать своевременную замену устаревшей техники.

Специфичность лесозаготовительного производства и разнообразие природно-производственных условий вынуждает применить несколько систем машин и оборудования для заготовки древесины и первичной ее обработки на лесосеках и нижних складах.

На основании применяемых технологических процессов лесозаготовок и номенклатуры выпускаемых машин и оборудования для реализации этих процессов комплектование систем машин может производиться по следующим вариантам технологических процессов:

1) валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов на сортименты бензиномоторными пилами, подвозка сортиментов на верхний склад или погрузочный пункт с попутной подсортировкой и укладка доставленных сортиментов в штабеля погрузочно-транспортными машинами;

2) валка деревьев бензиномоторными пилами, обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов на сортименты сучкорезно-раскряжевыми машинами или агрегатами, подвозка сортиментов на верхний склад или погрузочный пункт с попутной подсортировкой и укладка доставленных сортиментов в штабеля погрузочно-транспортными машинами;

3) валка деревьев, очистка их от сучьев и раскряжевка хлыстов на сортименты валочно-сучкорезно-раскряжевыми машинами (харвестерами), подвозка сортиментов на верхний склад или

погрузочный пункт с попутной подсортировкой и укладка доставленных сортиментов в штабеля погрузочно-транспортными машинами (форвардерами);

4) валка деревьев бензиномоторными пилами, трелевка деревьев тракторами на верхний склад, очистка деревьев от сучьев и раскряжевка хлыстов на сортименты сучкорезно-раскряжевочными машинами, подсортировка и штабелевка сортиментов самоходными стреловыми гидрокранами-манипуляторами;

5) валка деревьев валочными или валочно-пакетирующими машинами, трелевка деревьев тракторами на верхний склад, очистка деревьев от сучьев и раскряжевка хлыстов на сортименты сучкорезно-раскряжевочными машинами, подсортировка и штабелевка сортиментов самоходными стреловыми гидрокранами манипуляторами;

6) валка деревьев бензиномоторными пилами, трелевка деревьев на верхний склад тракторами, очистка деревьев от сучьев самоходными сучкорезными машинами, погрузка хлыстов на лесовозный транспорт самоходными челюстными лесопогрузчиками или самозагружающимися лесоавтопоездами;

7) валка и трелевка деревьев на верхний склад валочно-трелевочными машинами, очистка деревьев от сучьев самоходными сучкорезными машинами, погрузка хлыстов на лесовозный транспорт самоходными челюстными лесопогрузчиками или самозагружающимися автопоездами;

8) валка деревьев бензиномоторными пилами, трелевка деревьев на верхний склад тракторами, измельчение деревьев на щепу с подачей ее в автощеповоз или контейнер автощеповоза самоходными или прицепными рубильными машинами;

9) выгрузка доставленных на нижний склад хлыстов козловым краном, раскряжевка хлыстов на сортименты раскряжевочными установками, сортировка сортиментов продольными лесотранспортерами, штабелевка сортиментов консольно-козловыми кранами;

10) выгрузка доставленных на нижний склад хлыстов канатными разгрузочно-растаскивающими установками, раскряжевка хлыстов на сортименты бензиномоторными пилами, сортировка сортиментов продольными лесотранспортерами, штабелевка сортиментов консольно-козловыми или башенными кранами.

Возможны и другие варианты систем машин.

## 2.2. Машины и механизмы для лесосечных работ

**2.2.1. Бензиномоторные пилы для валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов.** Все бензопилы можно условно разделить на три класса.

1. Бытовые пилы, предназначенные для работы «от случая к случаю». Как правило, это сравнительно маломощные инструменты, с помощью которых 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. Однако они не рассчитаны на использование по 8–10 ч в сутки в течение всего года. Такие пилы зачастую используются на очистке деревьев от сучьев.

3. Профессиональные пилы, обладающие высокой мощностью (как правило, более 2,5 кВт) и характеризующиеся широким спектром функциональных возможностей. Применяются в основном на валке деревьев, раскряжевке хлыстов, могут работать ежедневно в течение года по 10–16 ч в сутки.

Основными узлами пил всех типов являются: двигатель, муфта сцепления, пильный аппарат, рама, стартер и редуктор (у редукторных пил). Все двигатели двухтактные, бензиновые, карбюраторные с кривошипно-камерной продувкой. Диапазон мощности – 1,5–6,5 кВт.

Муфты сцепления фрикционные, автоматические, центробежные. Включаются при 1800–2000 об./мин.

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

Пильный аппарат цепной, консольный и снабжен автоматическим тормозом пильной цепи, что делает пилу более безопасной.

В настоящее время ведущими фирмами, производящими универсальные пилы, являются «Штиль» (Германия) (рис. 2.1, б) и скандинавский концерн «Электролюкс» (рис. 2.1, в), в номенклатуре которого более 150 модификаций пил марок Хускварна и Джонсеред.

Кроме того, применяются специализированные российские пилы, выпускаемые Пермским машиностроительным заводом с высоким расположением рукояток Урал-70, Урал-76 (рис. 2.1, *a*), безредукторные Тайга-245, Урал-44 с низким расположением рукояток.

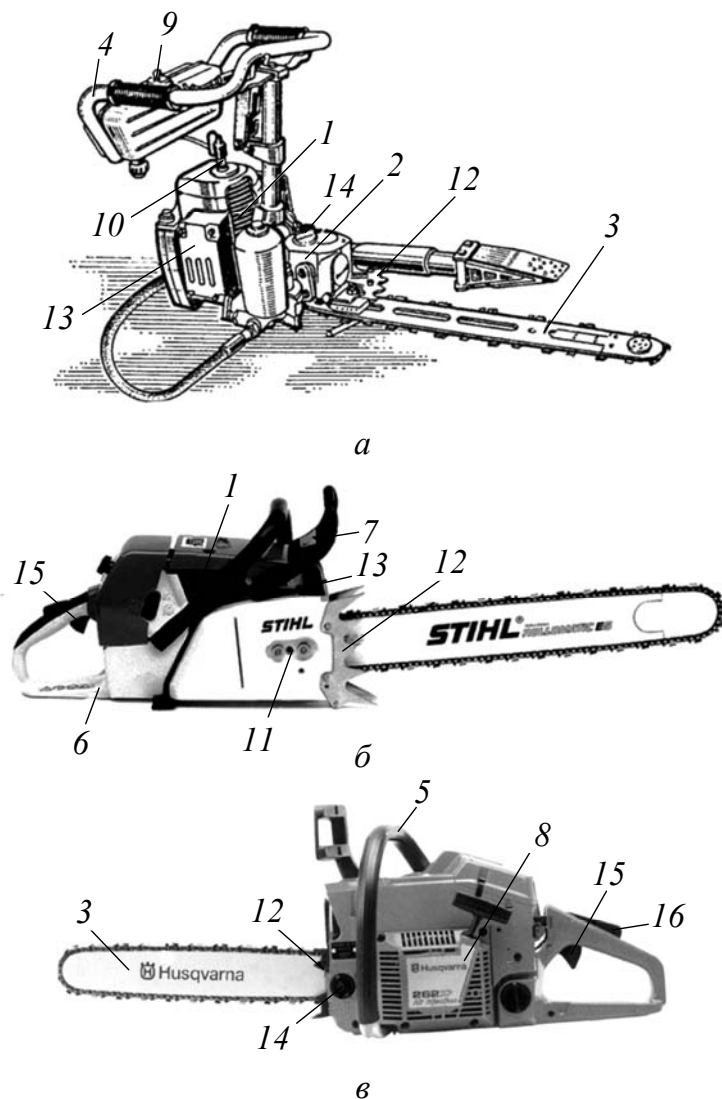


Рис. 2.1. Общий вид бензиномоторных пил:

*a* – 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

Бензопилы Урал-70 и Урал-76 оснащены двигателем с частотой вращения коленвала 9000 об./мин. Производительность чистого пиления – 140 см<sup>2</sup>/с. Кроме того, в них предусмотрен привод для присоединения гидроклина КГМ-1А.

Технические характеристики бензопил для валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов приведены в табл. 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1

**Технические характеристики бензиномоторных цепных пил**

Показатель	Марка бензопилы		
	Урал-70/ Урал-76	Штиль MS 361	Хускварна 365
Мощность двигателя, кВт	3,31/3,7	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	Oilomatic, 9,32 мм	H42, 9,525 мм

Таблица 2.2

**Технические характеристики легких бензиномоторных пил**

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

**2.2.2. Валочные и валочно-пакетирующие машины.** Валочные машины (ВМ) являются специализированными (однооперационными) и в зависимости от места расположения технологического оборудования могут быть фронтальными или фланговыми (с боковым расположением пильного механизма). Машины для валки и пакетирования (ВПМ) деревьев делятся на два типа: рычажные и манипуляторные.

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

При среднем объеме хлыста до 0,35 м<sup>3</sup> целесообразно применять для валки и пакетирования деревьев валочно-пакетирующую



ЛП-60-01 Абакан или МЛ-135. При среднем объеме хлыста 0,4–0,8 м<sup>3</sup> рекомендуется применять более мощные лесозаготовительные машины: валочную ВМ-4, валочно-пакетирующую ЛП-19А, Б или МЛ-119А.

Машина ВМ-4 в настоящее время не выпускается, а на ее базе созданы валочно-трелевочные машина ВМ-4А, ВМ-4Б.

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.

Навесное технологическое оборудование ВПМ предназначено для валки и пакетирования деревьев и состоит из основания, поворотной платформы, манипулятора, захватно-срезающего устройства (ЗСУ), гидросистемы и кабины оператора (рис. 2.2).

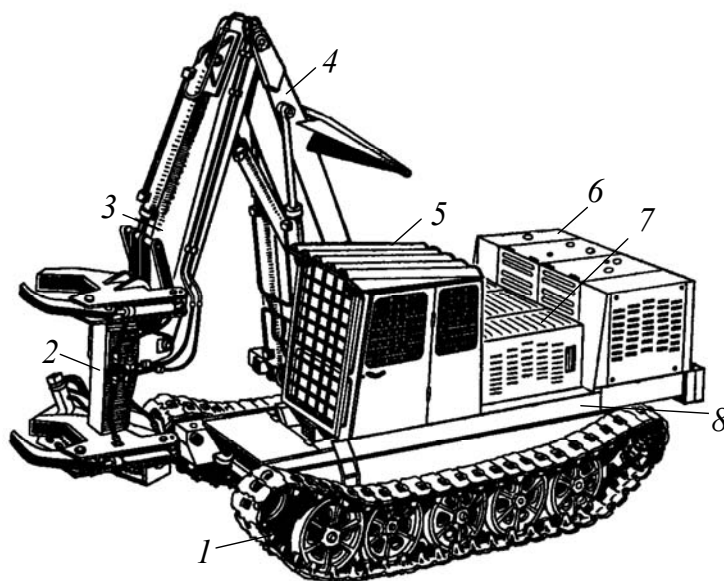


Рис. 2.2. Валочно-пакетирующая машина ЛП-19Б:  
1 – ходовая система; 2 – захватно-срезающее устройство;  
3 – рукоять; 4 – стрела; 5 – кабина; 6 – отсек двигателя;  
7 – отсек гидросистемы; 8 – поворотная платформа

*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.

*Машина ЛП-19А, Б* предназначена для валки деревьев и формирования их в пачки на земле, она лучше сохраняет лесную среду из-за увеличенного (до 9,9 м) вылета 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. 2.3.

Таблица 2.3

**Технические характеристики валочно-пакетирующих машин**

Показатель	Марка машины		
	ЛП-19А/ ЛП-19Б	МЛ-135	МЛ-119А
Мощность двигателя, кВт	95,5/125	165	125
Наибольший диаметр дерева в месте реза, м	0,9	0,56	0,9
Максимальный вылет манипулятора, м	8,0	9,4	9,5
Минимальный вылет манипулятора, м	3,65	4,0	–
Грузоподъемность манипулятора при максимальном вылете, т	2,5	1,8	2,5

**2.2.3. Валочно-трелевочные машины.** Валочно-трелевочные машины (ВТМ) производят валку деревьев, сбор и формирование их в пачку в пакетоформирующем 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 машины (конике) с подтрелевкой их на расстояние 40–60 м в место, удобное для подбора подборщиком-трелевщиком пачек. Эти машины также могут работать в режиме валки деревьев на землю с последующей трелевкой их трелевочными тракторами с гидроманипулятором. На производстве находят применение ВТМ ЛП-58-01.

*Валочно-трелевочная машина ЛП-58-01* (рис. 2.3) предназначена для работы в лесонасаждениях со средним объемом хлыста более  $0,3 \text{ м}^3$  с равнинным и слабохолмистым рельефом местности. Машина выполнена на базе трактора ТТ-4М-01.

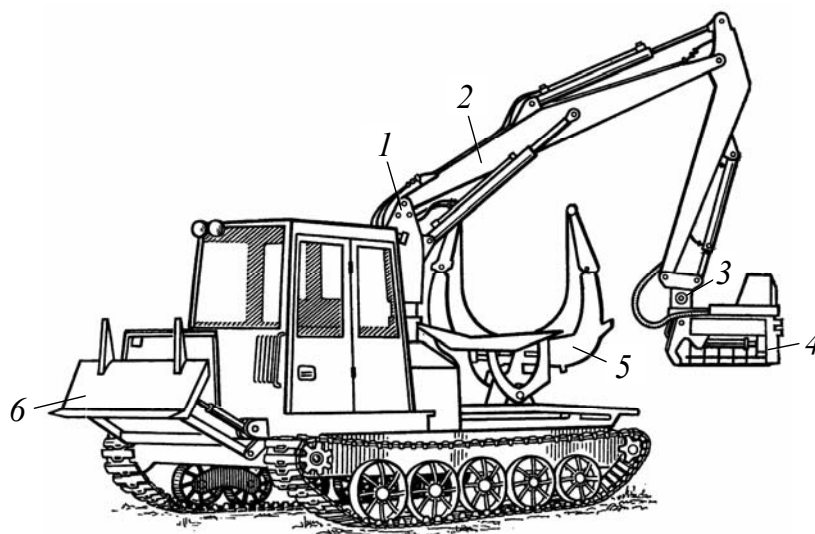


Рис. 2.3. Валочно-трелевочная машина ЛП-58-01:  
 1 – колонна с механизмом поворота;  
 2 – манипулятор; 3 – подвеска; 4 – ЗСУ;  
 5 – зажимной коник; 6 – толкатель

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

Технические характеристики ВТМ приведены в табл. 2.4.

Технические характеристики валочно-трелевочных машин

Показатель	Марка машины	
	ЛП-58-01	ЛЗ-235
Мощность, кВт	95,5	95,5
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

**2.2.4. Валочно-сучкорезно-расряжевочные машины (харвестеры).** На производстве в РБ находят применение ВСРМ Амкордор 2551, Коматцу Форест 911.4, Джон Дир-1170Е и др. Такие машины состоят из следующих основных узлов: силового агрегата, рамы, гидроманипулятора, валочно-сучкорезно-раскряжевочной головки, гидросистемы.

*Харвестер Коматцу Форест 911.4* является одномодульной машиной (рис. 2.4) и используется при проведении различных видов рубок.

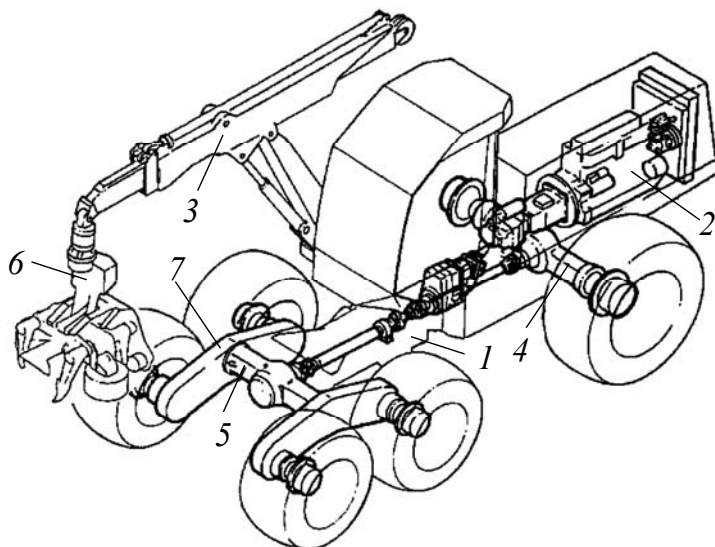


Рис. 2.4. Устройство харвестера:

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

*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.

*Приемы работы харвестеров.* Харвестер во время работы перемещается задним ходом. С любой стоянки он валит и обрабатывает деревья, растущие в рабочей зоне гидроманипулятора (рис. 2.5).

Технические характеристики ВСРМ приведены в табл. 2.5.

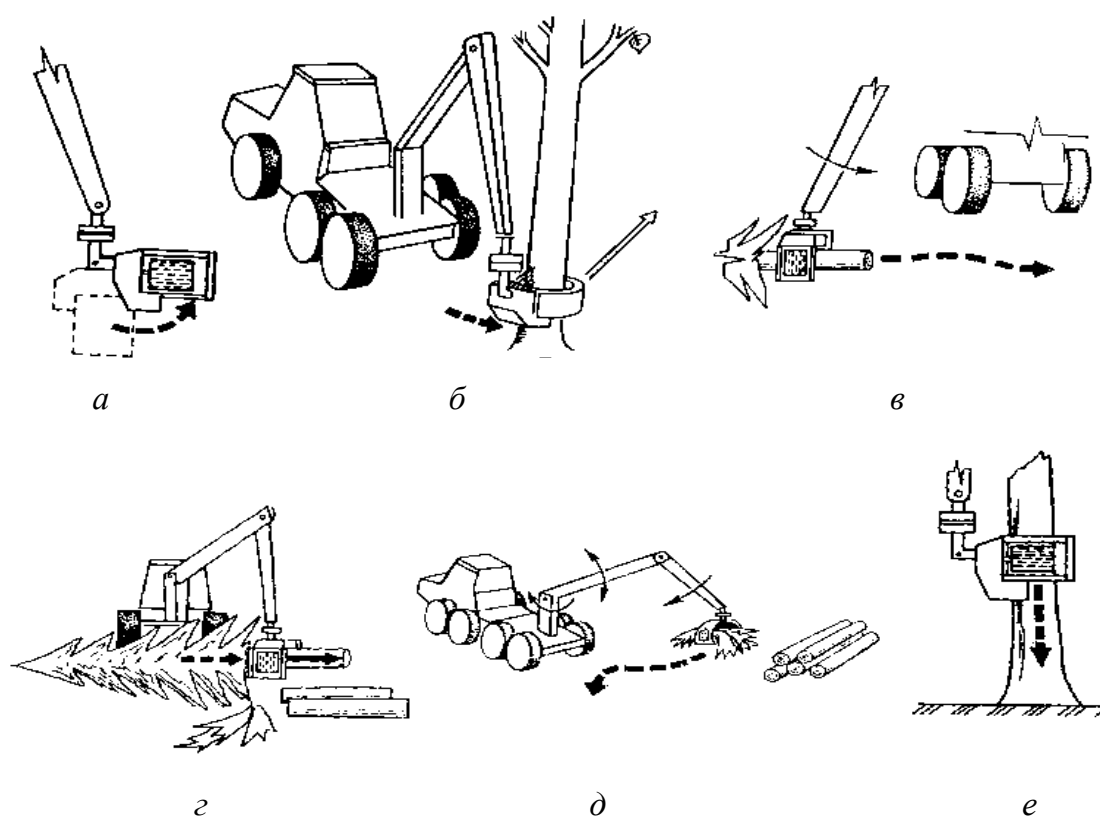


Рис. 2.5. Технология работы харвестера:

- a* – поворот грейфера в вертикальное положение;
- б* – захват и спиливание дерева; *в* – подтаскивание дерева в зону обработки; *г* – процесс обработки; *д* – перенос сучьев на волок для его укрепления; *е* – опускание грейфера по дереву

**Технические характеристики харвестеров**

Показатель	Марка машины			
	Амкодор 2551	Коматцу 901.4/911.4	Понссе Beaver/Fox	Джон Дир 1070E/1170E
Мощность двигателя, кВт	132	150/170	129/145	136/145
Максимальный вылет манипулятора, м	9,5	10/10	11/11	10/11,3
Харвестерный агрегат	25RH	350/360	H53/H60	H752HD
Максимальный диа- метр пропила, см	67	60/65	50/60	56
Максимальная ско- рость подачи, м/с	5	5/5	5/6	5

**2.2.5. Сучкорезные и сучкорезно-раскряжевочные машины.**

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>. Наибольшая эффективность достигается при работе машины на верхних или промежуточных складах. 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>. Она может использоваться как на верхних складах, так и 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. 2.6) выполнена на базе трактора ТТ-4М-01-07. Она предназначена для лесонасаждений со средним объемом хлыста от 0,35 до 0,8 м<sup>3</sup>.

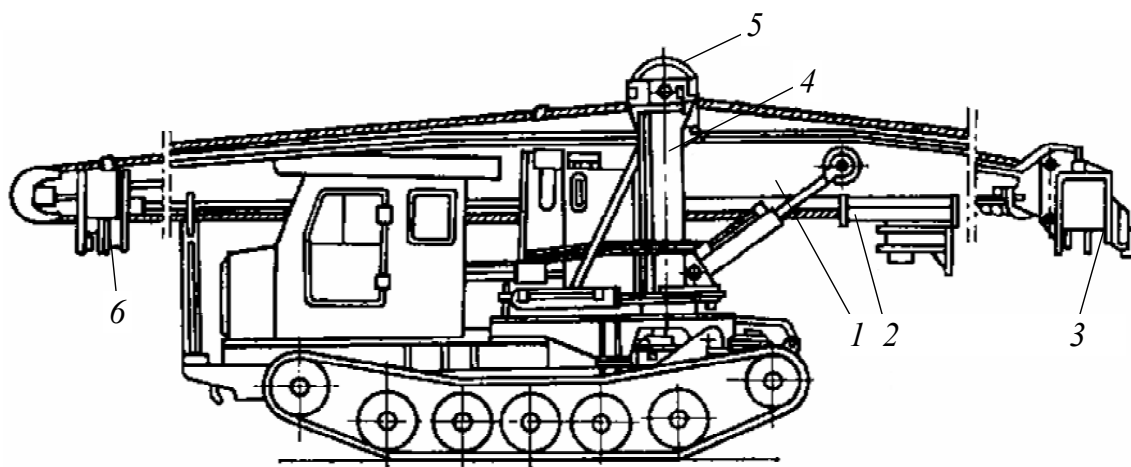


Рис. 2.6. Самоходная сучкорезная машина ЛП-33Б:

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. 2.7. 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.

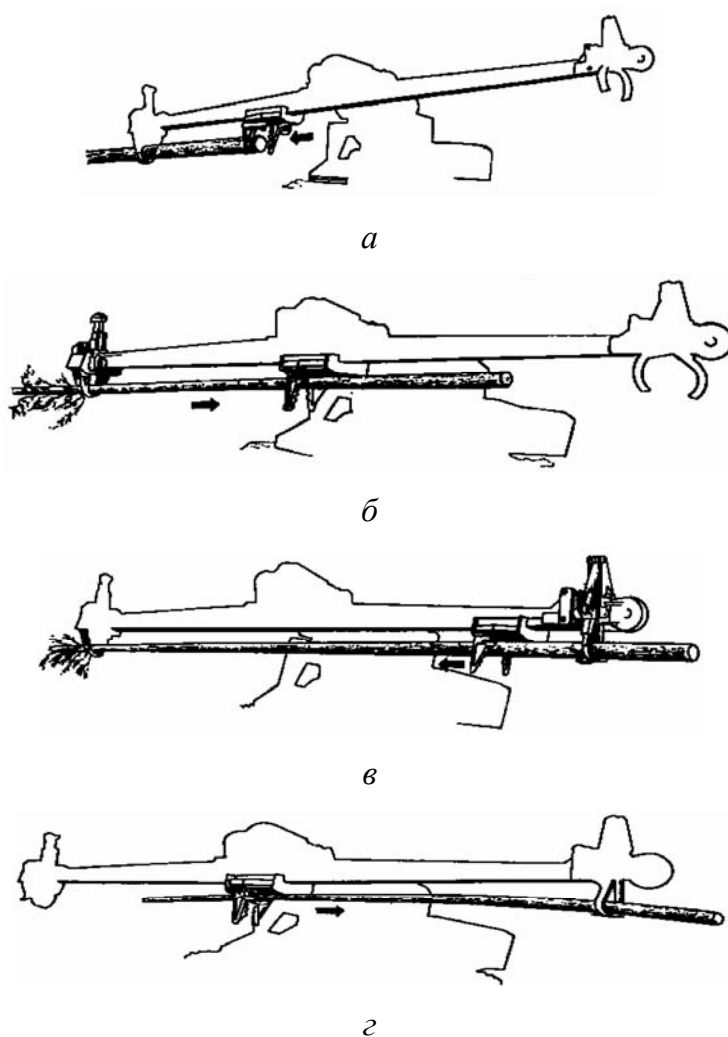


Рис. 2.7. Чередование приемов при обработке дерева:  
 а, в – перегон захвата в исходное положение;  
 б, г – протаскивание

*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); с размещением технологического оборудования на машине и на прицепе.

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



*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  $0,8 \text{ м}^3$ , раскряжевки хлыстов на сортименты и их объемного учета в лесу (на погрузочном пункте (верхнем складе) или трелевочном волоке), а также на береговых и прирельсовых нижних складах и складах сырья лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий.

Она снабжена манипулятором и сучкорезно-раскряжевочным агрегатом. Машина оборудована системой управления, обеспечивающей выпиливание заданного сортимента в автоматизированном (программном) и ручном режимах. В автоматизированном режиме без переналадки можно выпиливать шесть длин сортиментов в любом наборе.

Манипулятор – гидромеханический, рычажно-шарнирный, поворотный с удлинителем. Среднее расположение манипулятора позволяет равномерно распределить нагрузки от манипулятора и обрабатываемого дерева по опорным каткам машины. Вылет манипулятора может меняться от 2 до 8 м, что позволяет с одной позиции машины обрабатывать максимальное число деревьев, в т. ч. 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  $85^\circ$  и в вертикальной – на угол  $23^\circ$ . 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  $0,8 \text{ м}^3$ , 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 канатом длиной 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.

*Приемы работы процессора* изображены на рис. 2.8. По волоку (технологическому коридору) он перемещается задним ходом. Для придания машине 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.

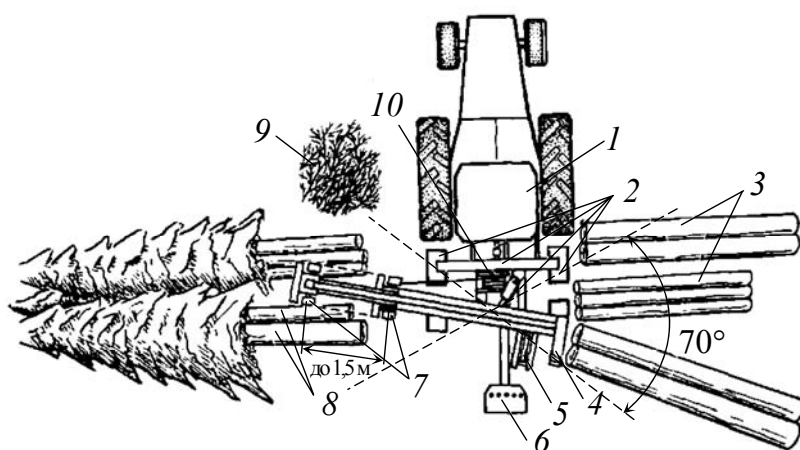


Рис. 2.8. Схема работы навесного процессора Ниаб-5-15В:  
 1 – колесный трактор; 2 – рамы процессора; 3 – сортименты;  
 4 – цепная пила; 5 – механизм зажима; 6 – пульт управления;  
 7 – захватно-сучкорезная головка; 8 – подтрелеванные деревья;  
 9 – вал сучьев; 10 – лебедка

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. Им ствол 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. Длина отрезаемых балансов отмеряется пропорционально числу ходов ступенчатой подачи (два хода соответствуют 3 м) при помощи градуированного аутригера.

За счет поворота стрелы обеспечивается подсортировка сортиментов по размерно-качественным признакам. Образовавшиеся отходы в виде сучьев при работе машины с помощью сучкорезной головки формируют в вал. Закончив обработку подтрелеванной пачки деревьев, оператор переводит процессор в транспортное положение и перегоняет машину на новую технологическую стоянку. Далее цикл работ повторяется. При работе на погрузочном пункте процессор работает только в режиме обрезка сучьев – раскряжевка.

Технические характеристики сучкорезных и сучкорезно-раскряжевочных машин приведены в табл. 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6

**Технические характеристики сучкорезных машин**

Показатель	Марка машины		
	ЛП-30Г	ЛП-33Б-01	ЛП-33Б
Мощность, 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

**Технические характеристики сучкорезно-раскряжевочных машин  
(процессоров)**

Показатель	Марка машины		
	СМ-35	ЛП-03	Хипро 755
Базовая машина (силовой агрегат)	ТТ-4М-01	ЛП-33Б	Беларус Л1221.1
Мощность, кВт	95,5	95,5	60
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	0,15	0,20	0,15
Длина выпиливаемых сортиментов, м	2–6	2–8,5	2–6

### 2.2.6. Трелевочные и погрузочно-транспортные машины.

По конструкции ходовой части тракторы, применяемые на трелевке древесины, 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 трактора более производительные, чем гусеничные. Однако проходимость колесных тракторов на лесосеках со слабой несущей способностью грунтов хуже, чем у гусеничных.

По конструкции технологического оборудования для набора пачки трелевочные тракторы делятся на четыре типа:

- ◆ трелевочные тракторы, оснащенные канатно-чокерным оборудованием для трелевки деревьев и хлыстов;
- ◆ трелевочные тракторы, оснащенные гидроманипулятором с клещевым захватом для бесчокерной трелевки деревьев и хлыстов;
- ◆ трелевочные тракторы, оснащенные пачковым клещевым захватом для бесчокерной трелевки сформированных пачек деревьев и хлыстов (подборщики-трелевщики пачек);
- ◆ трелевочные тракторы, оснащенные гидроманипулятором с рейферным захватом для подвозки сортиментов (позрузочно-транспортные машины).

*Трелевочные тракторы с канатно-чокерным оборудованием* ТТР-401М, ТТР-411, Амкодор 2243В, МЛ-127, ТЛТ-100А, ТТ-4М,

МТ-5 и другие 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 и гидросистемы. Лебедка однобарабанная, реверсивная, служит для формирования пачки деревьев (хлыстов), подтаскивания ее к трактору и укладки на щит. Для этого используется собирающий канат длиной 30–45 м и диаметром 17–22 мм.

Трактор *ТЛТ-100А* (рис. 2.9) рекомендуется применять в тонкомерных и средней крупности лесонасаждениях (средний объем хлыста  $0,14–0,50 \text{ м}^3$ ), а тракторы *ТТ-4М* (рис. 2.10), *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 *ТЛТ-100А-06*, который является модификацией трактора *ТЛТ-100А* и отличается от него только ходовой системой и ведущим мостом с двухступенчатой бортовой передачей. Благодаря увеличенной опорной поверхности гусениц он по сравнению с *ТЛТ-100А* обладает лучшей проходимостью, поперечной и продольной устойчивостью. Это позволяет использовать его на грунтах с низкой несущей способностью.

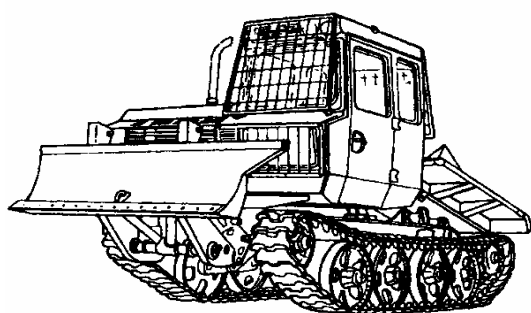


Рис. 2.9. Трелевочный трактор  
ТЛТ-100А

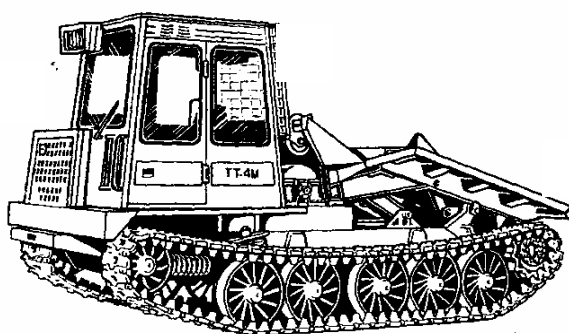


Рис. 2.10. Трелевочный трактор  
ТТ-4М

*Колесный трелевочный трактор ТТР-401М* относится к числу легких трелевочных машин и предназначен для трелевки

деревьев, хлыстов и сортиментов в полуподвешном положении в равнинной и слабохолмистой местности, с хорошей несущей способностью грунтов, в насаждениях со средним объемом хлыста до  $0,3 \text{ м}^3$ .

*Трелевочные тракторы МЛ-127* (рис. 2.11) и *Амкодор 2243В* с канатно-чокерным технологическим оборудованием состоят из переднего энергетического *11* и заднего технологического *б* модулей, шарнирно сочлененных между собой с возможностью поворота в горизонтальной и качания в вертикальной плоскостях.

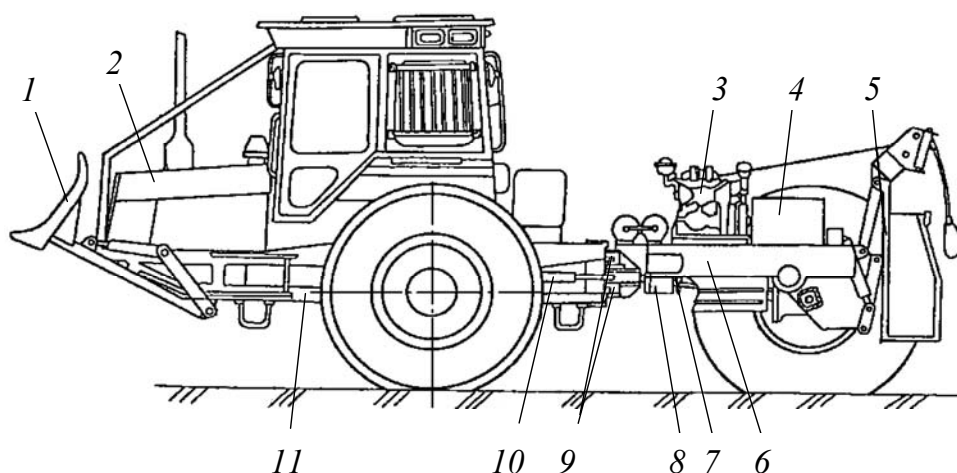


Рис. 2.11. Трелевочная машина МЛ-127:

- 1* – толкатель; *2* – двигатель; *3* – лебедка; *4* – привод лебедки;  
*5* – защитно-опорный щит; *б* – задняя полурама; *7* – гидроцилиндр  
 блокировки горизонтального шарнира; *8* – горизонтальный шарнир;  
*9* – вертикальный шарнир; *10* – силовой гидроцилиндр поворота;  
*11* – передняя полурама

Лебедка предназначена для подтаскивания деревьев к трактору, формирования пачки и ее удержания в полуподвешном положении при транспортировке.

***Трелевочные тракторы с гидроманипулятором.*** Навесное трелевочное оборудование состоит из гидроманипулятора, паке-тоформирующего устройства (коника) и гидросистемы.

*Трелевочный трактор ТБ-1М-15* (рис. 2.12) выполнен на базе трелевочного трактора ТЛТ-100А-04 и предназначен для бесчокерной трелевки деревьев и хлыстов в насаждениях со средним объемом хлыста до  $0,5 \text{ м}^3$ .

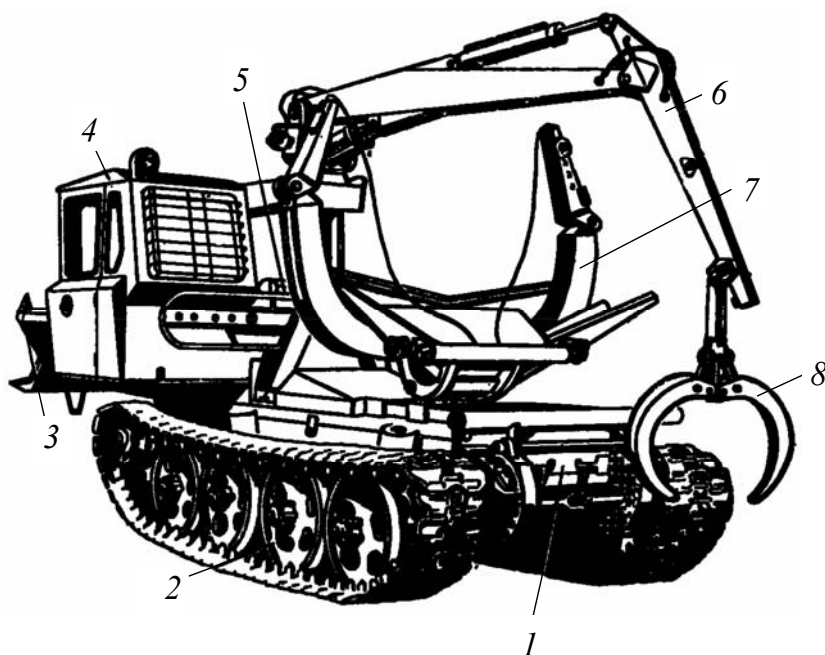


Рис. 2.12. Трелевочный трактор ТБ-1М-15:  
 1 – рама; 2 – ходовая система;  
 3 – толкатель; 4 – кабина; 5 – двигатель;  
 6 – манипулятор; 7 – коник; 8 – захват

*Трелевочный трактор ЛП-18Д* имеет то же назначение, что и ТБ-1М-15, выполнен на базе трактора ТТ-4М-01.

*Трактор МЛ-107* выполнен на базе лесопромышленного шасси 662 и снабжен дизельным двигателем мощностью 243 кВт.

**Трелевочные тракторы с пачковым клещевым захватом** МЛ-127С, МЛ-136, ЛТ-230, ЛТ-187 и другие предназначены для трелевки пачек деревьев (хлыстов), сформированных валочно-пакетирующими машинами. Навесное технологическое оборудование состоит из следующих основных узлов: 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. 2.13) предназначена для трелевки деревьев и хлыстов в полуподвешенном положении в равнинной и слабохолмистой местности, с хорошей несущей способностью грунтов, в насаждениях со средним объемом хлыста до 0,35 м<sup>3</sup>.

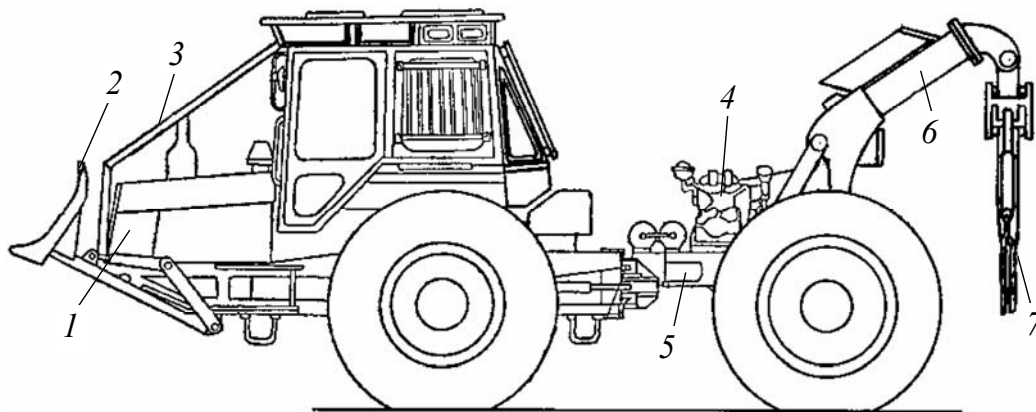


Рис. 2.13. Трелевочная машина с пачковым захватом МЛ-127С:  
 1 – энергетический модуль; 2 – толкатель; 3 – защитное ограждение;  
 4 – лебедка; 5 – технологический модуль; 6 – технологическая стрела;  
 7 – пачковый захват

**Погрузочно-транспортные машины (ПТМ) для сортиментов.** На производстве нашли применение следующие погрузочно-транспортные машины: МЛПТ-354М, МЛПТ-344, МЛ-131, Амкодор 2661, Амкодор 2662, Коматцу Форест 840, Джон Дир 1010Е и некоторые другие.

В состав технологического оборудования входят гидроманипулятор с грейфером 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 решетки.

Гидроманипулятор предназначен для сбора, погрузки-разгрузки сортиментов на грузовую платформу. Он состоит из поворотной колонны, стрелы, рукояти и грейферного захвата с ротатором. Для увеличения вылета рукоять снабжена удлинителем.

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.

Они способны перевозить грузы, почти равные своей собственной массе. Эти машины предназначены для сбора, погрузки и транспортировки сортиментов, а также для их разгрузки и штабелевки.



Машина МЛПТ-354М (рис. 2.14) имеет колесную формулу 4К4, а машина МЛ-131 – колесную формулу 6К6.

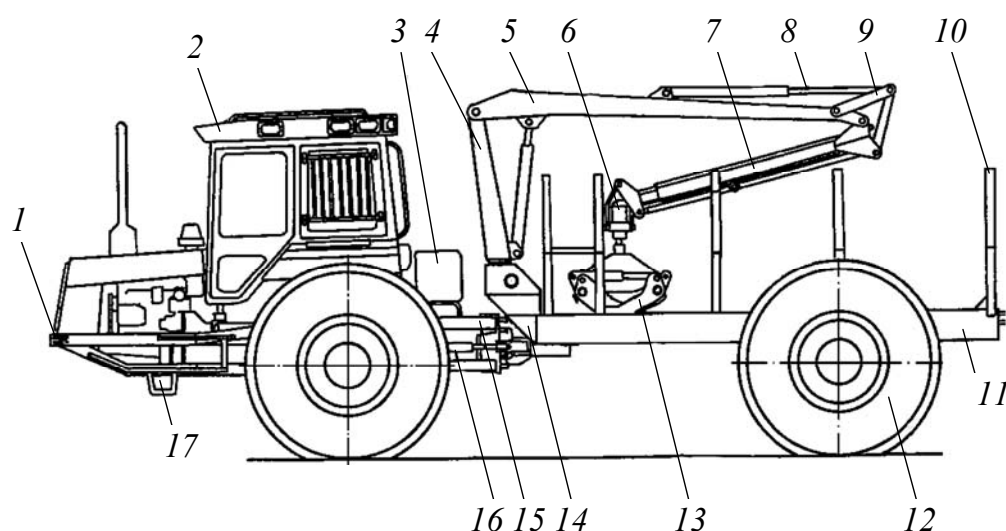


Рис. 2.14. Погрузочно-транспортная машина Беларус МЛПТ-354М:  
 1 – двигатель; 2 – кабина; 3 – бак гидропривода; 4 – колонна; 5 – стрела;  
 6 – ротатор; 7 – рукоять; 8 – гидроцилиндр управления рукоятью;  
 9 – четырехзвенник; 10 – стойки; 11 – грузовая платформа; 12 – колесо;  
 13 – грейфер; 14 – опора вертикально-горизонтального шарнира; 15 – рама;  
 16 – гидроцилиндр поворота; 17 – подножка

Технические характеристики ПТМ приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

**Технические характеристики погрузочно-транспортных машин  
(форвардеров)**

Показатель	Марка						
	МЛПТ-354М	МЛ-131	Логсет 504F	Коматцу 840	Понссе Баффало	Джон Дир 1110Е	Роттне Рапид 6WD
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 гидроманипулятора, м	7,2	7,5	6,8–9,2	6,7–10,3	–	6,5–10,2	6,1–7,5

**2.2.7. Лесопогрузочные машины.** В настоящее время для погрузки древесины на лесовозный транспорт применяется два типа лесопогрузочных машин: самоходные челюстные лесопогрузчики перекидного типа и стреловые краны-манипуляторы, которые могут быть самоходными или устанавливаться на лесовозных автомобилях.

**Челюстные лесопогрузчики перекидного типа.** Получили применение челюстные погрузчики ПЛ-1В (рис. 2.15), ПЛ-1Г и ЛТ-188. Навесное технологическое оборудование включает раму 7, стрелу 2, челюстной захват 1, механизм раскрытия и закрытия челюстей и гидросистему 4.

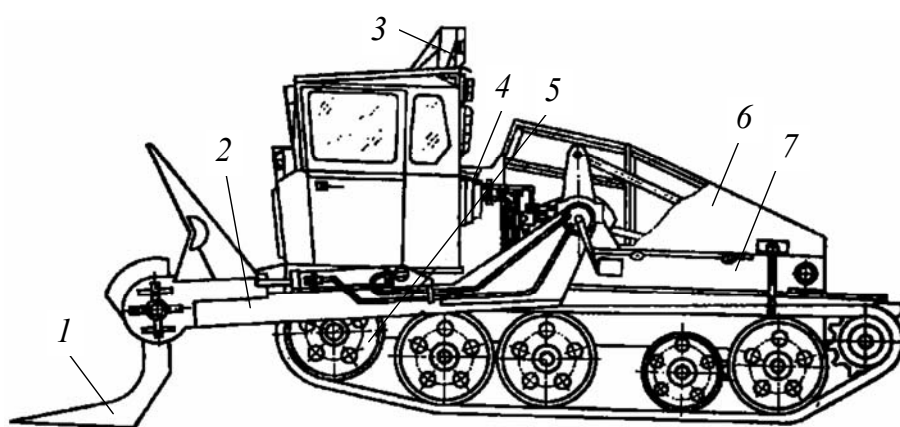


Рис. 2.15. Лесопогрузчик ПЛ-1В:

- 1 – челюсть захвата; 2 – рама стрелы с приводом захвата;  
3 – электрооборудование; 4 – гидросистема; 5 – опорное устройство;  
6 – дополнительное оборудование; 7 – рама навески

*Лесопогрузчик ПЛ-1В* предназначен для использования в лесонасаждениях со средним объемом хлыста до  $0,4 \text{ м}^3$  и для погрузки деревьев или хлыстов на лесовозный транспорт. При замене челюстного захвата на другой вид грузозахватного механизма погрузчик может осуществлять погрузку сортиментов и сыпучих грузов.

*Лесопогрузчик ПЛ-1Г* имеет то же назначение, что и погрузчик *ПЛ-1В*. Он выполнен на базе трактора Онежец ТЛТ-100-04 и имеет усиленную раму и новую трансмиссию. Грузоподъемность 3,2 т при наибольшей высоте погрузки 3,7 м.

*Лесопогрузчик ЛТ-188* предназначен для использования в лесонасаждениях со средним объемом хлыста свыше  $0,4 \text{ м}^3$  и для погрузки деревьев или хлыстов на лесовозный транспорт. Лесопогрузчик смонтирован на базе трелевочного трактора ТТ-4М,

имеет грузоподъемность 4 т и наибольшую высоту переноса груза 4,8 м.

**Самоходные тракторные и автомобильные стреловые краны.** Получили применение самоходные краны-манипуляторы МПР-1221, МЛПР-394, а также ограниченно автомобильные стреловые краны общепромышленного назначения на погрузке сортиментов на лесовозный транспорт, ими можно также осуществлять выгрузку. Кроме того, на погрузке древесины находят применение ВПМ, для чего к этим машинам выпускается сменное погрузочное оборудование (захват), которое устанавливается вместо ЗСУ при выполнении погрузочных работ.

*Погрузочно-разгрузочная машина МЛПР-394* (рис. 2.16) предназначена для сортировки, погрузки, выгрузки хлыстов и сортиментов. Гидроманипулятор имеет максимальный грузовой момент 100 кН·м и вылет стрелы 7,8 м.

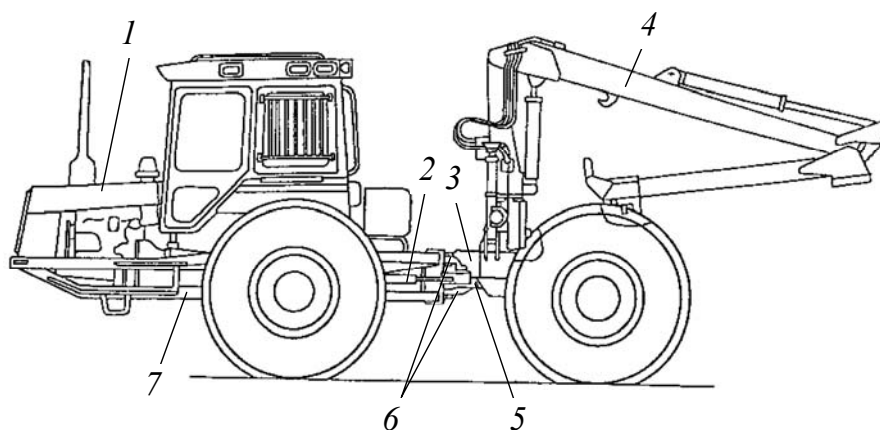


Рис. 2.16. Лесная погрузочно-разгрузочная машина МЛПР-394:  
1 – энергетический модуль; 2 – гидроцилиндры; 3 – задняя полурама;  
4 – гидроманипулятор; 5 – горизонтальный шарнир;  
6 – вертикальный шарнир; 7 – передняя полурама

Из кранов-гидроманипуляторов для погрузки древесины на лесовозный транспорт получили применение ЛВ-185, ПЛ-70Г производства РФ, а также краны фирм «Кранаб» и «ЛИВ».

**2.2.8. Автомобили для вывозки древесины.** В Республике Беларусь и странах СНГ для вывозки хлыстов и сортиментов в основном получили применение МАЗ-543403, МАЗ-641808, МАЗ-6303А8, КраЗ-64372, Урал-4320, КамАЗ-53614В и др. В зависимости от применяемого прицепного состава этими автомобилями можно

вывозить хлысты, сортименты, щепу. Их принято называть лесовозными автопоездами.

Прицепной состав в зависимости от расположения груза и характера связи с тягачом делится на три основных типа: прицепы, полуприцепы и прицепы-ропуски.

Прицепы соединены с тяговым средством только дышлом и передают всю вертикальную нагрузку от собственной массы и груза на опорную поверхность через свои колеса. Полуприцепы передают часть вертикальной нагрузки от собственной массы и груза на опорную поверхность через свои колеса, а часть – на седельный тягач через опорно-сцепное устройство. Прицепы-ропуски, предназначены для перевозки длинномерных грузов, масса которых передается на опорную поверхность через колеса тягача и колеса прицепа-ропуска. Собственная масса прицепа-ропуска передается на опорную поверхность через свои колеса. Для соединения с тягачом служит дышло.

Двухосный автомобиль-тягач МАЗ-543403 (рис. 2.17) с двумя ведущими мостами предназначен для выполнения работ по перевозке хлыстов и деревьев длиной 15–24 м по лесным профилированным дорогам с гравийным и усовершенствованным покрытием с заходом на временные дороги – лесовозные усы. В состав автопоезда с названным автомобилем-тягачом входит лесовозный прицеп-ропуск МАЗ-9008. Грузоподъемность автопоезда составляет 20 650 кг.

Лесовозный автопоезд, в состав которого входят лесовозный тягач МАЗ-641808 и прицеп-ропуск МАЗ-9008, ГКБ-9362 или АПЛ-9970, предназначен для перевозки хлыстов и других длинномерных грузов массой до 25 т.

Технологическое оборудование лесовозных автопоездов включает устанавливаемую на раме тягача раму лесовозного оборудования с буксирной балкой. На лесовозной раме располагаются ограждение кабины, опорная плита с гнездом шкворня коника, тяговая балка, к которой крепятся тросы крестообразной сцепки управления прицепом-ропуском. Для погрузки прицепа-ропуска служит лебедка и направляющие блоки. Накатные плоскости, служащие опорой для колес прицепа-ропуска при его погрузке на шасси тягача и транспортировке, соединены с рамой поперечными балками и кронштейнами. Два коника, опорно-поворотных устройства для размещения и удержания пачки деревьев размещаются один на тягаче, другой на прицепе-ропуске.

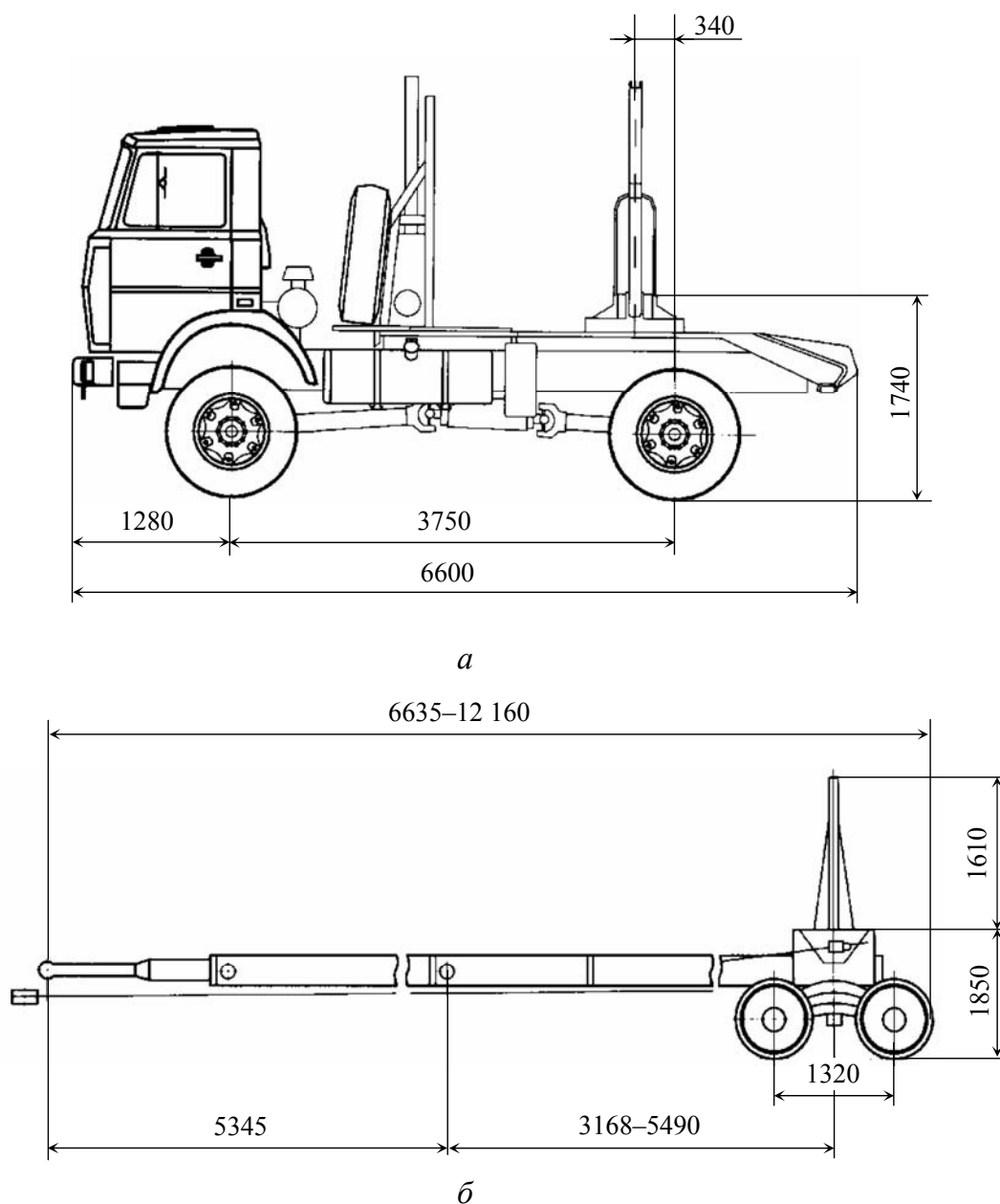
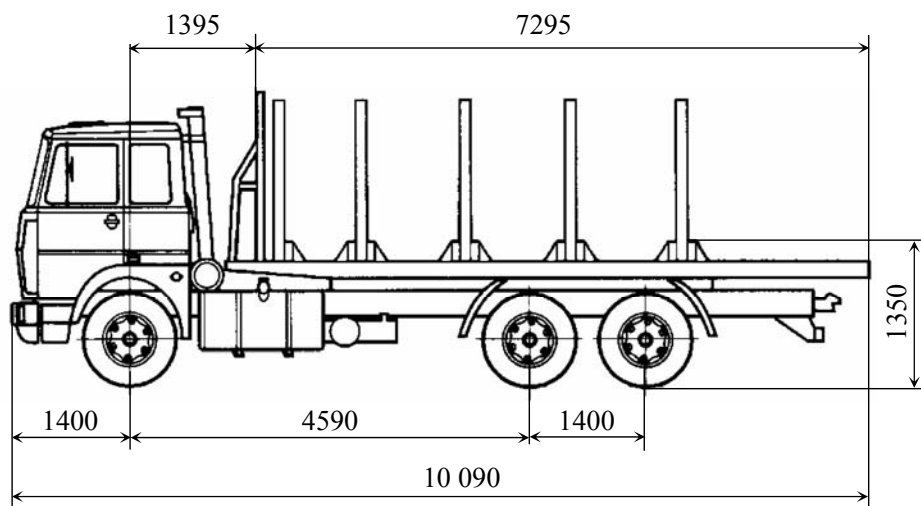


Рис. 2.17. Лесовозный тягач МАЗ-543403 (а)  
и прицеп-ропуск МАЗ-9008 (б)

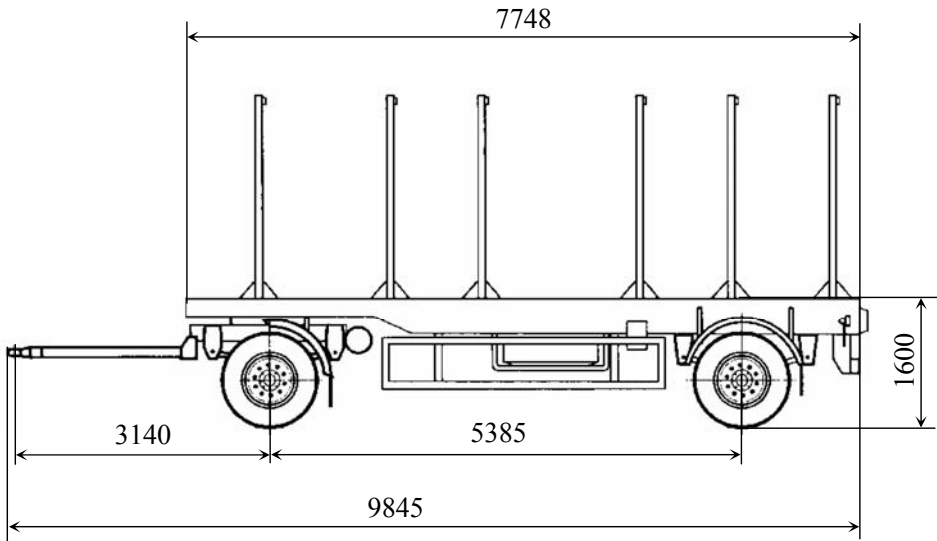
При применении тягача МАЗ-543403 и прицепа-ропуска с укороченным дышлом МАЗ-9008 образуется сортиментовозный автопоезд, предназначенный для перевозки сортиментов длиной 6,5 м. В этом случае на автомобиле устанавливается гидроманипулятор за кабиной автомобиля.

Автомобиль-сортиментовоз МАЗ-6303А8 (рис. 2.18, а) предназначен для перевозки сортиментов длиной до 6 м в составе автопоезда с прицепом МАЗ-837810 (рис. 2.18, б). Грузовместимость

автопоезда составляет  $38 \text{ м}^3$ . На автомобиле предусмотрена, по желанию заказчика, установка гидроманипулятора на задней части рамы.



*a*



*б*

Рис. 2.18. Автомобиль-сортиментовоз 6303А8 (*a*)  
и прицеп 837810 (*б*)

Гидроманипулятор включает следующие основные элементы: основание с механизмом поворота, стрелу, рукоять, захват с поворотным устройством и гидросистему управления. Для погрузки древесины применяются в основном захваты челюстного и грейферного типов.



фермы установлены две грузовые лебедки 8 и одна лебедка 7 (над жесткой опорой) для передвижения грузовой тележки 5 по рельсовому пути 4, проложенному по верхнему поясу несущей фермы. По концам этого пути закреплены тупиковые упоры 6, ограничивающие передвижение грузовой тележки.

Ограничение грузоподъемности осуществляется конечными выключателями, связанными с грузовым канатом.

*Мостовые краны* (КМ-3001) применяются на крупных нижних складах для выгрузки пачек хлыстов и деревьев из подвижного состава лесных дорог. В отличие от козловых и консольно-козловых кранов, несущая ферма мостовых кранов не имеет опор, а непосредственно опирается на ходовые колеса. Крановый путь мостовых кранов прокладывается на высокой бетонной эстакаде.

Технические характеристики кранов представлены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

**Технические характеристики кранов, применяемых на выгрузке**

Параметр	Марка	
	ЛТ-62	КМ-3001
Грузоподъемность, кН	320	300
Пролет крана (ширина кранового пути), м	32 или 40	31,5
Максимальная высота подъема грейфера (крюка), м	11,8	12
Скорость, м/с:		
– подъема и опускания груза	0,22	0,13
– передвижения тележки	0,57	0,66
– передвижения крана	0,85	1,33

*Разгрузочно-растаскивающая установка ЛТ-10* предназначена для разгрузки лесовозного транспорта, перемещения по эстакаде пачек древесины в объеме полного вoза и растаскивания пачек на небольшие части или отдельные хлысты. Разгрузочно-растаскивающая установка состоит из следующих основных узлов: двух однобарабанных лебедок, двух челночных захватов, трособлочной системы с двумя грузовыми и двумя натяжными туерами и пусковой электроаппаратуры с кнопочной станцией. Электрическая лебедка является приводным тяговым устройством разгрузочно-растаскивающей установки. Она состоит из электродвигателя, тормоза, редуктора, барабана, конечного выключателя и рамы.



При работе установки можно создавать межоперационные запасы хлыстов на разгрузочной эстакаде в объеме 150–200 м<sup>3</sup>, что обеспечивает ритмичную работу раскрывочных механизмов в течение рабочей смены.

**2.3.2. Оборудование, применяемое на штабелевке сортиментов и их погрузке.** На штабелевке сортиментов и их погрузке на автомобильный или железнодорожный транспорт в настоящее время применяются консольно-козловые краны ККС-10, ККЛ-16, К-12,5М и башенные краны КБ-572А и КБ-578.

**Консольно-козловые краны** ККС-10, К-12,5М и ККЛ-16 предназначены для штабелевки сортиментов и их погрузки на автомобильный и железнодорожный транспорт.

Кран *ККС-10* (рис. 2.20) состоит из несущей фермы 4 и двух опор – жесткой 2 и гибкой 9. Пролет крана может быть уменьшен до 20 м за счет изъятия средней секции несущей фермы длиной 12 м.

К нижнему поясу несущей фермы прикреплен монорельс 3, по которому передвигается грузовая тележка 6 вместе с кабиной крановщика 5. Правая консоль на 2 м короче левой, что сделано с целью сохранения одинакового вылета крюка в крайних положениях грузовой тележки на обеих консолях.

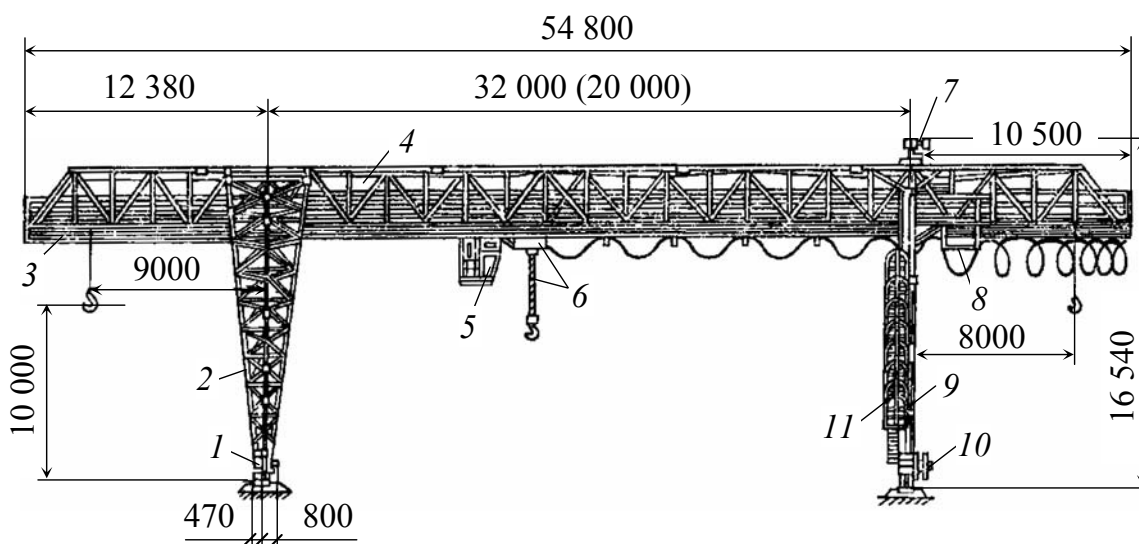


Рис. 2.20. Консольно-козловой кран ККС-10:

- 1 – ходовая тележка крана; 2 – жесткая опора; 3 – монорельс;
- 4 – несущая ферма; 5 – кабина крановщика; 6 – грузовая тележка и крюковая подвеска; 7 – датчик силы ветра; 8 – ремонтная площадка;
- 9 – гибкая опора; 10 – кабельный барабан; 11 – лестница

Обе опоры крана, жесткая и гибкая, верхними концами присоединены к несущей ферме, нижними опираются на четыре одноколесные ходовые тележки 1, две из которых приводные. Приводные тележки расположены в плане по диагонали, что сделано с целью улучшить условия передвижения крана в периоды разгона и торможения. Приводная и не приводная ходовые тележки каждой опоры соединены между собой стяжками. Свободный внутренний просвет опор, равный 8,5 м на максимальной высоте подъема груза, позволяет перемещать без разворота пачки лесоматериалов длиной до 8 м с одной консоли на другую. Пачки лесоматериалов длиной более 8 м необходимо разворачивать на 90° перед пропуском их мимо опоры.

Гибкая опора соединена с несущей фермой шарнирно, что позволяет ей несколько смещаться относительно фермы при некотором нарушении ширины колеи кранового пути.

Кран ККЛ-16 может быть оборудован торцевым канатным грейфером грузоподъемностью 12,5 т.

Технические характеристики кранов представлены в табл. 2.10.

Таблица 2.10

**Технические характеристики консольно-козловых кранов, применяемых на штабелевочно-погрузочных работах**

Параметр	Марка		
	ККС-10	К-12,5М	ККЛ-16
Грузоподъемность, кН	100	125	160
Пролет, м	20 или 30	32	32
Рабочий вылет консолей, м	8 и 9	2×8	10
Высота подъема крюка от головки рельсов, м	10	14	14
База ходовой части, м	14	–	–
Скорость, м/с:			
– подъема груза	0,250	0,125	0,224
– передвижения тележки	0,67	0,80	1,19
– передвижения крана	0,60	0,63	1,10

**Башенные краны** КБ-572А и КБ-578 относятся к порталным кранам с горизонтальной полноповоротной стрелой. Они предназначены для штабелевочно-погрузочных работ на лесных складах и имеют технические характеристики, приведенные в табл. 2.11.

**Технические характеристики башенных кранов, применяемых  
на штабелевочно-погрузочных работах**

Параметр	Марка	
	КБ-572А	КБ-578
Грузовой момент, кН·м	2500	3000
Максимальный вылет, м	35	30
Максимальная высота подъема крюка, м	13,5	13,5
Скорость, м/с:		
– подъема/опускания груза	0,33/0,66	0,33/0,33
– передвижения грузовой тележки	0,42	0,50
– передвижения крана	0,50	0,50
Скорость поворота стрелы, об./мин	0,60	0,78

*Кран КБ-578* (рис. 2.21) комплектуется грейфером. Без грейфера может работать как обычный крюковой кран. Грузоподъемность крана с грейфером 7,8 т, без грейфера 10 т. Данная модель обладает повышенными эксплуатационными качествами по сравнению с выпускаемыми ранее кранами-лесопогрузчиками и представляет собой башенный кран с балочной стрелой, оборудованный порталом для прохода подвижного железнодорожного состава.

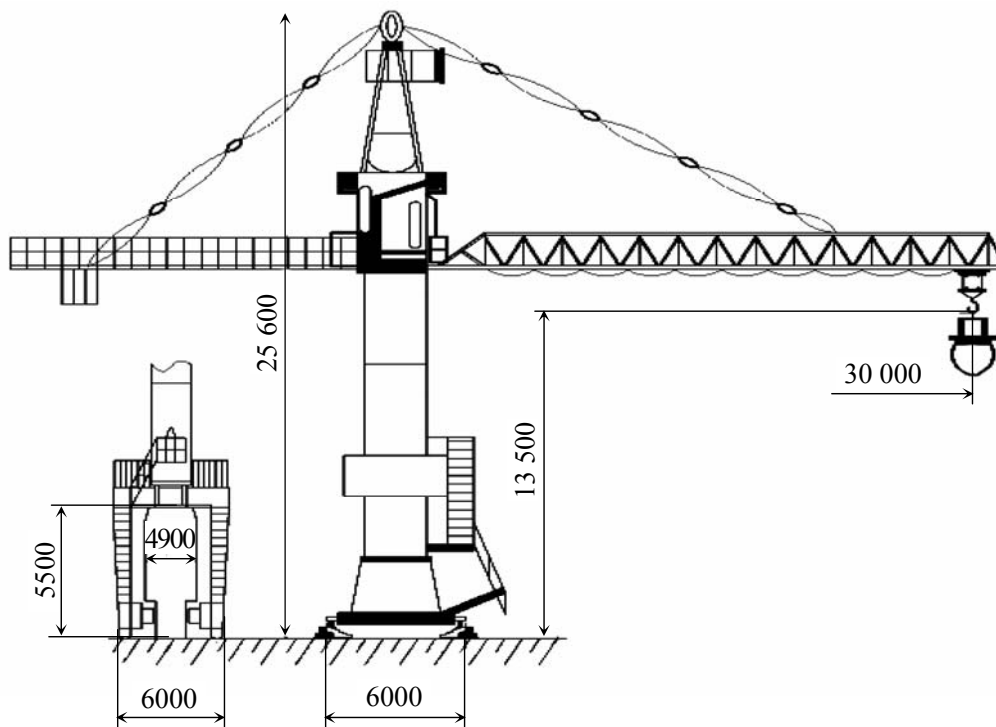


Рис. 2.21. Башенный кран КБ-578

**2.3.3. Установки для раскряжевки хлыстов.** На нижних складах ЛЗП в странах СНГ находят применение автоматизированные раскряжевочные установки ЛО-15А, ЛО-30, ЛО-68, МР-8 и др. Наибольшее применение нашли раскряжевочные установки ЛО-15А.

*Автоматизированная раскряжевочная установка ЛО-15А* применяется на нижних складах с грузооборотом от 60 до 200 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Установка состоит из следующих основных узлов: двухстрелового гидроманипулятора ЛО-13С для подачи хлыстов на подающий транспортер, двухцепного подающего транспортера, пильного механизма для выпиливания сортиментов, приемного стола с системой отмера длин и сбрасывателей отпиленных бревен, гидросистемы и транспортера уборки отходов от пильного механизма. К установке ЛО-15А выпускается пильный блок из четырех пил для распиловки тонкомерных хлыстов и вершинной части на двухметровые отрезки, что позволяет повысить производительность данной установки.

Пильный механизм установки включает маятниковый круглопильный станок с верхней осью качания рамы. Число длин выпиливаемых сортиментов 16. Наибольшая высота пропила 60 см. Скорость резания 70 м/с. Основная скорость подачи хлыста под пилу не менее 1,8 м/с. Общая установленная мощность двигателей 48 кВт.

*Раскряжевочная установка ЛО-68* двухпильная, предназначена для раскряжевки хлыстов (диаметром до 110 см), чем и отличается по конструкции от установки ЛО-15А. На установке можно выпиливать сортименты 20 различных длин. Общая установленная мощность двигателей 120 кВт.

*Установка ЛО-30* – сучкорезно-раскряжевочная, предназначена для очистки деревьев от сучьев и раскряжевки хлыстов диаметром до 110 см на сортименты.

Особенностью конструкции этой установки является то, что одновременно с подачей хлыста в раскряжевку происходит очистка от сучьев или же дозачистка пеньков сучьев. Для этого применяется сучкорезная головка с ножами силового резания. В один прием очистка сучьев (дозачистка) производится на участке выпиливаемого сортимента. Скорость протаскивания составляет 1,2 м/с. Отмер длины выпиливаемого отрезка осуществляется при помощи бесконтактных датчиков, закрепленных на станине установки, на которые каретка воздействует во время своего холостого хода.

Пильный механизм выполнен в виде двух круглых пил диаметром по 1,5 м, каждая из которых приводится во вращение двигателем мощностью 23 кВт.

**2.3.4. Сортировочные лесотранспортеры.** Сортировка лесоматериалов на современных лесных складах является одним из основных видов работ. В зависимости от компоновки склада на сортировку поступают либо все сортименты, получаемые при раскряжевке, либо большая их часть (если некоторые сортименты непосредственно от раскряжевочной установки передаются в цехи переработки). На сортировке лесоматериалов наибольшее применение получили продольные лесотранспортеры.

Круглые лесоматериалы при сортировке на продольных лесотранспортерах сбрасываются в специальные емкости, называемые лесонакопителями. Сброска может быть либо ручной, либо автоматизированной при помощи специальных бревносбрасывателей.

На лесных складах находят применение следующие транспортеры: Б-22У-1А, ЛТ-44, ЛТ-86Б, ЛТ-182 и некоторые другие.

Основными узлами продольных сортировочных лесотранспортеров являются: тяговое, приводное и натяжное устройства, основание с лесонакопителями. При автоматизированной сортировке продольные транспортеры имеют также бревносбрасыватели и командные аппараты, обеспечивающие автоматическое управление бревносбрасывателями.

Тяговое устройство представляет собой цепь или стальной канат с закрепленными на них траверсами. В качестве тяговых устройств продольных транспортеров применяют длиннозвенные калиброванные сварные цепи из круглой стали и тяговые разборные цепи. Положительными качествами цепей являются: возможность передавать значительные тяговые усилия, большая гибкость и удобство крепления на них грузонесущих траверс.

Грузонесущие приспособления (траверсы) закреплены на цепи на равных расстояниях друг от друга и служат опорами, на которые укладывают транспортируемые лесоматериалы.

Приводное устройство служит для передачи движения от двигателя к тяговому устройству транспортера. Оно состоит из двигателя, редуктора и ведущей звездочки.

Конструкция ведущих колес цепных лесотранспортеров зависит от типа цепи. Для длиннозвенных цепей из круглой стали

применяют ведущие колеса с зубьями или с углублениями для звеньев цепи. Для пластинчатых цепей применяют многогранные звездочки без зубьев.

Натяжные устройства предназначены для придания тяговому устройству предварительного (монтажного) натяжения, которое необходимо для его плавного хода, устранения чрезмерного провисания тягового устройства между опорами.

Основание современных лесотранспортеров выполняют на железобетонных опорах, на деревянных стойках с железобетонным фундаментом, а также на блочном бесфундаментном основании.

Лесонакопители представляют собой емкости, по которым сортируются бревна, сбрасываемые с лесотранспортера. Вместимость лесонакопителей должна соответствовать грузоподъемности погрузочно-штабелевочного механизма. Лесонакопители располагают вдоль лесотранспортера с одной или с обеих сторон. Двустороннее расположение лесонакопителей позволяет почти вдвое уменьшить длину лесотранспортера, но требует применения бревносбрасывателей, способных производить сброску на обе стороны.

Бревносбрасыватели могут быть с принудительным приводом либо гравитационными (ЛТ-86Б).

*Лесотранспортер Б-22У-1А* (рис. 2.22) выпускается с цепью из круглой стали и может сортировать бревна диаметром до 0,9 м и длиной 2,7–10,0 м при скорости цепи около 0,7 м/с. Длина одной секции транспортера 120 м. Мощность приводного двигателя 18,5 кВт.

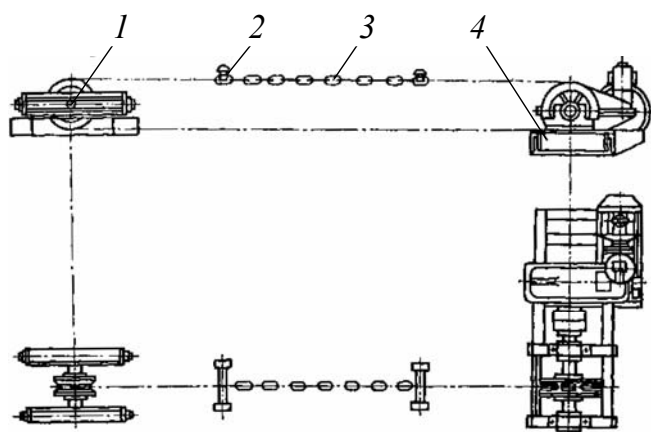


Рис. 2.22. Продольный цепной транспортер Б-22У-1А:  
1 – натяжное устройство; 2 – траверса;  
3 – тяговая цепь; 4 – приводное устройство

*Лесотранспортер ЛТ-44* имеет тяговую разборную цепь, движущуюся со скоростью 0,7 или 0,8 м/с в зависимости от конструкции привода, и может сортировать бревна диаметром до 1 м и длиной 2–10 м. Длина секции 130 м.

*Лесотранспортер ЛТ-86Б* автоматизированный, выпускается в двух исполнениях: первый – для бревен диаметром до 1 м и длиной 1,6–6,5 м со скоростью цепи 0,85 м/с и мощностью двигателя 30 кВт; второй – для бревен диаметром до 0,6 м и длиной 4,0–7,5 м при скорости цепи около 1,3 м/с и мощностью двигателя 40 кВт. Он имеет тяговую разборную цепь с гравитационными бревно-сбрасывателями.

*Лесотранспортер ЛТ-182* автоматизированный, с двусторонней сброской, предназначен для автоматизированной сортировки и учета круглых лесоматериалов на нижних лесопромышленных складах с грузооборотом 200 тыс. м<sup>3</sup> в год и более.

Лесотранспортер изготавливается со следующим распределением мест сброски по длинам сортиментов: 4 места сброски для сортиментов 3,2–4,0 м; 2 места сброски для сортиментов 4,0–5,5 м; 10 мест сброски для сортиментов 5,5–6,5 м. Диаметр сортируемых бревен от 6 до 60 см. Длина сортируемых бревен 3,2–6,5 м. Скорость движения тягового органа 1,2 м/с. Количество мест сброски 16. Мощность установленных двигателей 31 кВт.

**2.3.5. Окорочные станки.** На лесных складах для окорки круглых лесоматериалов широкое применение получили роторные окорочные станки унифицированной гаммы ОК-40-1, ОК-63-1, ОК-80-1. Основными узлами роторных окорочных станков являются короснимающий и подающий механизмы и станина.

*Однороторный окорочный станок* (рис. 2.23) включает: станину, окорочную головку, механизм подачи, привод ротора, привод механизма подачи, подающий конвейер, приемное транспортное устройство, механизм смазки подшипника ротора, электрооборудование и пульт управления.

*Двухроторные окорочные станки* более сложные по конструкции, так как дополнительно имеют вторую окорочную головку и промежуточную секцию механизма подачи. Наличие второй окорочной головки позволяет увеличить производительность станка и улучшить качество окорки.

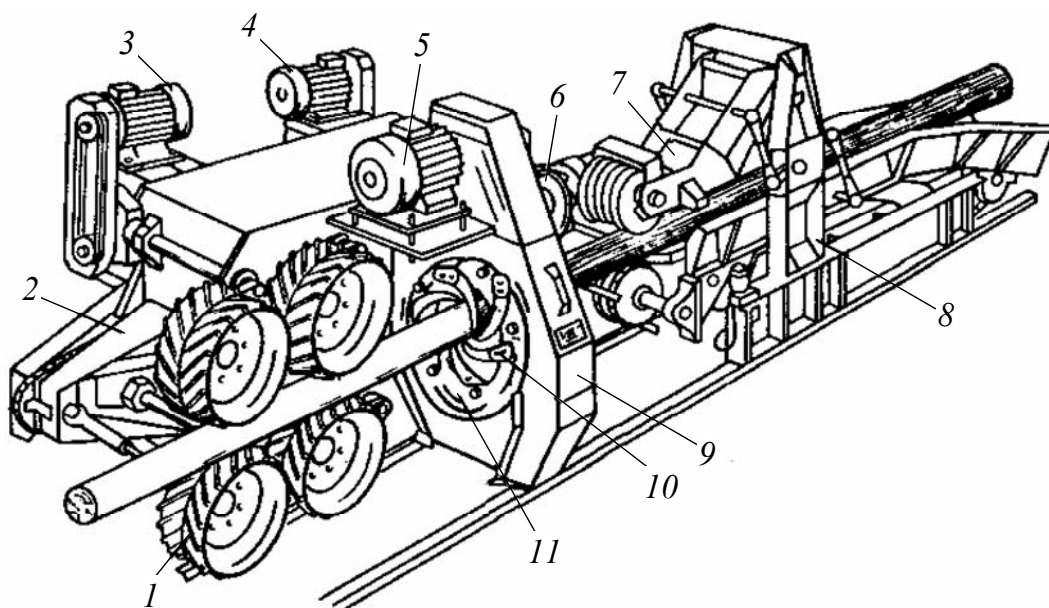


Рис. 2.23. Общий вид роторного окорочного станка:

- 1, 6 – вальцы приемной и подающей секций механизма подачи;  
 2 – станина; 3, 4 – привод приемной и подающей секций механизма подачи;  
 5 – привод ротора; 7 – козырек; 8 – подающий конвейер;  
 9 – окорочная головка; 10 – коросниматель; 11 – ротор

Подающая, приемная, промежуточная секции механизма подачи, окорочные головки представляют собой самостоятельные узлы, установленные на общей станине. Подающий конвейер и приемное устройство выполняются в виде отдельных блоков.

*Станина* окорочных станков представляет собой жесткую сборную конструкцию, состоящую из сварных элементов. На станине монтируются все узлы станка, кроме подающего конвейера, приемного устройства, электрошкафа и пульта. В основании станины имеются отверстия для фундаментных болтов.

*Окорочная головка (короснимающий механизм)* является основным технологическим узлом станка и состоит из статора, ротора, механизма окорки и ограждений. Статор представляет собой кольцевой корпус со специальными местами для крепления к станине. В статоре на двух подшипниках вращается ротор – массивное полое кольцо, на которое шарнирно крепятся рабочие органы (коросниматели, ножи). Для привода к ротору крепится шкив, внутри которого размещен механизм прижима короснимателей, обеспечивающий необходимое усилие прижима рабочих органов к поверхности бревна.



*Привод ротора* состоит из электродвигателя и клиноременной передачи. Для изменения частоты вращения ротора используются многоскоростные электродвигатели или сменные шкивы. Электродвигатель привода ротора монтируется обычно на станине над окорочной головкой.

*Скребокый окорочный инструмент* отделяет кору по камбийному или лубяному слою путем ее скалывания и отрыва.

*Ножевой окорочный инструмент* представляет собой коросниматель, на конце которого установлены один или несколько острых резцов. Конструкции ножевого инструмента различают по числу режущих кромок, их очертаниям, взаимному положению и расположению относительно обрабатываемого кряжа.

*Подающие механизмы* на роторных окорочных станках должны выполнять следующие функции: осуществлять продольную подачу кряжа, центрировать кряж относительно оси ротора, не допускать проворачивания кряжа под действием усилия окорки. В роторных окорочных станках наиболее распространены вальцовые подающие механизмы. Они бывают трех- и четырехвальцовые.

*Привод механизма подачи* окорочных станков состоит из электродвигателя, редуктора, зубчатых, цепных, ременных передач, включающих в себя муфты, коробки передач, сменные шкивы.

*Подающий конвейер* цепной или роликовый. Он предназначен для подачи бревна в станок и его предварительного центрирования по оси станка. Весь конвейер или его отдельные ролики имеют пружинную подвеску и опускаются под действием массы бревна, которая зависит от его диаметра. Таким образом, осуществляется предварительное центрирование бревна по оси станка.

*Станок ОК-40-1* применяют для окорки балансов и рудничной стойки диаметром от 6 до 35 см и длиной не менее 1,5 м. *Станки ОК-63-1* и *ОК-80-1* – для окорки пиловочных бревен длиной не менее 2,7 м и диаметром соответственно от 10 до 53 см и от 14 до 70 см.

Окорочная головка у этих станков выполнена в виде отдельного механизма с индивидуальным приводом. Наряду с короснимателями на роторе могут быть установлены специальные ножи для надрезания коры. В станке ОК-40-1 могут быть установлены три ряда рабочих органов: ножи для надрезания коры, скребокый инструмент, ножевой окорочный инструмент. Механизм подачи четырехвальцовый. Подающая и приемная секции механизма

подачи выполнены в виде отдельных узлов, имеющих одинаковую конструкцию.

Окорочный станок ОК-100-1 существенно отличается от остальных станков гаммы. Главной его особенностью является автоматическая установка окорочной головки по оси окашиваемого бревна. Станок предназначен для окорки крупномерных сортиментов длиной от 2,7 м и диаметром от 20 до 90 см. Все станки гаммы оснащены регулируемым приводом подачи, обеспечивающим изменение скорости подачи в диапазоне 0,1–1,0 м/с. Суммарная установленная мощность электродвигателей станка ОК-40-1 30 кВт, станка ОК-100-1 – 85 кВт.

Наибольшее распространение нашли станки фирмы «Валон Конне» (Финляндия), гамма окорочных станков ВК включает в себя около 20 моделей. В роторе станка ВК-450/5 установлены пять короснимателей, которые прижимаются резиновыми упругими элементами. Механизм подачи приводится от одного электродвигателя мощностью 11 кВт. Максимальная скорость подачи 1,1 м/с.

**2.3.6. Рубильные машины.** На лесных складах ЛЗП для выработки технологической щепы применяются в основном стационарные дисковые рубильные машины МРНП-10-1, МРНП-30-1, МРНП-40-1, МРГ-20Б, МРР8-50ГН. Для измельчения отходов лесозаготовок и тонкомерной древесины на щепу находят применение передвижные рубильные машины Амкодор 2902, МР-25, МР-40 и МР-100.

*Стационарные дисковые рубильные машины.* Эти станки предназначены для измельчения на щепу реек, горбылей, круглых и колотых балансов и технологического сырья. Механизм резания дисковых станков представляет собой плоский или профильный (геликоидальный) диск, вращающийся в вертикальной, горизонтальной или наклонной плоскости с угловой скоростью 16–52 рад/с. Диаметр диска 1,5–3,0 м, на диске закреплены от 2 до 16 прямых ножей или до 25 резцов, имеющих угол заточки 30–45°. Ножи располагаются на торцевой поверхности диска по радиусам или под углом 10–15° к ним, резцы в отличие от ножей располагаются в шахматном порядке. Необходимый выпуск ножей или резцов над поверхностью диска обеспечивается постановкой подкладок.

В теле диска вдоль каждого ножа или резца имеются сквозные прорезы для щепы. Рабочая торцевая плоскость геликоидального

диска представляет собой винтовую поверхность между ножами, сливающуюся с задней кромкой ножей и заточенную по той же винтовой линии. Это позволяет получать более однородную по размерам щепу в сравнении со щепой, полученной на станках с плоскими дисками, а также обеспечивает самозатягивание измельчаемого материала в процессе измельчения. Диск закрывается кожухом, имеющим загрузочное отверстие с направляющим желобом (патроном), на дне которого укреплен неподвижный нож. В зависимости от положения патрона дисковые станки могут быть с наклонным или горизонтальным расположением патрона. Наклонный патрон составляет с горизонтом угол  $45^\circ$ , а с плоскостью диска в плане  $45\text{--}75^\circ$ . Горизонтальный патрон образует с плоскостью диска угол  $35^\circ$ .

Станки с наклонным патроном более приспособлены для измельчения коротких лесоматериалов, которые подаются к диску станка под действием собственного веса. Длинные лесоматериалы измельчают на станках с горизонтальным патроном, подача их в станок осуществляется горизонтальными транспортерами различных типов. Получаемая в процессе измельчения щепа падает на транспортер, расположенный ниже диска станка, или подхватывается лопастями, закрепленными на ободе диска, и выносится по трубопроводу.

Однородность размеров щепы в значительной степени зависит от того, насколько плотно измельчаемый материал лежит в патроне рубильной машины. В машинах с малым числом ножей (до 6) в резе находится один нож, вследствие чего материал в патроне подпрыгивает, а иногда и поворачивается, что отрицательно сказывается на качестве щепы. Этот недостаток в значительной степени устраняется в многоножевых машинах (с числом ножей от 8 до 16). При рубке в них достаточно толстого материала, каждый последующий нож входит в измельчаемое полено до выхода из него предыдущего ножа, т. е. происходит непрерывное резание, что стабилизирует движение измельчаемого материала и значительно улучшает качество щепы.

*Станки МРНП-10-1 и МРНП-30-1 (рис. 2.24, а) предназначены для измельчения круглых и колотых лесоматериалов, низкокачественной древесины, а также отходов лесопиления и деревообработки на технологическую щепу. Наклонный патрон сечением  $250\times 250$  мм представляет собой желоб, состоящий из трех стенок*

с неподвижными ножами, ось желоба наклонена к плоскости диска под углом  $38^\circ$ . Станки имеют регулировочное устройство, необходимое для установки требуемого зазора между неподвижными ножами и ножами диска. Диаметр ножевого диска 1270 мм, число ножей на диске 16. Длина измельчаемого материала от 0,3 до 3,0 м, наибольший диаметр его при длине 1,3 м 22 см, выброс щепы – вверх, в циклон. У станка МРНП-10-1 частота вращения диска 590 об./мин, мощность двигателя 55 кВт и производительность от 8 до 18 м<sup>3</sup>/ч, а у станка МРНП-30-1 соответственно 740 об./мин, 90 кВт и 28–33 м<sup>3</sup>/ч. Масса станков примерно одинакова и составляет около 5,7 т. Цифра 1 в марке станка показывает на наличие в нем приспособления для шумогашения.

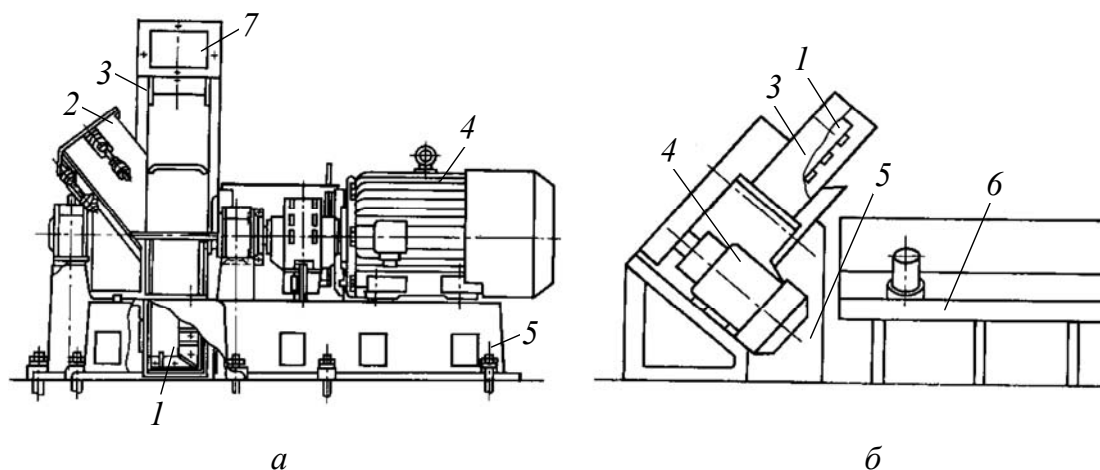


Рис. 2.24. Рубильные дисковые станки:

*а* – МРНП-30-1; *б* – МРР-8-50ГН;

1 – ножевой диск; 2 – загрузочный патрон; 3 – кожух диска;

4 – электродвигатель; 5 – рама; 6 – механизм подачи;

7 – окно для выброса щепы

Станок МРНП-40-1 в отличие от станков МРНП-10-1 и МРНП-30-1 имеет диск диаметром 1600 мм с частотой вращения 590 об./мин, число ножей 6, наибольший диаметр измельчаемых лесоматериалов 44 см, мощность электродвигателя 160 кВт, масса станка 12 т, производительность 40 м<sup>3</sup>/ч.

Станок МРГ-20Б относится к станкам с горизонтальной подачей сырья. Особенность его конструкции состоит в применении безударного принципа удаления щепы из кожуха ножевого диска. Станок имеет безлопастный диск диаметром 1270 мм, частоту вращения диска 750 об./мин, число ножей 12, мощность двигателя 75 кВт,

массу 5,5 т. Предназначен для измельчения лесоматериалов и отходов длиной до 6 м и диаметром до 20 см.

*Станок МРР-8-50ГН* (рис. 2.24, б) имеет многолезцовый наклонный диск, подача лесоматериалов к которому осуществляется многоцепным горизонтальным транспортером с втулочно-роликовыми цепями. Диаметр диска 2900 мм, частота вращения 152 об./мин, число лезцов 25, толщина измельчаемого лесоматериала до 80 см, мощность двигателя 160 кВт, масса станка 28 т, производительность – до 50 м<sup>3</sup>/ч.

***Передвижные рубильные машины и установки.*** Передвижные рубильные установки делятся на самоходные и прицепные. В самоходных установках рубильная машина размещается непосредственно на раме базовой машины (трактора или автомобиля). Главный рабочий орган рубильной машины чаще всего приводится от двигателя базовой машины через редуктор. Установки прицепного типа отличаются от самоходных тем, что рубильная машина размещается на отдельном прицепе или полуприцепе и связывается с базовой машиной через сцепное устройство. Прицепная рубильная машина приводится как от двигателя базовой машины (через карданный вал), так и от автономного двигателя, установленного на прицепе в блоке с рубильной машиной.

В зависимости от характеристики древесного сырья передвижные рубильные установки имеют механизированный или ручной способ загрузки древесины. Рубильные установки небольшой производительности, предназначенные для переработки маломерной древесины, загружаются вручную. Более производительные рубильные установки, рассчитанные на переработку целых тонкомерных деревьев или отрезков стволов, чаще всего оснащены устройствами для механизированной подачи сырья из штабеля и загрузки его в приемный патрон рубильной машины. Для этого используют шарнирносочлененные гидроманипуляторы со специальным грейфером, обеспечивающим одновременный захват и подачу одного или нескольких тонкомерных деревьев или отрезков стволов.

Для эффективной работы передвижной рубильной машины одним из основных требований является концентрация сырья у лесной дороги.

Самоходная и прицепная рубильные установки состоят из базовой машины и навесного или прицепного технологического

оборудования, которое включает гидроманипулятор с челюстным захватом и рубильную машину.

*Базовая машина* служит для транспортировки технологического оборудования и привода его в действие. В самоходных рубильных установках базой машины является, как правило, шасси грузового автомобиля, а в прицепных – колесный трактор. Это обеспечивает их хорошую мобильность, что очень важно, так как концентрация древесного сырья для переработки на одной лесосеке незначительная.

*Гидроманипулятор* предназначен для подачи древесного сырья в подающий механизм рубильной машины и устанавливается, как правило, на базовой машине. Используются обычно такие же гидроманипуляторы, как на трелевочных тракторах, но оснащенные челюстным захватом для отходов и тонкомерной древесины.

*Рубильная установка* служит для измельчения древесного сырья на щепу. В самоходных рубильных машинах она устанавливается на базовой машине, а в прицепных – на одно- или двухосном пневмоколесном шасси. Рубильная установка состоит из механизма измельчения древесного сырья, подающего механизма и щепопровода.

*Механизм измельчения древесного сырья*, как правило, барабанный или дисковый.

*Подающий механизм* служит для подачи древесного сырья в механизм измельчения. Обычно применяются многоцепные подающие механизмы в сочетании с вальцами. Возможна подача и самозатягиванием сырья.

*Передвижная рубильная установка Амкодор 2902* (рис. 2.25) предназначена для измельчения на щепу (преимущественно топливную) круглых лесоматериалов, низкокачественного и тонкомерного древесного сырья, отходов лесозаготовок и лесопиления с подачей щепы в бункер-накопитель, с последующей ее транспортировкой из лесосеки к лесным дорогам и погрузкой в кузов автощеповоза или сменный контейнер. В зависимости от применяемого технологического процесса машина может работать на лесосеке, верхнем или промежуточном складе, а также на лесных терминалах и нижних складах лесопромышленных предприятий или ТЭЦ.

Базовая машина установки Амкодор 2902 имеет мощность двигателя 132 кВт. На раме машины смонтирована рубильная

установка с резовым барабаном, опрокидывающийся контейнер для щепы вместимостью 16 м<sup>3</sup>. Подача сырья из штабеля в патрон рубильной машины обеспечивается гидроманипулятором с грейфером, установленными на машине.

Наличие контейнера и достаточно высокая проходимость базовой машины позволяют использовать установку для автономной работы (без щеповоза) непосредственно на лесосеке или в лесу при рубках ухода за лесом в условиях малой концентрации сырья.

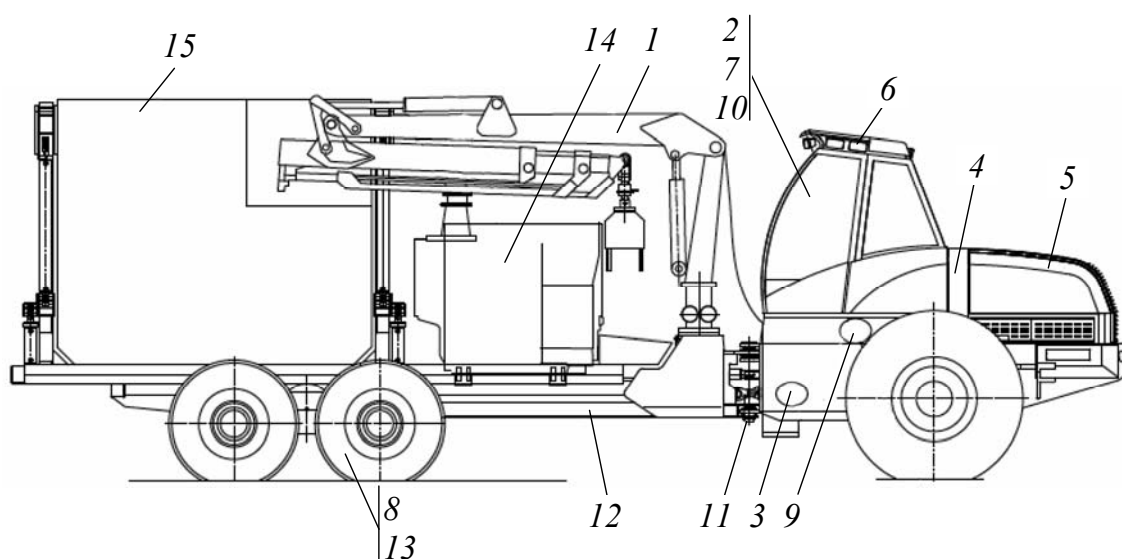


Рис. 2.25. Рубильная машина Амкодор 2902:

- 1 – манипулятор; 2 – кабина; 3 – гидромеханическая передача;
- 4 – силовая установка; 5 – облицовка двигателя; 6 – электросистема;
- 7 – гидросистема рулевого управления; 8 – гидросистема тормозов;
- 9 – гидросистема подъема кабины; 10 – органы управления;
- 11 – карданные валы; 12 – рама; 13 – мосты и колеса;
- 14 – рубильный модуль; 15 – бункер для щепы

*Рубильные установки моделей МР-25, МР-40 и МР-100 относятся к установкам прицепного типа. Рубильная машина смонтирована на отдельном одноосном полуприцепе и соединена с базовой машиной через сцепное устройство. Привод рубильной машины осуществляется от вала отбора мощности трактора через карданный вал (МР-25) или от автономного двигателя (МР-40, МР-100). Загрузка сырья в патрон рубильной машины производится гидроманипулятором, который установлен на раме полуприцепа.*

**2.3.7. Круглопильные станки для продольной распиловки древесины.** На лесных складах распространено шпалопиление и выработка различных пиломатериалов. Все эти производства связаны с продольной распиловкой кряжей и бревен, в результате которой получают: пластины (сегменты), четвертины, двух-, трех- (лафеты) и четырехкантные (чистообрезные) брусья, бруски, обрезные и необрезные доски и шпалы, рейки, горбыли (рис. 2.26).

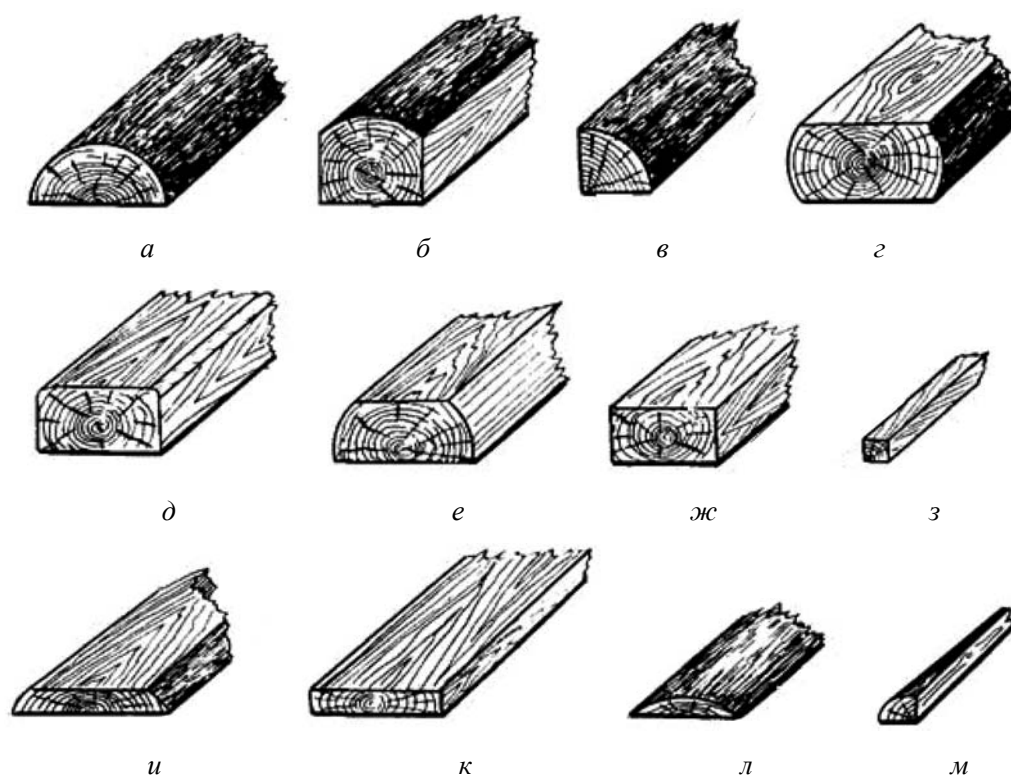


Рис. 2.26. Основные виды продукции, получаемой при продольной распиловке:

- a* – пластина (сегмент); *б* – трехкантный брус (лафет); *в* – четвертина;  
*г* – двухкантный брус; *д* – обрезная шпала; *е* – необрезная шпала;  
*ж* – четырехкантный чистообрезной брус; *з* – брусок;  
*и* – необрезная доска; *к* – обрезная доска; *л* – горбыль; *м* – рейка

Для этих целей широко применяются круглопильные станки для продольной распиловки: ЦДТ-6-3, Бурсус 420, RM Prizma, Ц-32, СК-1200, УБК-2, УСК-1, УСК-1-1, ЦДС-1100 и др.

**Узлы круглопильных станков.** В круглопильных станках для продольной распиловки основными узлами являются пильный и подающий механизмы. Кроме того, станки периодического действия



обычно имеют зажимной механизм, механизм для поперечного перемещения кряжа или пилы, поворотный и центрирующий механизмы.

*Пильные механизмы.* Круглые пилы могут производить продольную распиловку верхней и нижней половиной диска. Диаметр круглых пил не превышает 1,5 м, вследствие чего при распиловке толстых кряжей (диаметром 0,6 м и более) кроме основной пилы приходится устанавливать дополнительную, лежащую в плоскости основной и несколько перекрывающую ее. Круглые пилы, применяемые для продольной распиловки, так же как и поперечные, закрепляют на пильном валу шайбами. Они работают со скоростью резания  $v = 40\text{--}60$  м/с.

*Подающий механизм* с постоянной скоростью подачи ( $u = \text{const}$ ) обычно состоит из электродвигателя и редуктора (иногда двухскоростного), приводящих в движение тележку, подвижный стол, цепь с упорами или вальцы (рис. 2.27).

В станках *периодического* действия подача кряжа (бревна) на пилу или пилы на распиливаемый кряж производится при помощи тележки, совершающей возвратно-поступательное движение (рис. 2.27, в), или при помощи подвижного стола, на котором закреплен кряж.

В станках *непрерывного* действия (с непрерывной подачей) распиливаемый материал подается при помощи непрерывно движущейся цепи с упорами (рис. 2.27, г, д) или посредством вращающихся вальцов (рис. 2.27, а, б), расположенных вертикально или горизонтально. В последнем случае усилие от вальцов к распиливаемому материалу передается за счет их сцепления с древесиной или корой. Поэтому сила прижима вальцов к распиливаемому материалу должна быть такой, чтобы обеспечивалось требуемое усилие подачи, которое практически равно усилию резания. Для увеличения силы трения применяют различные прижимные устройства, сохраняющие в то же время положение материала в процессе его распиловки. К ним относятся скользящие прижимы, гладкие или рифленные прижимные ролики. Горизонтальные вальцы используют обычно при распиловке пиломатериалов по ширине (рис. 2.27, б), а вертикальные – по толщине (рис. 2.27, а). В последнем случае распиливаемый материал ставят на ребро. Длина вальцов должна быть несколько больше ширины или высоты распиливаемого материала. Поддерживающие и направляющие вальцы делают обычно гладкими, а ведущие – с ребристой поверхностью.

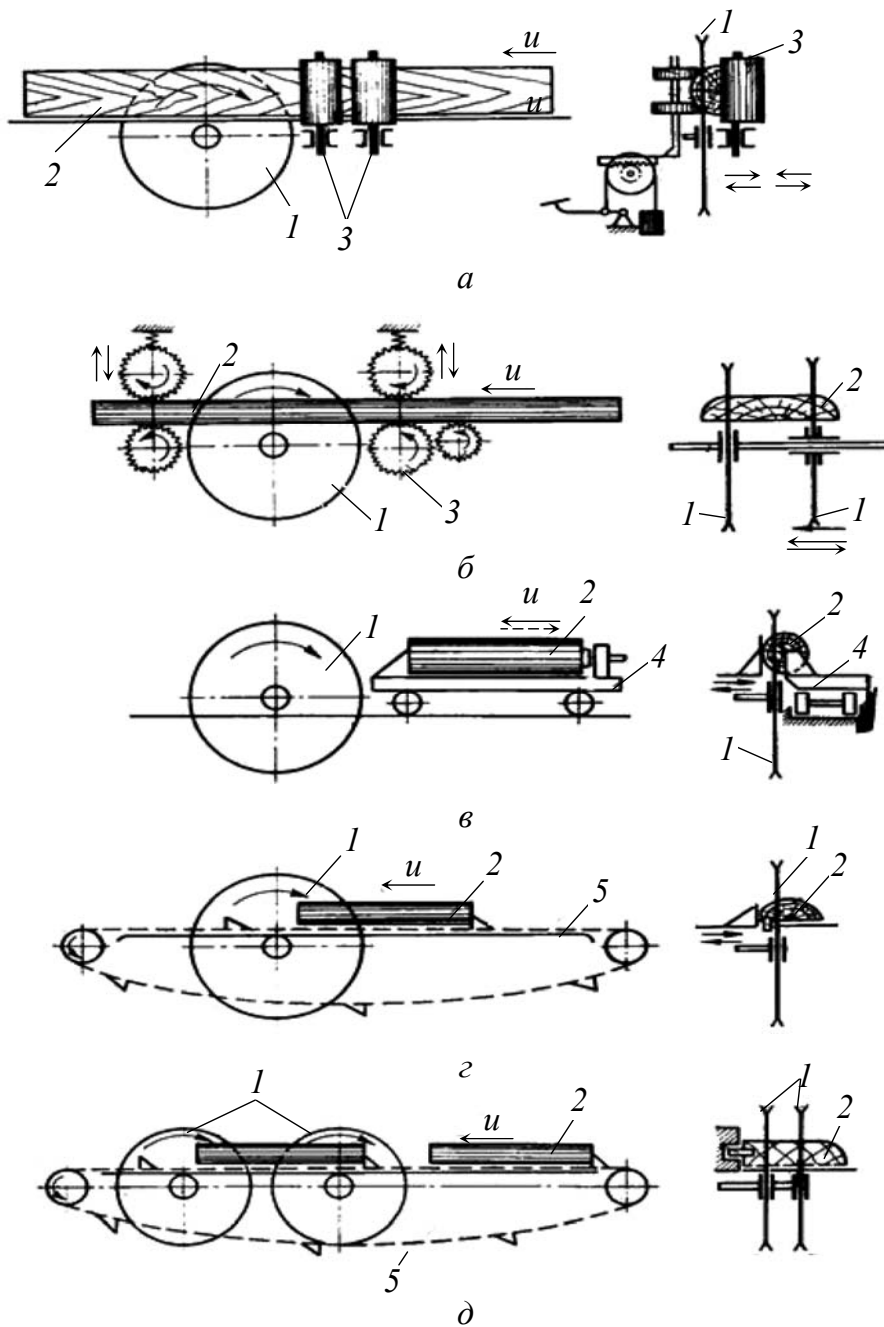


Рис. 2.27. Схемы круглопильных станков для продольной распиловки:  
 а, б – с вальцовой подачей; в – с подачей на тележке;  
 г, д – с цепной подачей;  
 1 – пильный диск; 2 – обрабатываемый лесоматериал;  
 3 – вальцовый механизм подачи; 4 – подающая тележка;  
 5 – цепной подающий транспортер с упорами

*Механизм надвигания* может приводиться в движение от пильного вала или от индивидуального двигателя. В первом случае надвигание распиливаемого материала происходит только при

вращении пилы, во втором двигатели механизма пиления и надвигания сблокированы, при этом остановка механизма пиления вызывает и остановку механизма надвигания.

*Зажимные механизмы* служат для закрепления распиливаемого кряжа на тележке. Кряжи могут зажиматься с боковой поверхности и с торцов.

*Поворотные механизмы* в процессе распиловки кряжа, закрепленного на тележке, необходимы для поворота его на 90° вокруг своей оси. При зажиме кряжа крючьями поворот его производится при помощи цепных или реечных кантователей после поднятия зажимных крючьев.

*Механизмы поперечного перемещения кряжа или пилы* (на станках с подачей на тележке) служат для того, чтобы совместить плоскость пилы с плоскостью очередного пропила. Такое совмещение производят перед каждым пропилом. Наиболее часто перемещение получает распиливаемый кряж.

*Шпалорезный станок ЦДТ-6-3* предназначен для распиловки шпальных кряжей длиной от 1,5 до 6,5 м и диаметром до 0,5 м на шпалы и брусья с попутным получением горбылей и досок. Механизм пиления станка состоит из пильного вала с закрепленной на нем пилой диаметром 1,25 м и электродвигателя мощностью 55 кВт. Конструкцией станка предусматривается возможность установки дополнительной навесной пилы диаметром 0,63 м, что позволяет увеличить наибольшую высоту пропила до 0,74 м.

*Станок двухвальный шестипильный Бурсус 420* предназначен для продольной распиловки бревен на двухкантный брус и четыре необрезные доски за один проход. Преимуществом конструкции станка является пильный узел с «плавающими» тонкими пилами толщиной 2,5 мм, исключая боковые нагрузки на пилу. В форсунки направляющих подается водовоздушная смесь для охлаждения пил, которая служит в качестве «подшипников» удерживающих пилы.

Размеры обрабатываемого бревна: диаметр 100–420 мм; длина 2500–6500 мм. Ширина получаемого лафета 75–250 мм. Диаметр пильного диска (наибольший) 900 мм, частота вращения пил 1200 об./мин. Наибольшая скорость подачи (скорость движения тележки) 69 м/мин. Суммарная мощность электродвигателей 153 кВт.

*Станок двухпильный RM Prizma* предназначен для продольной распиловки бревен длиной от 1,2 до 6 м и диаметром 150–400 мм на лафет шириной 100–260 мм и два горбыля за один проход. Диаметр пильного диска до 1000 мм, скорость подачи изменяется бесступенчато от 0 до 35 м/мин. Суммарная мощность электродвигателей 74 кВт.

*Станок Ц-32* двухпильный (четырепильный), предназначен для распиловки кряжей и бревен длиной от 1 до 3 м и диаметром 100–320 мм на брусья и сегменты. Наибольший диаметр пил 900 мм, частота вращения пил 1300 об./мин. Скорость подачи 6–20 м/мин. Наименьшее расстояние между пилами 60 мм, наибольшее – 200 мм. Суммарная мощность электродвигателей 58 кВт.

Технические характеристики круглопильных бревнопильных станков, применяемых для продольной распиловки бревен, приведены в табл. 2.12.

Таблица 2.12

**Технические характеристики круглопильных бревнопильных станков**

Показатель	Марка				
	СК-1200	УБК-2	УСК-1	УСК-1-1	ЦДС-1100
Размеры обрабатываемого бревна, мм:					
– диаметр	100–700	140–360	100–400	100–400	До 550
– длина	2000–9000	До 6200	2000–6000	2000–6000	2000–6500
Толщина получаемого пиломатериала, мм	16–300	100–250	16–300	16–300	16–350
Количество пил, шт.	1	2	2	1	1
Диаметр диска, мм	900–1200	900	500–630	700–1000	800–1200
Скорость подачи, м/мин	0–96	До 40	–	–	До 100
Установленная мощность, кВт	45	85	37,9	38,6	45

**Обрезные станки.** Станки, предназначенные для обрезки кромок у необрезных досок, чаще всего бывают двухпильными. Распространены двухпильные обрезные станки Ц2Д-7А, выпиливающие доски шириной от 60 до 500 мм. Эти станки имеют пилы диаметром по 0,4 м, скорость подачи 1,3 и 2 м/с, мощность двигателя 38 кВт.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

?

1. По каким признакам можно классифицировать бензиномоторные пилы.
2. По каким признакам классифицируются машины для валки деревьев?
3. Назовите особенности приемов выполнения технологических операций манипуляторными валочно-сучкорезно-раскряжевочными машинами.
4. Каковы основные отличия сучкорезных и сучкорезно-раскряжевочных машин периодического и непрерывного действия?
5. Назовите условия применения трелевочных машин различных конструкций.
6. Какие машины применяют в настоящее время для погрузки древесины на лесовозный транспорт на лесосеке?
7. Назовите основные типы лесовозных автопоездов, применяемых в Республике Беларусь для вывозки древесины.
8. Каковы достоинства и недостатки оборудования, применяемого на лесных складах для выгрузки, штабелевки и отгрузки лесоматериалов?
9. Каковы основные типы оборудования для производства круглых лесоматериалов?
10. Назовите основные виды и марки оборудования, используемые для сортировки круглых лесоматериалов на лесных складах.
11. Какие отличительные особенности окорочных станков вы знаете?
12. Какие установки для производства технологической щепы применяются в условиях лесозаготовительных предприятий?
13. В каких производствах может использоваться технологическая щепа?
14. Какие существуют виды и способы продольной распиловки сортиментов и в каких случаях их применяют?

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ

---

### 3.1. Общие положения

В лесозаготовительной промышленности преобладают процессы, связанные с механической обработкой древесины и перемещением лесных грузов на разных стадиях технологического процесса заготовки древесного сырья. Эффективность машины или оборудования, выполняющей тот или иной вид процесса, характеризуется в основном ее производительностью и расходуемой (потребляемой) энергией.

В ЛЗП имеет место первичная обработка древесины (валка деревьев, очистка деревьев от сучьев, раскряжевка хлыстов, разделка сортиментного долготья на коротье) и механическая переработка заготовленной древесины в цехах предприятия (выпиловка различных пиломатериалов, окорка древесины, расколка короткомерных лесоматериалов на части и др.). При механической обработке древесины происходит лишь изменение формы и объема древесины.

Механическая технология древесины в зависимости от способности последней делиться под действием внешних сил и сохранять заданную форму после прекращения их действия может быть с нарушением и без нарушения связей между волокнами. В ЛЗП 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, и четко разграничить их нельзя. Поэтому в расчетах принимают средние значения угла перерезания волокон  $\psi$  (угла, образуемого направлением движения лезвия с направлением волокон). Причем резание может происходить под любым углом  $\psi$ . Поэтому стружкообразование будет различным и скажется на качестве поверхности обработки. Кроме угла  $\psi$ , на качество поверхности обработки влияют угол резания  $\delta$ , толщина стружки  $e$  и порода древесины.

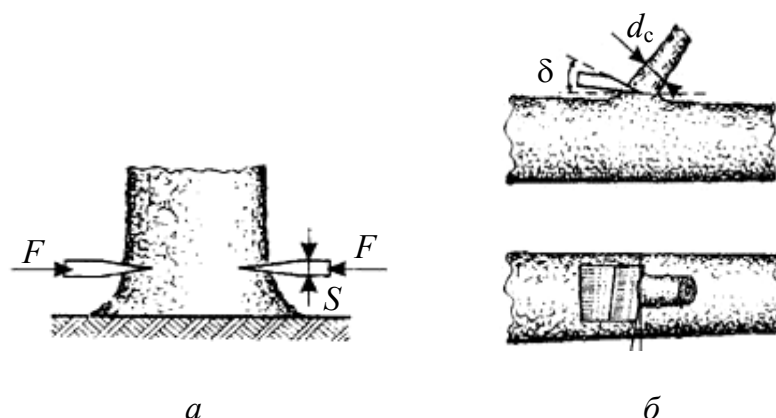


Рис. 3.1. Схемы резания древесины без стружкообразования:  
*a* – при валке деревьев; *б* – при очистке деревьев от сучьев

Резание древесины без образования стружки, или так называемое силовое резание, в лесозаготовительной промышленности применяется при очистке деревьев от сучьев сучкорезными машинами, а иногда и при машинной валке деревьев. Режущий инструмент при резании без образования стружки представляет собой клиновидный или плоский нож толщиной  $S$  с углом заострения  $\beta$ . В процессе резания нож, двигаясь в направлении, перпендикулярном или под некоторым углом, к волокнам древесины, перерезает их передней режущей кромкой (рис. 3.1). При этом происходит резание в торец или близкое к нему и наблюдаются смятие и изгиб волокон, что вызывает расслоение древесины.

### 3.2. Основы теории механической обработки древесины

Основоположником науки о резании древесины и других материалов является профессор Петербургского горного института И. А. Тиме. Он на основе проведенных исследований в 1868 г. дал первые теоретические положения по определению силы резания  $F_{\text{ср}}$  для трех видов элементарного резания:

$$F_{\text{ср}} = k_w \cdot b \cdot l; \quad (3.1)$$

$$k_w = \frac{F_{\text{ср}}}{b \cdot l}, \quad (3.2)$$

где  $k_w$  – удельная работа резания, Дж/м<sup>3</sup>;  $b$  – ширина стружки, м;  $l$  – толщина стружки, м.

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

Касательная сила резания – равнодействующая сил сопротивления перемещению резца в древесине по направлению скорости резания.

На практике преобладает сложное резание (пиление древесины), отличное от трех основных видов элементарного резания, и четко разграничить их практически нельзя.



**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 оно 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 (рис. 3.2, *а*) и продольное – плоскость пропила параллельна направлению волокон (рис. 3.2, *б*). Кроме того, возможно смешанное пиление (плоскость пропила расположена под углом к направлению волокон).

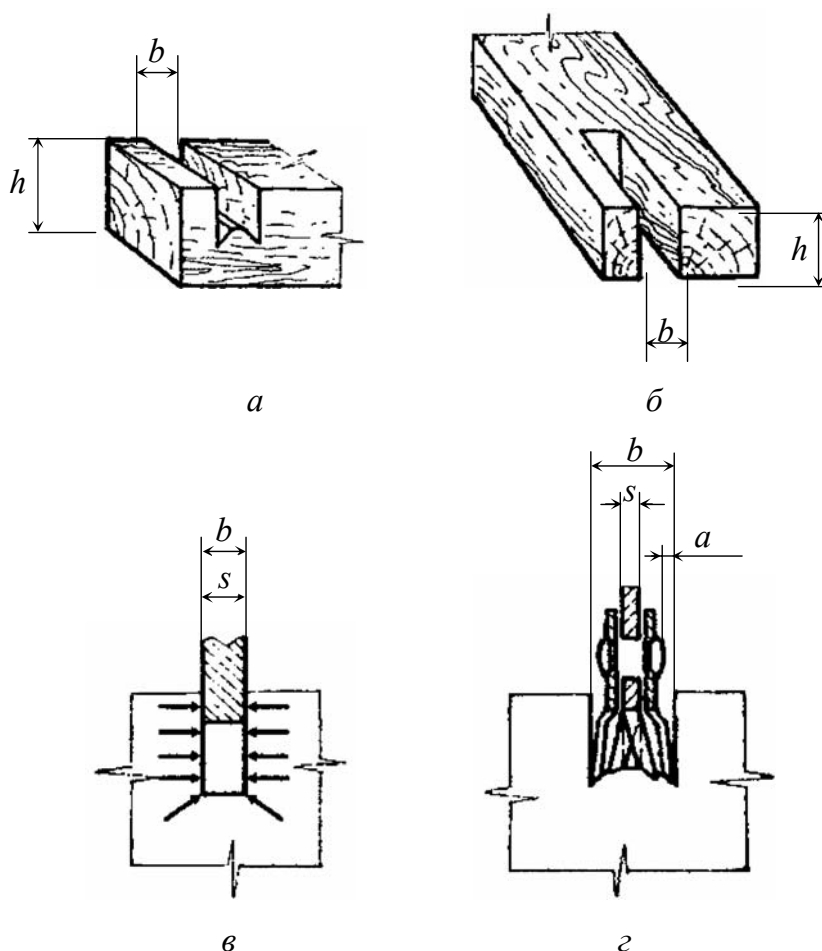


Рис. 3.2. Виды и способы пиления древесины:  
*а* – поперечное пиление; *б* – продольное пиление; *в* – пиление без уширения пропила; *г* – пиление с уширением пропила

На заготовке древесины наиболее распространенным является поперечное пиление цепными и круглыми пилами. Оно применяется на валке деревьев, раскряжке хлыстов и длинномерных сортиментов на короткие. Продольное пиление применяется при выпилке пиломатериалов: досок, брусьев, шпал и т. д., а смешанное – при подпиле деревьев, подлежащих валке, и обрезке сучьев с поваленных деревьев.

Пильные цепи и круглые пилы являются многолезцовым режущим инструментом. Процесс пиления древесины ими происходит в закрытом пространстве, называемом пропилом. При пилении упруговосстановившаяся древесина сужает пропил и в результате возникает трение между режущим инструментом и стенками пропила (рис. 3.2, в). Это вызывает дополнительное сопротивление резанию и требует большей мощности на резание и подачу. Причем сила трения между режущим инструментом и стенками пропила может возрасти до такой величины, что пиление станет невозможным и произойдет зажим инструмента в пропиле. Чтобы этого избежать, ширина пропила должна быть больше толщины режущего инструмента, что достигается уширением пропила, т. е. увеличением расстояния между стенками пропила. Однако это уширение должно производиться лишь на величину, необходимую для устранения трения режущего инструмента о стенки пропила. Иначе возрастут потери древесины в опилки и увеличится мощность резания.

В пильных цепях уширение пропила (рис. 3.2, з) достигается отгибанием боковых звеньев в стороны, которое выполняется на заводе при штамповке цепей, в круглых и других пилах – отгибанием режущих зубьев в стороны или плющением кончиков зубьев при подготовке их к работе.

Объем отделяемой стружки при пилении в 1 с равен

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

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, и мощность (Вт), расходуемая на пиление, равна

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

$$P_v = \frac{k_w \cdot b \cdot h \cdot u}{\eta_v}, \quad (3.3)$$

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

$$F_v = \frac{k_w \cdot b \cdot h \cdot u}{v}. \quad (3.4)$$

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 станка 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 (формулы 3.3 и 3.4). А зная  $P_v$ , можно определить скорость подачи. Из формулы (3.3) имеем

$$u = \frac{P_v \cdot \eta_v}{k_w \cdot b \cdot h}. \quad (3.5)$$

Нахождение мощности, необходимой на пиление по формуле (3.3), есть прямая задача, которую приходится решать на производстве, а нахождение допустимой скорости подачи по формуле (3.5) 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. И в этом случае в формулы (3.3) и (3.4) следует подставлять среднюю высоту пропила и среднюю скорость подачи:

$$h_{\text{ср}} = 0,8 \cdot d, \text{ а } u_{\text{ср}} = \frac{d}{t},$$

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

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

$$\Pi_{\text{пил}} = h \cdot u.$$

Подставив значение  $u$  из уравнения (3.5), получим

$$\Pi_{\text{пил}} = \frac{P_v \cdot \eta_v}{k_w \cdot b}. \quad (3.6)$$

Производительность чистого пиления зависит в основном от мощности двигателя и вида режущего инструмента и составляет в среднем при пилении пильными цепями 0,006–0,025  $\text{м}^2/\text{с}$ , круглыми пилами – 0,03–0,05  $\text{м}^2/\text{с}$ .

### 3.3. Кинематические соотношения скоростей при пилении древесины пильными цепями и круглыми пилами

Для осуществления процесса пиления необходимо создать контакт резцов режущего инструмента с древесиной и поддерживать его при отделении стружки. Это возможно при наличии двух рабочих движений: главного и движения подачи (рис. 3.3). За главное рабочее движение принимают движение, имеющее бóльшую среднюю скорость  $v$ . Оно обеспечивает участие в работе всех резцов. Движение подачи  $u$  обеспечивает подведение к резцам древесины. Если главное движение  $v$  и движение подачи  $u$  осуществляются одновременно, геометрически они суммируются в движение резания по определенной траектории. Тогда движение резания называется скоростью резания.

Главное рабочее движение может совершать и режущий инструмент, и обрабатываемый предмет. Возможны случаи, когда оба рабочих движения осуществляются или рабочим инструментом (валка деревьев и раскряжевка хлыстов бензопилой), или обрабатываемым предметом (протаскивание ствола поваленного дерева через механизм срезания сучьев режущего устройства).

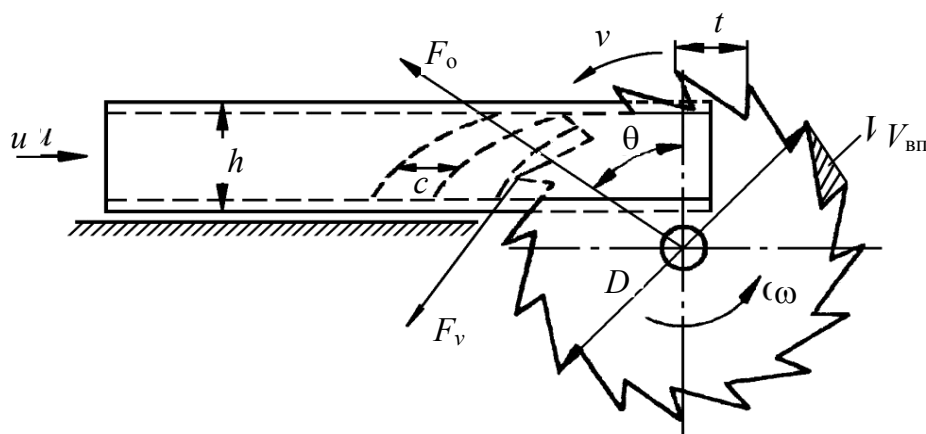


Рис. 3.3. Схема продольного пиления древесины круглыми пилами:  
 $\omega$  – угловая скорость пилы;  $D$  – диаметр пилы;  
 $F_v$  – касательная сила резания;  $c$  – подача на зуб;  $h$  – высота пропила;  
 $u$  – скорость подачи;  $F_o$  – сила отжима;  $\theta$  – кинематический угол  
 встречи;  $v$  – скорость резания;  $t$  – шаг зубьев;  
 $V_{вп}$  – объем межзубовой впадины

Чтобы процесс пиления протекал нормально, опилки во впадинах зубьев должны размещаться без сильного уплотнения. Для этого необходимо обеспечить определенное соотношение между скоростями резания  $v$  и подачи  $u$ , между подачей на зуб  $c$  и шагом зубьев  $t$  (расстояние между двумя смежными вершинами зубьев), т. е.

$$\frac{u}{v} = \frac{c}{t} < 1 \quad (3.7)$$

где  $c$  – подача на зуб, м;  $t$  – шаг зубьев, м.

Уравнение (3.7) называется основным уравнением кинематических соотношений при пилении древесины пильными цепями и круглыми пилами. Из этого уравнения видно, что для увеличения производительности оборудования необходимо повысить скорость подачи, что возможно при увеличении скорости резания, подачи на зуб и уменьшения шага зубьев. При нарушении этого условия опилки будут прессоваться во впадинах зубьев и пиление станет невозможным. Для нормального протекания процесса пиления необходимо, чтобы опилки размещались во впадинах зубьев с учетом коэффициента разрыхления опилок  $\sigma$ , т. е.

$$V_{\text{оп}} = V_{\text{вп}},$$

где  $V_{\text{оп}}$  – объем опилок с учетом их разрыхления, образуемых зубом,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{вп}}$  – объем межзубовой впадины,  $\text{м}^3$ .

Из формулы (3.7) имеем, что допустимая скорость подачи равна

$$u = \frac{v \cdot c}{t}. \quad (3.8)$$

Допустимая скорость подачи по условию размещения опилок во впадинах зубьев равна

$$u = \frac{Q \cdot t \cdot v}{\sigma \cdot h}, \quad (3.9)$$

где  $Q$  – коэффициент площади впадины зуба;  $\sigma$  – коэффициент разрыхления опилок;  $h$  – высота пропила, м.

За рабочую скорость подачи принимается меньшая из полученных по формулам (3.8) и (3.9).

### 3.4. Теоретические основы производительности лесных машин и оборудования

**3.4.1. Производительность машин и оборудования.** Основным показателем работы машины является ее **производительность** – количество продукции, полученной или перемещенной за единицу времени (час, смену, сутки и т. д.).

Различают производительность машины, механизма и производительность поточной линии (технологического потока). Последняя будет зависеть от количества и производительности отдельных машин, входящих в поточную линию. Продукция или полуфабрикаты могут учитываться в штуках, по объему или массе. Поэтому производительность может измеряться штуками изделий, объемом и массой. В лесной промышленности преобладает учет продукции в плотных кубических метрах ( $m^3$ ). Поэтому и производительность машин и поточных линий измеряют в основном в кубических метрах. Производительность подъемно-транспортных машин и механизмов измеряется объемом (массой) деревьев, хлыстов или сортиментов, перемещенных за единицу времени  $T$ . Производительность машин и механизмов, выполняющих технологические операции, может измеряться как объемом (массой) перерабатываемого сырья, так и готовой продукцией. При этом производительность зависит от целого ряда производственных и организационно-технологических факторов: состава и крупности лесонасаждений, грунтовых условий и рельефа местности, применяемой технологии и организации труда, технического состояния машины и т. д. При прочих равных условиях машины непрерывного действия будут иметь бóльшую производительность, чем машины периодического действия.

Различают два вида производительности машин: технически возможную (теоретическую) и действительную (фактическую). Технически возможная производительность ( $\Pi_T$ ) зависит в основном от совершенства конструкции машины и может быть определена по формуле

$$\Pi_T = \frac{T \cdot V}{t_{ц}},$$

где  $T$  – продолжительность работы машины (час, смена и т. д.), с;  
 $V$  – объем или масса единицы продукции (если производительность

определяется по количеству единиц продукции,  $V = 1$ );  $t_{ц}$  – время, необходимое на обработку или перемещение единицы продукции (полуфабриката), с.

Производительность  $\Pi_T$  характеризует возможности машины при отсутствии потерь времени на подготовительно-заключительные операции, отдых оператора, по организационно-техническим причинам и др. Эти потери времени принято называть внецикловыми потерями. Действительная производительность ( $\Pi_d$ ) характеризует возможности машины с учетом внецикловых потерь, которые практически неизбежны. Она представляет собой фактическое количество продукции, которое может быть перемещено или обработано машиной за единицу времени:

$$\Pi_d = \frac{T \cdot \varphi_1 \cdot V}{t_{ц}},$$

где  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени.

Время на обработку или перемещение единицы продукции

$$t_{ц} = t_p + t_x + t_b,$$

где  $t_p$  – время, затрачиваемое на рабочие ходы, с;  $t_x$  – время, затрачиваемое на холостые ходы, с;  $t_b$  – время, затрачиваемое на вспомогательные операции (загрузку и разгрузку машины), с.

Тогда

$$\Pi_d = \frac{T \cdot \varphi_1 \cdot V}{t_p + t_x + t_b}. \quad (3.10)$$

Для машин периодического действия:

$$t_p = \frac{S}{v_p}, \quad t_x = \frac{S}{v_x},$$

где  $S$  – путь перемещения единицы продукции, м;  $v_p$  – скорость перемещения продукции, м/с;  $v_x$  – скорость холостого хода машины (рабочего органа), м/с.

В машинах непрерывного действия загрузка и разгрузка их производится без остановки и  $t_b = 0$ , что обуславливает их более высокую производительность по сравнению с машинами периодического действия при прочих равных условиях. Для машин непрерывного действия



$$t_p = \frac{l}{v}; t_x = \frac{l_1}{v},$$

где  $l$  – размер единицы продукции в направлении ее движения, м;  
 $l_1$  – расстояние между двумя смежными единицами продукции, м;  
 $v$  – скорость обработки или перемещения продукции, м/с.

Тогда для этих машин

$$\Pi_d = \frac{T \cdot \varphi_1 \cdot v \cdot V}{l + l_1}. \quad (3.11)$$

Если машина выполняет не одну, а, например, две работы с частичным их совмещением по времени или отдельно (например, трелевку и погрузку древесины), общая ее производительность в данном случае равна

$$\Pi = \frac{\Pi_T \cdot \Pi_{II}}{\Pi_T + \Pi_{II}},$$

где  $\Pi_T$  – производительность машины при выполнении только первой работы (например, трелевки);  $\Pi_{II}$  – производительность машины при выполнении только второй работы (например, погрузки).

При выполнении машиной двух видов работ в одно и то же время общая ее производительность определяется по формулам (3.10) и (3.11).

**3.4.2. Производительность поточных линий.** Для выпуска готовой продукции или полуфабриката необходимо выполнить несколько технологических операций на различных машинах (станках), формируемых в поточные линии. Эти линии делятся на три класса:

- последовательного агрегатирования (рис. 3.4, а);
- параллельного агрегатирования (рис. 3.4, б);
- смешанного агрегатирования (рис. 3.4, в).

При последовательном и параллельном агрегатировании производительности всех машин (станков) должны быть равны между собой. В линиях смешанного агрегатирования производительность последовательно соединенных машин должна равняться сумме производительностей параллельно соединенных машин.

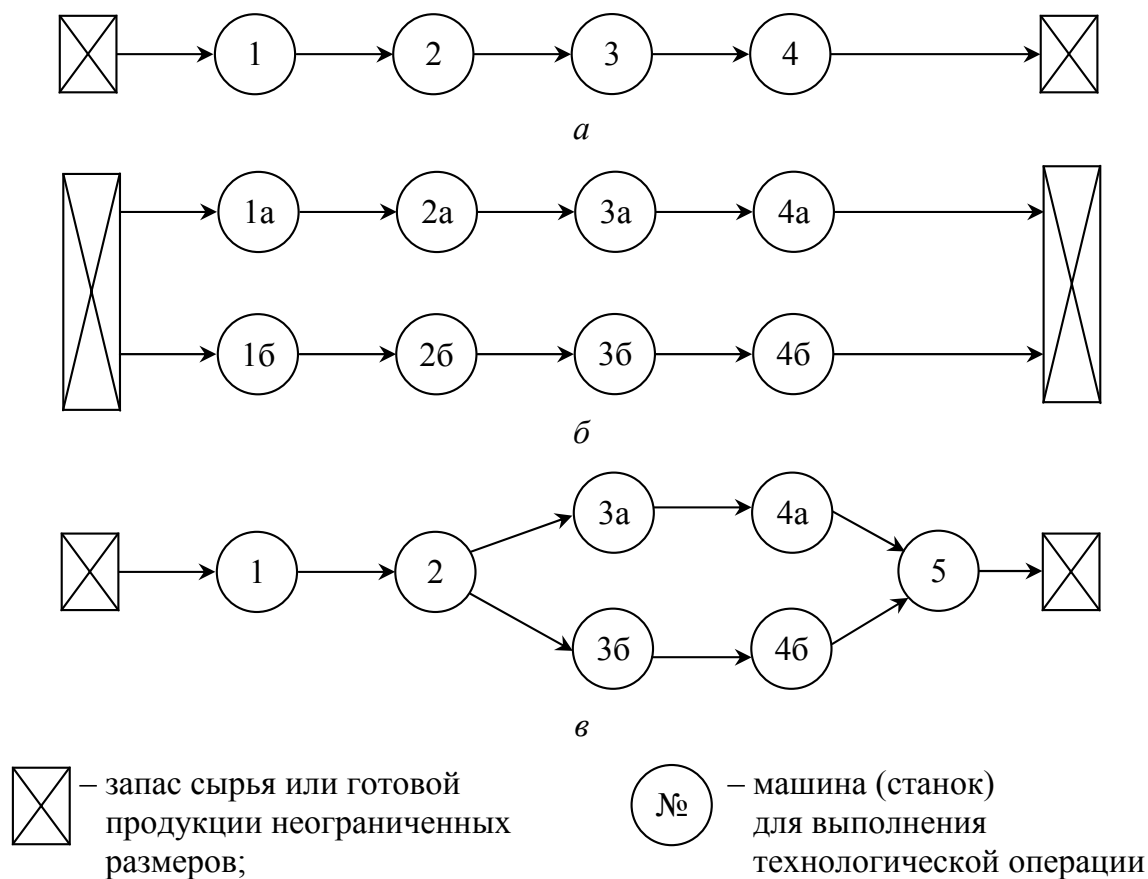


Рис. 3.4. Схемы агрегатирования машин (станков) в поточных линиях:  
 а – последовательное; б – параллельное;  
 в – смешанное

В поточных линиях с разветвлениями в результате обработки получают два и более видов полуфабрикатов, каждый из которых подвергается дальнейшей обработке на своей ветви поточной линии, выпускающей свой вид готовой продукции.

При расчете производительности поточной линии необходимо учитывать взаимозависимость (связь) всех машин (станков), входящих в линию. Отдельные машины, входящие в поточную линию, связаны между собой жесткой или гибкой связью.

*При жесткой связи* предметы труда (заготовки) передаются непосредственно от одной машины на смежную с ней и ритм работы обеих машин должен быть одинаковым.

*При гибкой связи* допускается разный ритм работы машин (станков) (рис. 3.5, а). Но такая связь предусматривает в среднем равную производительность машин, последовательно расположенных в линии. При гибкой связи возможны даже кратковременные

остановки одной или нескольких машин без нарушения нормальной работы остальных машин в линии.

В качестве гибкой в поточных линиях на лесных складах применяют буферные площадки и буферные магазины для создания межоперационных запасов обрабатываемых лесоматериалов (заготовок). Целесообразно применять поточные линии с жестко-гибкой связью технологических машин (рис. 3.5, б, в). В этом случае заготовки передаются в основном от предыдущей машины на последующую, смежную с ней, непосредственно. Буферный магазин (проходной или тупиковый) вступает в действие, когда режим работы смежных машин нарушается или одна из них временно останавливается.

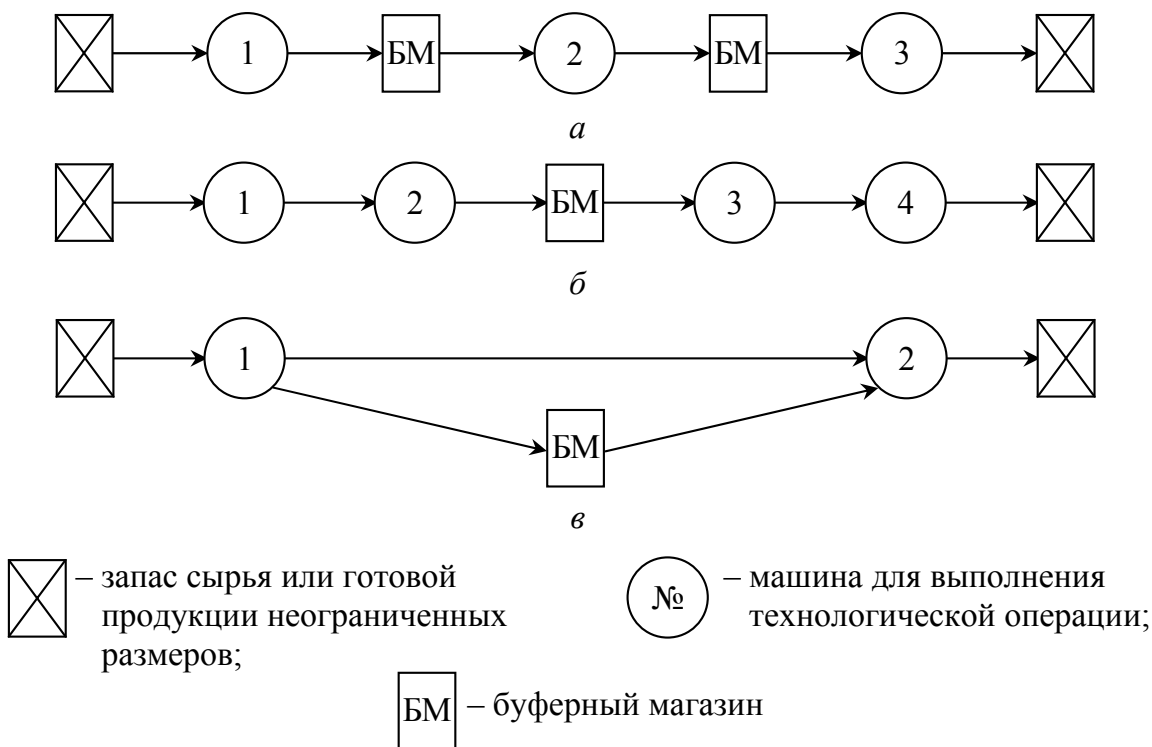


Рис. 3.5. Виды связей машин (станков) в поточных линиях:  
а – гибкая; б, в – жестко-гибкая

Поскольку в поточной линии машины взаимосвязаны, производительность поточной линии  $\Pi_{л}$  последовательного агрегатирования будет равна

$$\Pi_{л} = \Pi_{\min} \cdot \varphi_{л}, \quad (3.12)$$

где  $\Pi_{\min}$  – расчетная сменная производительность наименее производительной машины, входящей в состав поточной линии, определяемая

по формулам (3.10), (3.11);  $\varphi_{л}$  – коэффициент, учитывающий взаимное влияние отдельных машин, входящих в линию, и зависящий от их числа, характера связи между ними, а также от коэффициента их надежности  $\varphi_{н}$ .

Коэффициент надежности  $\varphi_{н}$  связан с коэффициентом использования рабочего времени  $\varphi_{1}$ , входящим в формулы (3.10), (3.11). Эта связь выражается зависимостью

$$\varphi_{1} = \varphi_{п} \cdot \varphi_{н},$$

где  $\varphi_{п}$  – коэффициент, учитывающий потери времени по организационным и некоторым другим причинам;  $\varphi_{н}$  – коэффициент надежности, учитывающий мелкие неисправности (отказы) в работе машин.

Коэффициент  $\varphi_{н}$  зависит от количества и надежности отдельных элементов, составляющих каждую машину.

Поточная линия последовательного агрегатирования, состоящая из  $n$  машин (станков), соединенных жесткой связью, работает только тогда, когда работают все входящие в линию машины. Остановка любой из них ведет к остановке всей линии. Для линий с жесткой связью, когда надежность всех машин, входящих в линию, одинакова,  $\varphi_{л} = \varphi_{н}^{n-1}$  и производительность такой линии равна

$$П_{л} = П_{\min} \cdot \varphi_{н}^{n-1}. \quad (3.13)$$

В поточных линиях с гибкой связью при неограниченной или весьма большой вместимости буферных магазинов обеспечивается независимая работа входящих в линию отдельных машин и  $\varphi_{л} = 1$ . Следовательно,  $П_{л} = П_{\min}$ .

На лесосечных работах благодаря возможности создания больших межоперационных запасов также обеспечивается независимая работа машин в потоке.

На нижних лесных складах межоперационные запасы располагаются в буферных магазинах или на буферных площадках ограниченной вместимости. Поэтому остановки поточной линии могут происходить не только вследствие отказов входящих в нее машин, но и в связи с переполнением или опорожнением буферных магазинов или буферных площадок. Для таких линий  $1 > \varphi_{л} > \varphi_{н}^{n-1}$ .

На величину  $\varphi_{л}$  также влияет коэффициент надежности буферного магазина как механизма. Для снижения влияния этого

коэффициента на производительность поточной линии можно использовать жестко-гибкую связь технологических машин (рис. 3.5, в).

В линии, состоящей из нескольких автономно работающих технологических машин, последовательные операции выполняются независимо друг от друга. Межоперационные запасы при этом хранятся в штабелях и практически имеют неограниченные размеры, а их создание и передача обрабатываемых материалов от одной технологической машины к другой производится краном или автопогрузчиком. В этом случае понятие «производительность поточной линии» не имеет смысла, так как отдельные машины могут за смену выпускать различное количество полуфабрикатов. В целом же по складу эту неравномерность можно компенсировать в течение недели или месяца различным числом смен работы отдельных машин (станков).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

?

1. Назовите процессы, которые преобладают в лесозаготовительной промышленности на разных стадиях заготовки древесного сырья.
2. Назовите виды механической технологии древесины, получившие применение в лесозаготовительном производстве.
3. Дайте определение удельной работы резания и объясните, как она определяется.
4. Дайте определение понятия «пиление древесины» и назовите его виды и способы.
5. Назовите два вида производительности лесных машин и дайте их характеристику и отличительные особенности.
6. Объясните, чем отличается производительность машины от производительности поточной линии и что нужно учитывать при определении производительности поточной линии.
7. Назовите, на какие три класса делятся поточные линии и какие виды связей могут быть между машинами (станками), входящими в поточную линию.

# АНАЛИЗ СИЛОВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ЦЕПНЫМИ ПИЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

---

## *Задание № 1*

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на силу резания при пилении древесины цепным пильным механизмом**

#### *Постановка задачи*

При механической обработке древесины сила резания является одним из наиболее важных факторов процесса резания. Она характеризует не только сам процесс, так как оказывает прямое и существенное влияние на энергозатраты, но и определяет параметры оборудования для механической обработки древесины. По величине средней силы резания определяется мощность, расходуемая на резание древесины, а по величине максимальной силы резания ведутся прочностные расчеты узлов оборудования. В этой связи важно знать, как изменяется сила резания в зависимости от технологических факторов процесса резания древесины и, прежде всего, в зависимости от высоты и ширины пропила, скоростей резания и подачи при прочих равных условиях.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: определить, как изменяется сила резания при пилении цепными пилами в зависимости от диаметра распиливаемых хлыстов (сортиментов), ширины пропила, скоростей резания и подачи.

### Решение задачи

Сила резания  $F$ , Н, равна

$$F = k_w \cdot b \cdot h \cdot \frac{u}{v}, \quad (4.1)$$

где  $k_w$  – удельная работа резания,  $k_w = 44,1 \cdot 10^6$  Дж/м<sup>3</sup>;  $b$  – ширина пропила, м;  $h$  – высота пропила, м;  $u$  – скорость подачи, м/с;  $v$  – скорость резания, м/с.

При поперечном пилении круглых лесоматериалов  $h = 0,8 \cdot d$ , где  $d$  – диаметр резания в плоскости реза, м.

Тогда формула (4.1) примет вид

$$F = 0,8 \cdot k_w \cdot d \cdot b \cdot \frac{u}{v}. \quad (4.2)$$

Формула (4.2) является математическим описанием зависимости силы резания от различных факторов. Для установления зависимости силы резания от различных факторов целесообразно принять переменными следующие параметры: диаметр пропила, ширину пропила, скорость резания и скорость подачи.

### Исходные данные для расчетов

Исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов и приведены в табл. 4.1. По каждому варианту указаны значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения последних.

Таблица 4.1

**Исходные данные для расчетов к заданию № 1**

Вариант	Значения постоянных факторов				Переменные факторы и пределы их изменения
	$d$ , м	$u$ , м/с	$v$ , м/с	$b$ , м	
1	0,15	0,020	14	0,008	$d_{\min} = 0,15; d_{\max} = 0,45$ через 0,05 м
2	0,25	0,020	14	0,008	$u_{\min} = 0,010; u_{\max} = 0,030$ через 0,005 м/с
3	0,35	0,015	12	0,009	$v_{\min} = 10; v_{\max} = 16$ через 2 м/с
4	0,45	0,015	12	0,009	$b_{\min} = 0,008; b_{\max} = 0,012$ через 0,001 м
5	0,20	0,020	14	0,008	$d_{\min} = 0,20; d_{\max} = 0,50$ через 0,05 м
6	0,30	0,015	14	0,008	$u_{\min} = 0,010; u_{\max} = 0,030$ через 0,005 м/с
7	0,40	0,010	12	0,009	$v_{\min} = 10; v_{\max} = 16$ через 2 м/с
8	0,50	0,010	12	0,009	$b_{\min} = 0,008; b_{\max} = 0,012$ через 0,001 м
9	0,25	0,025	12	0,009	$d_{\min} = 0,25; d_{\max} = 0,55$ через 0,05 м
10	0,35	0,020	14	0,009	$u_{\min} = 0,010; u_{\max} = 0,030$ через 0,005 м/с
11	0,45	0,015	12	0,010	$v_{\min} = 10; v_{\max} = 16$ через 2 м/с
12	0,55	0,010	14	0,010	$b_{\min} = 0,008; b_{\max} = 0,012$ через 0,001 м

Вариант	Значения постоянных факторов				Переменные факторы и пределы их изменения
	$d$ , м	$u$ , м/с	$v$ , м/с	$b$ , м	
13	0,30	0,025	14	0,009	$d_{\min} = 0,20; d_{\max} = 0,60$ через 0,10 м $u_{\min} = 0,010; u_{\max} = 0,030$ через 0,005 м/с $v_{\min} = 12; v_{\max} = 18$ через 2 м/с $b_{\min} = 0,009; b_{\max} = 0,014$ через 0,001 м
14	0,40	0,020	14	0,009	
15	0,50	0,020	16	0,014	
16	0,60	0,015	16	0,014	
17	0,35	0,020	14	0,014	$d_{\min} = 0,25; d_{\max} = 0,65$ через 0,10 м $u_{\min} = 0,015; u_{\max} = 0,035$ через 0,005 м/с $v_{\min} = 12; v_{\max} = 18$ через 2 м/с $b_{\min} = 0,014; b_{\max} = 0,024$ через 0,002 м
18	0,45	0,020	14	0,014	
19	0,55	0,025	16	0,024	
20	0,65	0,025	16	0,024	
21	0,40	0,025	16	0,020	$d_{\min} = 0,30; d_{\max} = 0,70$ через 0,10 м $u_{\min} = 0,015; u_{\max} = 0,035$ через 0,005 м/с $v_{\min} = 14; v_{\max} = 20$ через 2 м/с $b_{\min} = 0,016; b_{\max} = 0,024$ через 0,002 м
22	0,50	0,025	16	0,020	
23	0,60	0,020	18	0,024	
24	0,70	0,020	18	0,024	
25	0,45	0,030	16	0,020	$d_{\min} = 0,35; d_{\max} = 0,75$ через 0,10 м $u_{\min} = 0,020; u_{\max} = 0,040$ через 0,005 м/с $v_{\min} = 14; v_{\max} = 20$ через 2 м/с $b_{\min} = 0,016; b_{\max} = 0,024$ через 0,002 м
26	0,55	0,030	16	0,020	
27	0,65	0,025	18	0,024	
28	0,75	0,025	18	0,024	
29	0,50	0,020	16	0,014	
30	0,60	0,020	14	0,014	

### Результаты вычислений

Расчеты производятся по формуле (4.2) по программе вычислений на ПК. Результаты расчетов по приведенной выше программе вычислений компьютер выдает в виде табличных данных. Левый столбец цифр этих данных представляет собой изменяемый параметр (диаметр пропила, скорость резания и т. д.), а правый – значения силы резания при пилении цепным пильным аппаратом в зависимости от величины изменяемого параметра.

### Обработка полученных результатов

По полученным данным строятся графики изменения силы резания при пилении цепным пильным аппаратом в зависимости от диаметра (высоты) пропила, скорости резания, скорости подачи и ширины пропила. Для чего по оси абсцисс откладываются в масштабе значения независимых переменных, а по оси ординат – значения силы резания. Образец графика приведен на рисунке. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы, в которых должно быть указано, почему такие зависимости, а не просто констатация характера зависимости.



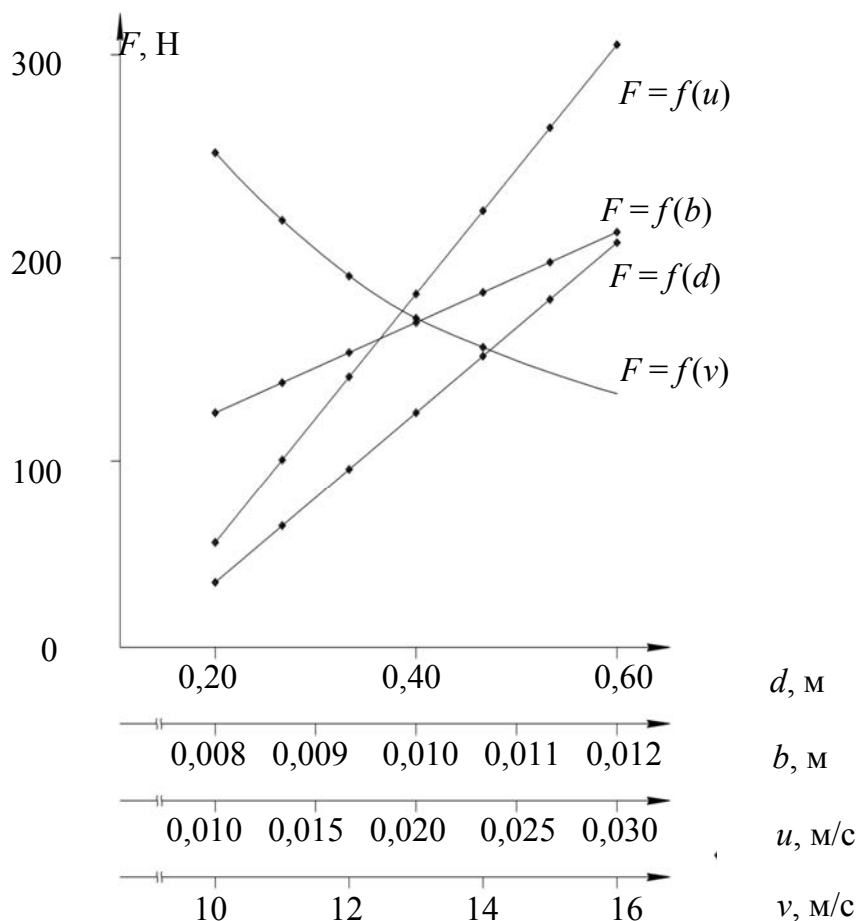


Рис. 4.1. Графики зависимости силы резания от различных факторов процесса пиления древесины

Например: из графика  $F = f(d)$  видно, что с увеличением диаметра пропила сила резания интенсивно растет. Обусловлено это тем, что с увеличением диаметра увеличивается количество зубьев, одновременно режущих древесину.

## Задание № 2

### Исследование и анализ влияния различных факторов на мощность, расходуемую на пиление древесины цепным пильным механизмом

#### Постановка задачи

Ежегодно в Беларуси заготавливается в среднем 14,0 млн. м<sup>3</sup> древесины, для чего необходимо спилить примерно 50 млн. шт. деревьев.

Валка деревьев – трудоемкая и небезопасная операция. Для ее механизации используются в основном бензиномоторные пилы и частично валочные, валочно-пакетирующие и другие машины. Основным узлом у пил и машин является цепной пильный механизм консольного типа.

Наряду с этим цепные пильные механизмы применяются и на раскряжевке древесины. Для привода в действие этих пильных механизмов требуются большие затраты энергии. В этой связи приобретает большую актуальность выбор оптимальной мощности привода пильного механизма применительно к конкретным природно-производственным условиям, так как диаметры деревьев колеблются в значительных пределах: от 0,1 до 1 м и более. Для правильного выбора параметров цепных пильных механизмов и количества их типоразмеров необходимо знать, прежде всего, как изменяется расход мощности на пиление в зависимости от диаметра дерева в плоскости реза, скоростей резания и подачи, ширины пропила и других факторов при прочих равных условиях.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: определить, как изменяется мощность, расходуемая на пиление цепным пильным механизмом, в зависимости от диаметра дерева в плоскости реза, скоростей резания и подачи, ширины пропила и других технологических параметров процесса пиления.

#### *Решение задачи*

Известно, что мощность, расходуемая на пиление, равна

$$P_p = \frac{F_T \cdot v}{\eta}, \quad (4.3)$$

где  $F_T$  – тяговое усилие, Н;  $v$  – скорость резания, м/с;  $\eta$  – коэффициент полезного действия передачи от двигателя к пильной цепи (0,80–0,85).

По формуле (4.3) не представляется возможным изучить влияние на расход мощности таких факторов, как диаметр дерева в плоскости реза, скорости резания и подачи, ширина пропила, длина пильного аппарата. Для этого требуется детализация.

Для цепных пильных аппаратов тяговое усилие  $F_T$ , Н, определяется по формуле

$$F_T = F_v + F_u \cdot \mu + 2,08 \cdot q \cdot l \cdot \mu + 0,08 \cdot F_o, \quad (4.4)$$

где  $F_v$  – сила резания, Н;  $F_u$  – сила отжима, Н;  $\mu$  – коэффициент трения цепи о пильную шину,  $\mu = 0,8-1,2$ ;  $q$  – вес цепи на погонной длине 1 м, Н;  $l$  – длина пильной шины, м;  $F_o$  – монтажное натяжение пильной цепи, Н,  $F_o = 150$  Н.

Сила резания равна

$$F_v = k_w \cdot b \cdot h \cdot \frac{u}{v}, \quad (4.5)$$

где  $k_w$  – удельная работа резания, Дж/м<sup>3</sup>;  $b$  – ширина пропила, м;  $h$  – высота пропила, м,  $h = 0,8 \cdot d$ ;  $d$  – диаметр дерева в плоскости реза, м;  $u$  – скорость подачи, м/с.

Усилие отжима  $F_u = (0,7-1,0) \cdot F_v$ .

Подставив приведенные выше значения в формулу (4.3), получим

$$P_p = \frac{0,8 \cdot k_w \cdot b \cdot d \cdot u \cdot (1 + 0,8 \cdot \mu) + (2,08 \cdot q \cdot l \cdot \mu + 0,08 \cdot F_o) \cdot v}{\eta}, \text{ Вт.} \quad (4.6)$$

Значения величин даны выше. Формула (4.6) является подробным математическим описанием процесса пиления древесины цепным пильным механизмом. Для решения поставленной задачи целесообразно принять переменными следующие параметры: диаметр дерева, ширину пропила, скорость резания, скорость подачи, длину пильной шины.

### *Исходные данные для расчетов*

Исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 4.2. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения последних.

Таблица 4.2

**Исходные данные для расчетов к заданию № 2**

Вариант	Значения постоянных факторов						Переменные факторы и пределы их изменения
	$d$ , м	$u$ , м/с	$v$ , м/с	$b$ , м	$l$ , м	$q$ , Н	
1	0,15	0,020	14	0,008	0,30	3,4	$d_{\min} = 0,15$ ; $d_{\max} = 0,55$ через 0,10 м
2	0,25	0,020	14	0,008	0,30	3,4	$u_{\min} = 0,010$ ; $u_{\max} = 0,030$ через 0,005 м/с
3	0,35	0,015	14	0,009	0,40	3,7	$v_{\min} = 10$ ; $v_{\max} = 16$ через 2 м/с
4	0,45	0,015	12	0,009	0,40	3,7	$b_{\min} = 0,008$ ; $b_{\max} = 0,012$ через 0,001 м
5	0,55	0,015	12	0,009	0,40	3,7	$l_{\min} = 0,20$ ; $l_{\max} = 0,60$ через 0,10 м

Вариант	Значения постоянных факторов						Переменные факторы и пределы их изменения
	$d$ , м	$u$ , м/с	$v$ , м/с	$b$ , м	$l$ , м	$q$ , Н	
6	0,20	0,020	14	0,008	0,35	3,4	$d_{\min} = 0,20; d_{\max} = 0,60$ через 0,10 м
7	0,30	0,020	14	0,008	0,35	3,4	$u_{\min} = 0,010; u_{\max} = 0,030$ через 0,005 м/с
8	0,40	0,015	12	0,009	0,35	3,7	$v_{\min} = 10; v_{\max} = 16$ через 2 м/с
9	0,50	0,015	12	0,009	0,45	3,7	$b_{\min} = 0,008; b_{\max} = 0,012$ через 0,001 м
10	0,60	0,010	12	0,009	0,45	3,7	$l_{\min} = 0,25; l_{\max} = 0,65$ через 0,10 м
11	0,25	0,020	16	0,009	0,35	3,7	$d_{\min} = 0,25; d_{\max} = 0,65$ через 0,10 м
12	0,35	0,020	16	0,009	0,35	3,7	$u_{\min} = 0,010; u_{\max} = 0,030$ через 0,005 м/с
13	0,45	0,015	16	0,009	0,45	3,7	$v_{\min} = 12; v_{\max} = 18$ через 2 м/с
14	0,55	0,015	14	0,010	0,45	3,7	$b_{\min} = 0,008; b_{\max} = 0,014$ через 0,001 м
15	0,65	0,010	14	0,010	0,55	4,5	$l_{\min} = 0,35; l_{\max} = 0,75$ через 0,10 м
16	0,30	0,025	16	0,009	0,40	3,7	$d_{\min} = 0,30; d_{\max} = 0,70$ через 0,10 м
17	0,40	0,025	16	0,009	0,40	3,7	$u_{\min} = 0,015; u_{\max} = 0,035$ через 0,005 м/с
18	0,50	0,020	14	0,012	0,40	4,5	$v_{\min} = 12; v_{\max} = 18$ через 2 м/с
19	0,60	0,020	14	0,012	0,70	4,5	$b_{\min} = 0,008; b_{\max} = 0,014$ через 0,001 м
20	0,70	0,020	14	0,012	0,70	4,5	$l_{\min} = 0,30; l_{\max} = 0,70$ через 0,10 м
21	0,35	0,030	18	0,014	0,45	10,0	$d_{\min} = 0,35; d_{\max} = 0,75$ через 0,10 м
22	0,45	0,030	18	0,014	0,45	10,0	$u_{\min} = 0,020; u_{\max} = 0,040$ через 0,005 м/с
23	0,55	0,025	18	0,014	0,45	10,0	$v_{\min} = 14; v_{\max} = 20$ через 2 м/с
24	0,65	0,025	16	0,024	0,75	20,0	$b_{\min} = 0,014; b_{\max} = 0,024$ через 0,001 м
25	0,75	0,020	16	0,024	0,70	20,0	$l_{\min} = 0,35; l_{\max} = 0,75$ через 0,10 м
26	0,20	0,030	18	0,014	0,50	10,0	$d_{\min} = 0,20; d_{\max} = 0,60$ через 0,10 м
27	0,30	0,030	18	0,014	0,50	10,0	$u_{\min} = 0,020; u_{\max} = 0,040$ через 0,005 м/с
28	0,40	0,025	18	0,014	0,50	10,0	$v_{\min} = 14; v_{\max} = 20$ через 2 м/с
29	0,50	0,025	16	0,024	0,90	20,0	$b_{\min} = 0,014; b_{\max} = 0,024$ через 0,001 м
30	0,60	0,020	16	0,024	0,90	20,0	$l_{\min} = 0,40; l_{\max} = 0,90$ через 0,10 м

### Результаты вычислений

Расчеты производятся по формуле (4.6) по программе вычислений на ПК. Результаты расчетов компьютер выдает в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (диаметр пропила, скорость резания и т. п.), а правый столбец цифр – мощность, расходуемую на пиление цепным пильным аппаратом в зависимости от величины изменяемого параметра.

### Обработка полученных результатов

По полученным данным строятся графики зависимостей мощности, расходуемой цепным пильным аппаратом на пиление

в зависимости от диаметра (высоты) пропила, скоростей резания и скорости подачи, ширины пропила и длины пильной шины. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

?

1. Назовите, какой фактор является одним из наиболее важных факторов процесса резания древесины и на что он оказывает прямое и существенное влияние.
2. Объясните, какие основные технологические факторы влияют на величину силы резания, как и почему так влияют.
3. Назовите основные факторы, оказывающие существенное влияние на расход мощности на пиление древесины цепным пильным механизмом.
4. Объясните, почему с увеличением скорости подачи мощность, расходуемая на пиление древесины, интенсивно возрастает.

# Глава 5

## АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТАХ

---

### *Задание № 3*

#### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность валочных и валочно-пакетирующих машин**

##### *Постановка задачи*

Машинная валка является более эффективной, чем валка бензиномоторными пилами, так как она позволяет сделать труд вальщиков более легким, производительным и безопасным.

Однако такая высокопроизводительная техника пока используется недостаточно эффективно. Одной из причин этого является то, что, наряду с односменным режимом работы, данные машины зачастую используются без должного учета природно-производственных условий и технологических параметров.

Известно, что основным показателем работы машины является ее производительность. Чтобы достичь высоких результатов данного параметра, необходимо знать, какие факторы и как влияют на производительность машины при валке деревьев.

Производственный опыт показывает, что на производительность валочных (ВМ) и валочно-пакетирующих (ВПМ) машин оказывают влияние средний объем хлыста, ликвидный запас древесины на 1 га, ширина разрабатываемой полосы леса за один проход и некоторые другие факторы.

Следовательно, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность валочных и валочно-пакетирующих машин от перечисленных выше и других природно-производственных факторов и технологических параметров машины.

### Решение задачи

Производительность валочной или валочно-пакетирующей машины циклического действия ( $\Pi, \text{м}^3$ ) в обобщенном виде выражается формулой

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п-3}}) \cdot \varphi_1 \cdot V_{\text{хл}} \cdot n \cdot m}{t_1 + t_{\text{ц}} \cdot n \cdot m + t_6}, \quad (5.1)$$

где  $T$  – время смены, с;  $t_{\text{п-3}}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени,  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $V_{\text{хл}}$  – средний объем хлыста,  $\text{м}^3$ ;  $n$  – число деревьев, срезаемых с одного рабочего положения (технологической стоянки) машины, шт.;  $m$  – число технологических стоянок (переездов) машины;  $t_1$  – время на переезды машины от дерева к дереву или с одной технологической стоянки на другую, с;  $t_{\text{ц}}$  – время цикла, с, включающее время  $t_2$  на подготовку дерева к спиливанию (захват, натяг и т. п.), время  $t_3$  на спиливание дерева, время  $t_4$  на сталкивание спиленного дерева, время  $t_5$  на укладку дерева в пакетформирующее устройство и его открытие и закрытие или же на землю;  $t_6$  – время на сброску сформированной пачки с машины на землю и выравнивание при необходимости комлей, с.

Число деревьев  $n$  вычисляется по формуле

$$n = \frac{(l_{\text{max}} - l_{\text{min}}) \cdot b \cdot Q_{\text{га}}}{10\,000 \cdot V_{\text{хл}}}, \quad (5.2)$$

где  $l_{\text{max}}, l_{\text{min}}$  – соответственно максимальный и минимальный вылеты гидроманипулятора, м;  $b$  – ширина полосы леса, разрабатываемой машиной, м;  $Q_{\text{га}}$  – ликвидный запас древесины на 1 га,  $\text{м}^3$ .

Для узкозахватных (рычажных) машин типа ВМ-4Б  $n = 1$ , для манипуляторных типа ЛП-19В  $n = 2-6$  шт.

Число технологических стоянок (переездов) машины  $m$ , необходимых для формирования пачки деревьев объемом  $V_{\text{п}}$ , вычисляется по формуле

$$m = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{хл}} \cdot n}. \quad (5.3)$$

Время на переезды машины от дерева к дереву или с одной технологической стоянки на другую  $t_1$  вычисляется по формуле

$$t_1 = \frac{10\,000 \cdot V_{\text{хл}} \cdot n}{Q_{\text{га}} \cdot b \cdot v_{\text{дв}}}, \quad (5.4)$$

где  $v_{\text{дв}}$  – средняя скорость движения машины при переездах, м/с.

Значения  $t_2, t_4, t_5, t_6$  обычно определяются хронометражными наблюдениями, а  $t_3$  может быть определено расчетом по формуле:

$$t_3 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4 \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2}, \quad (5.5)$$

где  $d_0$  – средний диаметр дерева в плоскости спиливания (в комле), м;  $\Pi_{\text{пил}}$  – производительность чистого пиления срезающего механизма, м<sup>2</sup>/с;  $\varphi_2$  – коэффициент использования производительности чистого пиления срезающего механизма,  $\varphi_2 = 0,7-0,8$ .

Из лесной таксации известно, что

$$d_0^2 = \frac{4 \cdot V_{\text{хл}}}{\pi \cdot f \cdot (H - 1,3)}, \quad (5.6)$$

где  $f$  – видовое число ствола, зависящее от коэффициента формы ствола;  $H$  – высота дерева, м.

Тогда

$$t_3 = \frac{V_{\text{хл}}}{f \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot (H - 1,3) \cdot \varphi_2}.$$

Приняв  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $\varphi_2 = 0,75$ ;  $f = 0,45$ , подставив полученные значения  $t_1, t_3, n$  и  $m$  в формулу (5.1) и сделав соответствующие преобразования, получим

$$\Pi = \frac{0,85 \cdot V_{\text{п}} \cdot (T - t_{\text{п-з}})}{\frac{10\,000 \cdot V_{\text{п}}}{b \cdot Q_{\text{га}} \cdot v_{\text{дв}}} + \left( t_2 + \frac{V_{\text{хл}}}{0,34 \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot (H - 1,3)} + t_4 + t_5 \right) \cdot \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{хл}}} + t_6}, \quad \text{м}^3. \quad (5.7)$$

Формула (5.7) представляет собой математическое описание процесса валки и пакетирования деревьев машинами в зависимости от различных природно-производственных факторов и технологических параметров машины. Из этой формулы видно, что основными факторами, оказывающими влияние на производительность машины на валке деревьев, являются средний объем хлыста  $V_{\text{хл}}$ , ликвидный запас древесины на 1 га  $Q_{\text{га}}$ , ширина полосы леса, разрабатываемая машиной,  $b$ , средняя скорость движения машины при



переездах от дерева к дереву или от одной технологической стойки до другой  $v_{дв}$  и производительность чистого пиления срезающего механизма  $\Pi_{пил}$ .

Для узкозахватных (рычажных) валочных машин типа ВМ-4, не имеющих пакетформирующего устройства,  $V_{п} = V_{хл}$  и  $t_6 = 0$ .

Машины ЛП-19В, МЛ-119А, МЛ-135, ЛП-60-01А имеют примерно одинаковый минимальный и максимальный вылет гидроманипулятора и формируют пачки деревьев на земле. Поэтому средний объем формируемых пачек зависит в основном от ликвидного запаса древесины на 1 га и характеризуется данными, приведенными в табл. 5.1.

Таблица 5.1

**Примерный объем формируемой пачки ВПМ в зависимости от ликвидного запаса древесины на 1 га**

Ликвидный запас древесины на 1 га $Q_{га}, м^3$	120	140	160	180	200	220	240
Средний объем формируемой пачки $V_{п}, м^3$	0,80	0,95	1,10	1,20	1,35	1,50	1,65

Средние значения высоты дерева для основных древесных пород (сосна, ель, осина, береза) в зависимости от объема хлыста для III разряда высот приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

**Высота дерева в зависимости от объема хлыста**

Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	Высота дерева $H, м$	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	Высота дерева $H, м$	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	Высота дерева $H, м$	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	Высота дерева $H, м$
0,1	14,0	0,6	21,0	1,1	22,5	1,6	23,5
0,2	16,5	0,7	21,5	1,2	22,5	1,7	24,0
0,3	18,0	0,8	21,5	1,3	23,0	1,8	24,0
0,4	20,0	0,9	22,0	1,4	23,0	1,9	25,0
0,5	21,0	1,0	22,0	1,5	23,5	2,0	25,0

В режиме валка – пакетирование (в – п) могут также работать и валочно-трелевочные машины (ВТМ) ЛП-58-01, ВМ-4Б. Объем пачки  $V_{п}$ , формируемой в конике ВТМ, зависит от марки машины и среднего объема хлыста (для ЛП-58-01  $V_{п} \leq 8 м^3$ , для ВМ-4Б  $V_{п} \leq 10 м^3$ ).

### Исходные данные для расчетов

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 5.3 и 5.4. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг их изменения.

Таблица 5.3

**Исходные данные для расчетов к заданию № 3**

Вариант	Марка машины	$Q_{га}, \text{м}^3/\text{га}$	$V_{хл}, \text{м}^3$	$V_{п}, \text{м}^3$	$b, \text{м}$
1	ЛП-19В	120	0,30	См. табл. 5.1	12,0
2	ВМ-4	120	0,40	$V_{п} = V_{хл}$	2,0
3	ВМ-4Б (в – п)	120	0,40	5,0	2,0
4	МЛ-135	120	0,20	См. табл. 5.1	10,0
5	ЛП-60-01А	120	0,20	См. табл. 5.1	12,0
6	ЛП-19В	140	0,50	См. табл. 5.1	13,0
7	ВМ-4	140	0,50	$V_{п} = V_{хл}$	2,5
8	ВМ-4Б (в – п)	140	0,50	5,5	2,5
9	МЛ-135	140	0,25	См. табл. 5.1	14,0
10	ЛП-58-01 (в – п)	140	0,40	5,0	4,5
11	ЛП-19В	160	0,50	См. табл. 5.1	14,0
12	ВМ-4	160	0,60	$V_{п} = V_{хл}$	3,0
13	ВМ-4Б	160	0,60	6,0	3,0
14	ЛП-60-01А	160	0,35	См. табл. 5.1	12,0
15	ЛП-58-01 (в – п)	160	0,50	5,0	6,0
16	МЛ-119А	180	0,50	См. табл. 5.1	15,0
17	ВМ-4	180	0,70	$V_{п} = V_{хл}$	2,5
18	ВМ-4Б	180	0,70	6,5	2,5
19	МЛ-119А	180	0,40	См. табл. 5.1	12,0
20	ЛП-58-01 (в – п)	180	0,60	5,5	4,0
21	ЛП-19В	200	0,60	См. табл. 5.1	16,0
22	ВМ-4	200	0,80	$V_{п} = V_{хл}$	2,5
23	ВМ-4Б	200	0,80	7,0	2,5
24	МЛ-135	200	0,15	См. табл. 5.1	14,0
25	ЛП-58-01 (в – п)	200	0,50	6,0	5,0
26	ЛП-19В	220	0,70	См. табл. 5.1	14,0
27	ВМ-4Б	220	0,90	8,0	3,0
28	ЛП-60-01А	160	0,30	См. табл. 5.1	12,0
29	МЛ-119А	160	0,30	См. табл. 5.1	16,0
30	ЛП-58-01 (в – п)	180	0,40	4,5	4,5

Таблица 5.4

## Дополнительные исходные данные для расчетов к заданию № 3

Показатель	Значение показателя для машин				
	ЛП-60-01А ЛП-19В, МЛ-119А	ВМ-4 (валка)	ВМ-4Б (в – п)	МЛ-135	ЛП-58-01 (в – п)
$Q_{га}, м^3/га$	Принимать согласно варианту. Если $Q_{га}$ изменяется, принимать от 120 до 240 через 20 $м^3/га$ для всех машин				
$V_{п}, м^3$	Зависит от $Q_{га}$ . Принимать по табл. 5.1	Не формирует пачку. Принимать $V_{п} = V_{хл}$	Принимать $V_{п}$ согласно варианту		
$V_{хл}, м^3$	Принимать согласно варианту. Если $V_{хл}$ изменяется, принимать:				
	от 0,2 до 0,8 через 0,1 $м^3$	от 0,4 до 1,0 через 0,1 $м^3$		от 0,15 до 0,45 через 0,05 $м^3$	от 0,2 до 0,8 через 0,1 $м^3$
$v_{дв}, м/с$	0,61	0,62	0,62	0,80	0,62
	Если $v_{дв}$ изменяется, принимать от 0,56 до 1,01 через 0,05 м/с				
$b, м$	Принимать согласно варианту. Если $b$ изменяется, принимать:				
	от 10 до 20 через 2 м	–	–	от 10 до 20 через 2 м	от 3 до 7 через 1 м
$\Pi_{пил}, м^2/с$	0,020	0,015	0,015	0,030	0,020
	Если $\Pi_{пил}$ изменяется, принимать от 0,010 до 0,030 через 0,005 $м^2/с$				
$H, м$	Так как $H$ зависит от $V_{хл}$ , принимать $H$ для всех машин по табл. 5.2				
$T, с$	25 200				
$t_{п-з}, с$	2400				
$t_2, с$	20	16	16	16	18
$t_4, с$	0	4	4	0	4
$t_5, с$	16	10	20	20	20
$t_6, с$	0	0	210	0	210

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.7) на ПК. Результаты расчетов компьютер выводит в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность машины в зависимости от изменяемого параметра.

## Обработка полученных результатов

По полученным данным строятся графики изменения производительности машины в зависимости от объема хлыста, ликвидного запаса древесины на 1 га, ширины полосы леса, разрабатываемой машиной за один проход, скорости движения машины при переездах с одной технологической стоянки на другую, производительности чистого пиления срезающего механизма. Образец графика приведен на рис. 5.1.

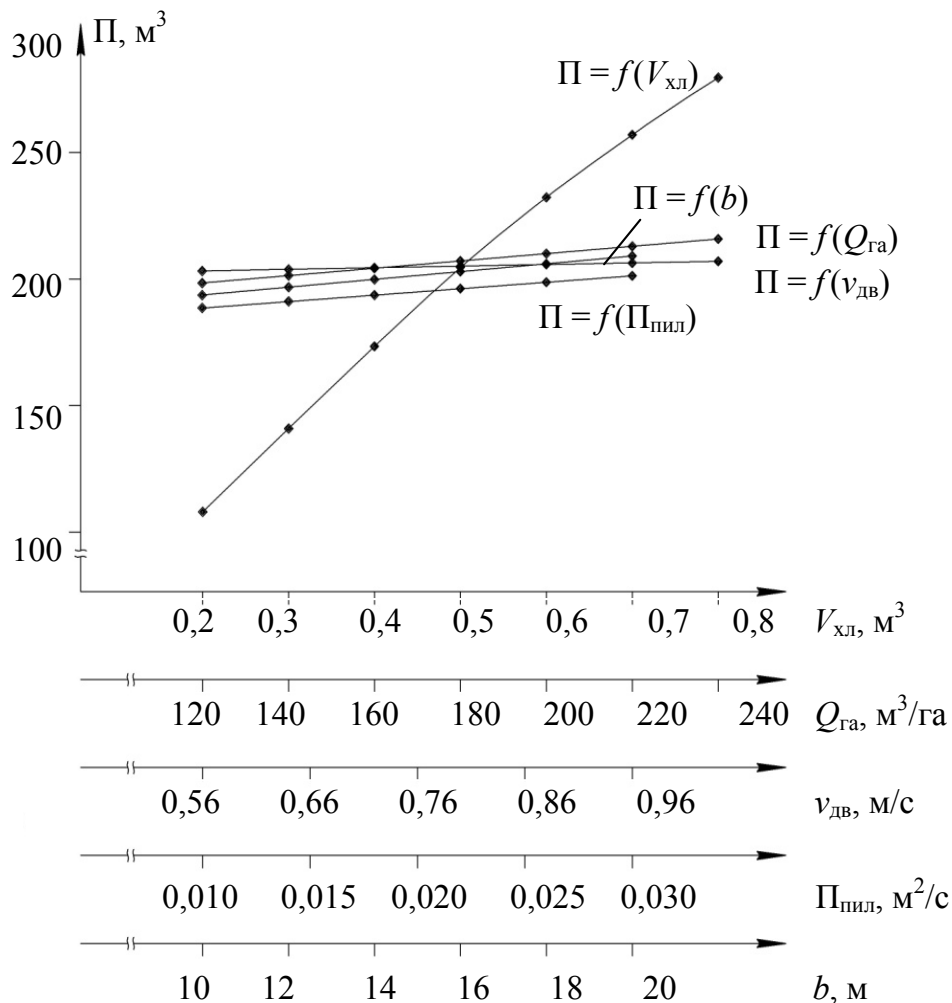


Рис. 5.1. Графики зависимости производительности ВПМ ЛП-19В от различных факторов

Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями. Например: из графика  $\Pi = f(V_{\text{хл}})$  видно, что с увеличением объема хлыста производительность ВПМ интенсивно возрастает, хотя для спиливания более крупного дерева потребу-

ется больше времени. Обусловлено это тем, что при увеличении объема хлыста время на спиливание более крупного дерева возрастает значительно медленнее, чем прирост объема заготовленной древесины за это время, и, как следствие, затраты времени на заготовку 1 м<sup>3</sup> древесины уменьшаются.

#### **Задание № 4**

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность валочно-трелевочных машин**

#### *Постановка задачи*

Валочно-трелевочные машины (ВТМ) относятся к многооперационным машинам, так как позволяют производить валку деревьев, формирование их в пачки и доставку (трелевку) сформированных пачек на погрузочный пункт или верхний склад. При необходимости они могут работать в режимах валка – пакетирование и валка деревьев.

Благодаря универсальности ВТМ получили применение на лесозаготовках в странах СНГ. Достоинством этих машин является то, что они исключают ручной труд, и то, что не требуется создавать на лесосеке межоперационные запасы, так как заготовленная древесина сразу же доставляется на погрузочный пункт. При этом более полно используется мощность двигателя машины по сравнению с валочными и валочно-пакетирующими машинами.

Однако данная высокопроизводительная техника не всегда используется эффективно, так как не в должной мере учитываются природно-производственные и другие факторы. Чтобы достичь высокой производительности, необходимо знать, какие факторы и как на нее влияют. Производственный опыт показывает, что основными факторами являются средний объем хлыста и расстояние трелевки. Кроме того, на производительность оказывают влияние и такие факторы, как запас леса на 1 га, вылет манипулятора и скорость движения машины.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: определить, как изменяется производительность ВТМ в зависимости от указанных природно-производственных факторов и технологических параметров машины.

### Решение задачи

Математическое описание процесса валки – трелевки имеет следующий вид:

$$\Pi = \frac{0,85 \cdot (T - t_{п-3}) \cdot V_{п}}{\frac{10\,000 \cdot V_{п}}{Q_{га} \cdot b \cdot v_{дв}} + \left( t_2 + \frac{V_{хл}}{0,34 \cdot \Pi_{пил}} \cdot (H - 1,3) + t_4 + t_5 \right) \cdot \frac{V_{п}}{V_{хл}} + \frac{S}{v_{рх}} + \frac{S}{v_{хх}} + t_6}, \quad (5.8)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с,  $T = 25\,200$  с (7 ч);  $t_{п-3}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с,  $t_{п-3} = 2400$  с;  $V_{п}$  – объем формируемой пачки деревьев, м<sup>3</sup>;  $Q_{га}$  – средний запас леса на 1 га, м<sup>3</sup>;  $b$  – ширина полосы леса, разрабатываемой машиной, м;  $v_{дв}$  – средняя скорость движения машины при переездах, м/с;  $V_{хл}$  – средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $t_2$  – время на подготовку дерева к спилу, с;  $\Pi_{пил}$  – производительность чистого пиления срезающего механизма, м<sup>2</sup>/с;  $H$  – высота ствола дерева, м;  $t_4$  – время на сталкивание спиленного дерева, с;  $t_5$  – время на укладку дерева в пакетформирующее устройство, с;  $S$  – среднее расстояние трелевки, м;  $v_{рх}$  – средняя скорость движения машины с грузом (пачкой), м/с;  $v_{хх}$  – средняя скорость движения машины без груза (порожним ходом на лесосеку), м/с;  $t_6$  – время на разгрузку пачки на погрузочном пункте и выравнивание комлей, с.

### Исходные данные для расчетов

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов, они сведены в табл. 5.5 и 5.6. По каждому варианту указана марка ВТМ и приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 5.5

**Исходные данные для расчетов к заданию № 4**

Вариант	Марка машины	$Q_{га}$ , м <sup>3</sup> /га	$V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	$V_{п}$ , м <sup>3</sup>	$b$ , м	$S$ , м	$v_{рх}$ , м/с	$v_{хх}$ , м/с
1	ЛП-58-01	140	0,25	3,5	5,5	150	0,94	1,80
2	ЛП-58-01	140	0,30	5,0	5,0	150	0,80	1,68
3	ВМ-4Б	140	0,40	6,0	2,0	200	0,80	1,56
4	ЛП-58-01	140	0,35	4,5	6,0	200	0,94	1,80
5	ЛП-58-01	140	0,25	4,0	5,0	200	0,94	1,80
6	ЛП-58-01	140	0,40	5,5	5,5	200	0,82	1,68
7	ЛП-58-01	140	0,50	5,0	6,5	250	0,80	1,68
8	ВМ-4Б	140	0,50	5,5	2,5	250	0,80	1,56
9	ЛП-58-01	160	0,30	4,5	5,5	250	0,94	1,80

Вариант	Марка машины	$Q_{га}$ , м <sup>3</sup> /га	$V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	$V_{п}$ , м <sup>3</sup>	$b$ , м	$S$ , м	$v_{рх}$ , м/с	$v_{хх}$ , м/с
10	ЛП-58-01	160	0,35	5,5	6,5	150	0,94	1,80
11	ЛП-58-01	160	0,25	5,0	7,0	150	0,80	1,68
12	ЛП-58-01	160	0,40	6,0	6,0	200	0,80	1,56
13	ВМ-4Б	160	0,60	7,0	3,0	200	0,94	1,80
14	ЛП-58-01	160	0,25	5,0	5,0	200	0,94	1,80
15	ЛП-58-01	160	0,40	5,0	6,5	200	0,82	1,68
16	ЛП-58-01	160	0,50	6,0	6,0	250	0,80	1,68
17	ВМ-4Б	180	0,50	7,5	2,5	250	0,80	1,56
18	ЛП-58-01	180	0,30	5,5	7,0	250	0,94	1,80
19	ЛП-58-01	180	0,35	6,5	6,0	150	0,94	1,80
20	ЛП-58-01	180	0,60	6,0	6,5	150	0,80	1,68
21	ЛП-58-01	180	0,50	5,0	5,5	150	0,82	1,68
22	ЛП-58-01	180	0,30	4,5	5,0	200	0,94	1,80
23	ВМ-4Б	180	0,80	7,0	2,5	200	0,80	1,56
24	ЛП-58-01	180	0,25	4,0	5,0	200	0,94	1,80
25	ЛП-58-01	200	0,50	6,0	5,0	200	0,80	1,68
26	ЛП-58-01	200	0,45	5,5	6,0	200	0,82	1,70
27	ВМ-4Б	200	0,90	8,0	2,0	200	0,80	1,56
28	ВМ-4Б	200	0,65	6,0	2,0	250	0,80	1,56
29	ЛП-58-01	200	0,30	4,0	6,5	250	0,94	1,80
30	ЛП-58-01	200	0,40	5,0	5,5	250	0,80	1,68

Таблица 5.6

## Дополнительные исходные данные для расчетов к заданию № 4

Показатель	Значения показателей машин	
	ВМ-4Б	ЛП-58-01
$Q_{га}$ , м <sup>3</sup> /га	Принимать согласно варианту. Если $Q_{га}$ изменяется, принимать от 120 до 240 через 20 м <sup>3</sup> /га для всех машин	
$V_{п}$ , м <sup>3</sup>	Принимать согласно варианту	
$V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	Принимать согласно варианту. Если $V_{хл}$ изменяется, принимать:	
	от 0,4 до 1,6 через 0,2 м <sup>3</sup>	от 0,2 до 1,0 через 0,2 м <sup>3</sup>
$v_{дв}$ , м/с	0,62	0,62
$b$ , м	Принимать согласно варианту. Если $b$ изменяется, принимать от 3 до 7 через 1 м	
$\Pi_{пил}$ , м <sup>2</sup> /с	0,015	0,020
$S$ , м	Принимать согласно варианту. Если $S$ изменяется, принимать от 100 до 500 через 50 м	
$t_2$ , с	16	18
$t_4$ , с	4	4
$t_5$ , с	20	22
$t_6$ , с	210	210

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.8) на ПК. Результаты расчетов компьютер выдает в виде табличных данных, в которых левый столбец представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность машины в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности ВТМ в зависимости от среднего объема хлыста, среднего расстояния трелевки, ликвидного запаса древесины на 1 га и ширины полосы леса, разрабатываемой ВТМ за один проход. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями, как и в задании № 3.

### *Задание № 5*

## **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин манипуляторного типа**

### *Постановка задачи*

Объемы заготовки сортиментов на лесосеке в Беларуси с каждым годом увеличиваются благодаря сокращению номенклатуры заготавливаемых сортиментов; возможности их прямой доставки потребителям, минуя в большинстве случаев нижние склады; созданию высокопроизводительной лесозаготовительной техники. Особенно перспективными и технологичными являются валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины (ВСРМ) манипуляторного типа, применение которых позволяет исключить ручной труд, сделать труд рабочего-лесозаготовителя более легким, производительным и безопасным.

Хотя валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины высокопроизводительная и дорогостоящая техника, но зачастую используется недостаточно эффективно. Одной из причин недостаточно эффективного применения ВСРМ является то, что наряду с односменным режимом работы они часто используются



без должного учета природно-производственных условий и технологических параметров машины.

Основным показателем работы ВСРМ является их производительность, на которую в конкретных природно-производственных условиях влияют различные факторы, такие как объем хлыста, ширина разрабатываемой полосы леса машиной, запас древесины на 1 га, скорость протаскивания дерева через сучкорезное устройство и др.

Следовательно, задача может быть сформулирована так: исследовать, как изменяется производительность ВСРМ на заготовке сортиментов в зависимости от перечисленных выше и других природных факторов и технологических параметров машины.

#### *Решение задачи*

Производительность (ВСРМ) в обобщенном виде выражается формулой

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot V_{хл} \cdot n}{t_1 + t_{ц} \cdot n}, \quad (5.9)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $V_{хл}$  – средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $n$  – число деревьев, срезаемых и обрабатываемых с одной рабочей позиции (с одной технологической стоянки) машины, шт.;  $t_1$  – время на переезд машины с одной рабочей позиции на другую, с;  $t_{ц}$  – время на спиливание и обработку (очистку от сучьев и раскряжевку) одного дерева, с.

Чтобы можно было, используя формулу (5.9), анализировать влияние различных природно-производственных факторов и технологических параметров машины на ее производительность, требуется детализация этой формулы.

Число деревьев, срезаемых и обрабатываемых с одной рабочей позиции машины, зависит от ширины полосы леса  $b$ , разрабатываемой машиной за один проход; ширины ленты  $a$ , осваиваемой с одной рабочей позиции (рис. 5.2); ликвидного запаса древесины на 1 га  $Q_{га}$ ; интенсивности рубки  $i$  насаждения; среднего объема хлыста  $V_{хл}$  и равно

$$n = \frac{a \cdot b \cdot Q_{\text{га}} \cdot i}{10\,000 \cdot V_{\text{хл}}} \quad (5.10)$$

ВСРМ манипуляторного типа может срезать и обрабатывать деревья спереди по ходу движения машины, а также справа и (или) слева, что зависит от конструкции машины. В этом случае ширина ленты, осваиваемая ВСРМ с одной рабочей позиции, будет зависеть от максимального  $l_{\text{max}}$  и минимального  $l_{\text{min}}$  вылета манипулятора.

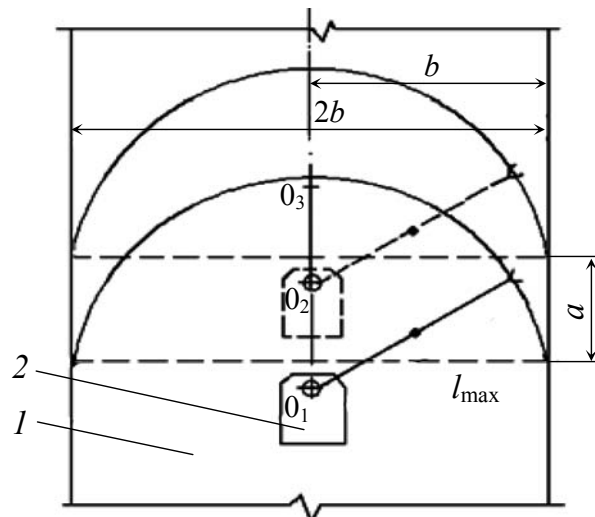


Рис. 5.2. Схема для расчета ширины полосы леса ( $b$ ,  $2b$ ), разрабатываемой ВСРМ за один проход, и ширины ленты ( $a$ ), осваиваемой ВСРМ с одной рабочей позиции:  
 $1$  – полоса леса, разрабатываемая ВСРМ;  $2$  – ВСРМ;  
 $0_1$ ,  $0_2$ ,  $0_3$  – рабочие позиции ВСРМ;  
 $l_{\text{max}}$  – максимальный вылет манипулятора

Исходя из 95%-й доступности деревьев для ВСРМ и необходимости укладки заготавливаемых сортиментов у волока перпендикулярно к нему, а сучьев и ветвей на волоке, если необходимо его укрепление, или у волока, если планируется использовать их на промышленные или бытовые цели:

$$a = \frac{l_{\text{max}} - l_{\text{min}}}{2},$$

что практически составляет  $0,4l_{\text{max}}$ .

Ширина разрабатываемой полосы леса ВСРМ зависит от величины максимального вылета манипулятора, конструкции

машины и принятой технологии работ и может быть равна  $l_{\max}$  или же  $2l_{\max}$ .

Интенсивность рубки насаждения зависит от вида рубки. При сплошных рубках  $i = 1$ , при рубках ухода  $i = 0,3-0,4$ .

Среднее время на переезды ВСРМ с одной рабочей позиции на другую вычисляется по формуле

$$t_1 = \frac{a}{v_{\text{дв}}}, \quad (5.11)$$

где  $v_{\text{дв}}$  – средняя скорость движения ВСРМ при переезде с одной рабочей позиции на другую или от дерева к дереву, м/с.

Время на спиливание и обработку одного дерева составляет

$$t_{\text{ц}} = t_2 + t_3 + t_4 + t_7 + t_8, \quad (5.12)$$

где  $t_2$  – время на подготовку дерева к спиливанию (подвод срезающего механизма к дереву и захват дерева), с;  $t_3$  – время на спиливание дерева, с;  $t_4$  – время на сталкивание (повал) спиленного дерева, с;  $t_7$  – время на очистку дерева от сучьев, с;  $t_8$  – время на раскрыжевку хлыста, с.

Значения  $t_2$  и  $t_4$  целесообразно определять по данным хронометражных наблюдений, а  $t_3$  может быть рассчитано по формуле

$$t_3 = \frac{V_{\text{хл}}}{\Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot f \cdot (H - 1,3)}, \quad (5.13)$$

где  $\Pi_{\text{пил}}$  – производительность чистого пиления срезающего механизма, м<sup>2</sup>/с;  $\varphi_2$  – коэффициент использования производительности чистого пиления срезающего механизма,  $\varphi_2 = 0,7-0,8$ ;  $f$  – видовое число ствола, зависящее от коэффициента его формы;  $H$  – средняя высота спиливаемых деревьев, м, она зависит от среднего диаметра деревьев на высоте груди и разряда высот и может быть определена по материалам отвода насаждений в рубку.

Время на очистку одного дерева от сучьев составляет

$$t_7 = \frac{H - kH - l_{\text{в}}}{u_{\text{ср}}}, \quad (5.14)$$

где  $k$  – коэффициент, показывающий, какая часть длины дерева протаскивается через сучкорезный механизм за время падения дерева;  $l_{\text{в}}$  – средняя длина вершины дерева, не подлежащая очистке

от сучьев, м;  $u_{\text{ср}}$  – средняя скорость протаскивания дерева через сучкорезный механизм с учетом замедления скорости перед каждым пропилом в процессе раскряжевки, м/с.

Время на раскряжевку хлыста составляет

$$t_8 = \frac{d_{\text{ср}} \cdot m_{\text{р}}}{u_{\text{н}}}, \quad (5.15)$$

где  $d_{\text{ср}}$  – средний диаметр пропилов, м, обычно за  $d_{\text{ср}}$  принимается диаметр дерева на половине его высоты;  $u_{\text{н}}$  – средняя скорость надвигания пильного механизма на хлыст, м/с, зависящая от конструкции пильного механизма и мощности двигателя, т. е. от производительности чистого пиления пильного механизма;  $m_{\text{р}}$  – число пропилов (резов) на один хлыст, шт., которое зависит от длины хлыста и средней длины выпиливаемых сортиментов  $l_{\text{ср}}$ :

$$m_{\text{р}} = \frac{H - l_{\text{в}}}{l_{\text{ср}}}.$$

С учетом вышесказанного формула (5.15) примет следующий вид:

$$t_8 = \frac{\pi \cdot d_{\text{ср}}^2 \cdot (H - l_{\text{в}})}{4 \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot l_{\text{ср}}}. \quad (5.16)$$

Подставив полученные значения величин  $t_3$ ,  $t_7$  и  $t_8$  из формул (5.13), (5.14) и (5.16) в формулу (5.12), получим

$$t_{\text{ц}} = t_2 + \frac{V_{\text{хл}}}{\Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot f \cdot (H - 1,3)} + t_4 + \frac{H - kH - l_{\text{в}}}{u_{\text{ср}}} + \frac{\pi \cdot d_{\text{ср}}^2 \cdot (H - l_{\text{в}})}{4 \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot l_{\text{ср}}}. \quad (5.17)$$

Подставив полученные значения  $n$ ,  $t_1$  и  $t_{\text{ц}}$  из формул (5.10), (5.11), (5.17) в формулу (5.9) и сделав соответствующие преобразования, получим развернутое выражение производительности ВСРМ манипуляторного типа:

$$\Pi = \frac{10^{-4} \cdot (T - t_{\text{п-3}}) \cdot \varphi_1 \cdot a \cdot b \cdot Q_{\text{га}} \cdot i}{\frac{a}{v_{\text{дв}}} + \left[ \begin{array}{l} t_2 + \frac{V_{\text{хл}}}{\Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot f \cdot (H - 1,3)} + t_4 + \\ + \frac{H - kH - l_{\text{в}}}{u_{\text{ср}}} + \frac{\pi \cdot d_{\text{ср}}^2 \cdot (H - l_{\text{в}})}{4 \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot l_{\text{ср}}} \end{array} \right] \frac{a \cdot b \cdot Q_{\text{га}} \cdot i}{10^4 \cdot V_{\text{хл}}}}. \quad (5.18)$$

Формула (5.18) представляет собой математическое описание процесса заготовки на лесосеке сортиментов ВСРМ. Она с достаточной точностью и достоверностью позволяет анализировать производительность этих машин в зависимости от их технологических параметров (скорости движения машины с одной рабочей позиции на другую  $v_{дв}$ ; ширины полосы леса  $b$ , разрабатываемой машиной за один проход; производительности чистого пиления пильного механизма  $\Pi_{пил}$  и др.) и природных факторов (среднего объема хлыста  $V_{хл}$ , ликвидного запаса древесины на 1 га  $Q_{га}$ , породы и других факторов).

### *Исходные данные для расчетов*

Необходимые исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов, они сведены в табл. 5.7 и 5.8. По каждому варианту приводятся значения постоянных факторов, значения переменных факторов, пределы и шаг их изменения.

Для расчетов производительности ВСРМ необходимо знать взаимосвязь между объемом хлыста, его высотой и диаметром ствола на половине его длины. Для основных древесных пород Беларуси (сосна, ель, береза, осина) III разряда высот эта взаимосвязь характеризуется данными табл. 5.9.

Таблица 5.7

**Исходные данные для расчетов к заданию № 5  
(значения постоянных величин)**

Вариант	$V_{хл}, м^3$	$b, м$	$Q_{га}, м^3/га$	$l_{ср}, м$	$u_{ср}, м/с$	$\Pi_{пил}, м^2/с$	$v_{дв}, м/с$	$i$
1	0,10	10,0	140	3,0	3,2	0,020	0,80	1,0
2	0,10	10,0	160	3,0	3,2	0,020	0,80	1,0
3	0,10	10,0	180	3,0	3,2	0,020	0,80	0,2
4	0,15	10,0	140	3,0	3,2	0,020	0,80	1,0
5	0,15	10,0	160	4,0	3,2	0,020	0,80	1,0
6	0,15	10,0	180	4,0	3,2	0,020	0,80	0,2
7	0,15	10,0	200	4,0	3,2	0,018	0,80	0,2
8	0,20	10,0	140	4,0	2,8	0,018	0,75	1,0
9	0,20	10,0	160	4,5	2,8	0,018	0,75	1,0
10	0,20	10,0	180	4,5	2,8	0,018	0,75	0,3
11	0,20	10,0	200	4,5	2,8	0,018	0,75	0,3
12	0,25	9,0	140	4,5	2,8	0,018	0,75	1,0

Вариант	$V_{\text{хл}}, \text{м}^3$	$b, \text{м}$	$Q_{\text{га}}, \text{м}^3/\text{га}$	$l_{\text{ср}}, \text{м}$	$u_{\text{ср}}, \text{м/с}$	$\Pi_{\text{пил}}, \text{м}^2/\text{с}$	$v_{\text{дв}}, \text{м/с}$	$i$
13	0,25	9,0	160	4,5	2,8	0,016	0,75	1,0
14	0,25	9,0	180	4,5	2,4	0,016	0,75	1,0
15	0,25	9,0	200	4,5	2,4	0,016	0,70	0,3
16	0,30	9,0	220	5,0	2,4	0,016	0,70	0,3
17	0,30	9,0	160	5,0	2,4	0,016	0,70	1,0
18	0,30	9,0	180	5,0	2,4	0,016	0,70	1,0
19	0,30	9,0	200	5,0	2,4	0,014	0,70	0,4
20	0,35	8,0	220	5,0	2,0	0,014	0,70	0,4
21	0,35	8,0	160	5,5	2,0	0,014	0,70	1,0
22	0,35	8,0	180	5,5	2,0	0,014	0,65	1,0
23	0,40	8,0	200	5,5	2,0	0,014	0,65	0,2
24	0,40	8,0	220	5,5	2,0	0,014	0,65	0,3
25	0,40	8,0	160	5,5	2,0	0,012	0,65	1,0
26	0,50	8,0	180	6,0	1,6	0,012	0,65	1,0
27	0,50	8,0	200	6,0	1,6	0,012	0,60	1,0
28	0,50	8,0	220	6,0	1,6	0,012	0,60	1,0
29	0,60	7,5	180	6,0	1,6	0,012	0,60	0,3
30	0,60	7,5	200	6,0	1,6	0,012	0,60	0,3

*Примечание.* Для всех вариантов  $T = 25\ 200$  с (7 ч);  $t_{\text{п-з}} = 2400$  с;  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $\varphi_2 = 0,75$ ;  $f = 0,45$ ;  $t_2 = 30$  с;  $t_4 = 10$  с;  $k = 1,1$ ;  $l_{\text{в}} = 1,2$  м;  $l_{\text{max}} = 10$  м.

Таблица 5.8

**Исходные данные для расчетов к заданию № 5  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	мини-мальное	макси-мальное	
Объем хлыста $V_{\text{хл}}, \text{м}^3$	0,1	0,6	0,1
Запас на 1 га $Q_{\text{га}}, \text{м}^3$	140	240	20
Средняя скорость протаскивания дерева через сучкорезный механизм $u_{\text{ср}}, \text{м/с}$	1,6	3,6	0,4
Ширина разрабатываемой полосы леса $b, \text{м}$	4,0	12,0	2,0
Средняя длина выпиливаемых сортиментов $l_{\text{ср}}, \text{м}$	3,0	7,0	1,0
Производительность чистого пиления $\Pi_{\text{пил}}, \text{м}^2/\text{с}$	0,012	0,020	0,002
Интенсивность рубки насаждений $i$	0,2	1,0	0,2

**Высота дерева и диаметр ствола на середине высоты в зависимости от объема хлыста**

Объем хлыста $V_{хл}, \text{ м}^3$	Высота дерева $H, \text{ м}$	Диаметр ствола на середине высоты $d_{ср}, \text{ см}$	Объем хлыста $V_{хл}, \text{ м}^3$	Высота дерева $H, \text{ м}$	Диаметр ствола на середине высоты $d_{ср}, \text{ см}$
0,1	14,0	9,0	0,9	22,0	23,0
0,2	16,5	12,0	1,0	22,0	24,0
0,3	18,0	14,5	1,1	22,5	25,0
0,4	20,0	16,0	1,2	22,5	26,0
0,5	21,0	17,5	1,3	23,0	27,0
0,6	21,0	19,0	1,4	23,0	28,0
0,7	21,5	20,5	1,5	23,5	28,5
0,8	21,5	21,5	1,6	23,5	29,5

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.18) на ПЭВМ. Результаты вычислений компьютер выводит в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (объем хлыста, запас на 1 га, ширина разрабатываемой полосы леса и т. д.), а правый – производительность машины в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности машины в зависимости от объема хлыста, запаса на 1 га, ширины разрабатываемой полосы леса и от других изменяемых параметров. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями, почему такие зависимости.

## **Задание № 6**

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

#### *Постановка задачи*

Цепные пилы изготавливаются в виде переносных моторных пил (ручной механизированный инструмент) или рабочего органа лесозаготовительных машин, выполняющих срезание деревьев

и (или) раскряжевку хлыстов. Бензиномоторные пилы применяются на лесосечных работах для срезания деревьев при валке, очистке деревьев от сучьев, раскряжевке хлыстов, заделке габаритов воза, а также при выполнении подготовительных работ и очистке лесосек. Они имеют невысокую стоимость и достаточно производительны. Основным недостатком бензиномоторных пил является то, что механизмуется только процесс спиливания дерева.

Основным показателем работы бензиномоторных пил является их производительность, на достижение высоких результатов которой при валке деревьев и раскряжевке хлыстов оказывают влияние различные природно-производственные факторы.

Следовательно, задача может быть сформулирована так: исследовать, как изменяется производительность бензиномоторных пил при валке деревьев и раскряжевке хлыстов на сортименты в зависимости от среднего объема хлыста, мощности двигателя бензиномоторной пилы, средней длины выпиливаемых сортиментов и ширины пропила.

#### *Решение задачи*

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

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п-з}}) \cdot \phi_1 \cdot V_{\text{хл}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (5.19)$$

где  $T$  – время смены, с;  $t_{\text{п-з}}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\phi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $V_{\text{хл}}$  – средний объем хлыста,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{ц}}$  – время цикла (время, затрачиваемое на выполнение пропилов с учетом их количества и переходы оператора бензиномоторной пилы в процессе пиления).

Время цикла составляет:

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

где  $t_{\text{п}}$  – время, затрачиваемое на один пропил, с;  $m_{\text{р}}$  – число пропилов, приходящихся 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. 5.10).

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

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

Таблица 5.10

**Значения коэффициента  $k_{п}$**

Выполняемая операция	Значения коэффициента $k_{п}$ 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	6,67	5,00	4,00	3,34	2,86	2,50	2,22
– с помощником	3,34	2,50	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11
Раскряжевка хлыстов	2,50	2,22	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11

Время, затрачиваемое на один пропил, рассчитывается по формуле

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

где  $d_{п}$  – диаметр пропила, м (при валке деревьев  $d_{п} = d_c$  – диаметру комля; при раскряжевке  $d_{п} = d_{cp}$  – 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 на высоте, равной 1,3 м (на высоте груди),  $d_{1,3}$ , 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, диаметра ствола на высоте 1,3 м, диаметра ствола на середине высоты в зависимости от объема хлыста приведены в табл. 5.11.

Таблица 5.11

**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 (4.1):

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

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  $h_{ср} = 0,8 \cdot d_c$ , 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, равняется

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

где  $P$  – мощность двигателя бензиномоторной пилы, кВт;  $\eta$  – КПД передачи мощности от двигателя к пильной цепи;  $\mu$  – коэффициент трения цепи о шину, при работе цепи с постоянной смазкой  $\mu = 0,10$ – $0,15$ , при периодической смазке  $\mu = 0,15$ – $0,20$ .

Сила резания, определяемая по ручному надвиганию, равняется

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

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

### Исходные данные для расчетов

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов, они сведены в табл. 5.12 и 5.13. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 5.12

**Исходные данные для расчетов к заданию № 6  
(значения постоянных величин)**

Вариант	$V_{хл}, м^3$	$P, кВт$	$l_{ср}, м$	$b, м$	$v, м/с$	Способ валки деревьев
1	0,25	3,6	4,5	0,009	11,2	одним рабочим
2	0,20	3,2	5,0	0,010	12,5	с помощником
3	0,35	3,8	6,0	0,012	10,6	одним рабочим
4	0,40	4,0	4,0	0,008	13,1	с помощником
5	0,25	2,9	5,5	0,009	10,2	одним рабочим
6	0,35	3,5	4,0	0,0085	11,5	с помощником
7	0,55	5,1	4,5	0,0095	12,1	одним рабочим
8	0,60	5,4	5,0	0,010	12,6	с помощником
9	0,35	3,6	5,5	0,012	11,1	одним рабочим
10	0,20	2,8	6,0	0,008	11,5	с помощником
11	0,23	3,3	5,5	0,0095	12,2	одним рабочим
12	0,24	3,1	5,0	0,011	12,5	с помощником
13	0,37	3,8	6,0	0,012	11,6	одним рабочим
14	0,42	4,4	4,0	0,0084	12,1	с помощником
15	0,25	2,9	5,5	0,0092	10,4	одним рабочим
16	0,45	5,5	4,0	0,0095	11,2	с помощником
17	0,60	6,1	4,5	0,0085	11,1	одним рабочим
18	0,40	3,4	5,0	0,012	12,4	с помощником
19	0,25	3,6	5,5	0,012	12,1	одним рабочим
20	0,27	2,9	6,0	0,008	11,1	с помощником
21	0,29	3,3	3,5	0,009	11,2	одним рабочим
22	0,21	3,1	4,0	0,012	12,1	с помощником
23	0,27	3,8	5,0	0,010	11,2	одним рабочим
24	0,32	3,4	4,5	0,009	10,1	с помощником
25	0,35	2,9	5,5	0,0095	13,4	одним рабочим
26	0,25	3,5	5,0	0,009	12,2	с помощником
27	0,35	3,1	3,5	0,011	10,1	одним рабочим
28	0,34	3,4	5,5	0,012	12,2	с помощником
29	0,27	3,6	6,5	0,010	12,7	одним рабочим
30	0,29	2,9	6,0	0,008	11,5	с помощником

*Примечание.* Для всех вариантов  $T = 25\ 200$  с;  $t_{п-3} = 2400$  с;  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $\varphi_2 = 0,75$ ;  $l_B = 0,7$  м;  $k_w = 70 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>.

**Исходные данные для расчетов к заданию № 6  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	минимальное	максимальное	
Объем хлыста $V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	0,1	0,6	0,1
Мощность двигателя бензопилы $P$ , кВт	2	6	1
Средняя длина выпиливаемых сортов $l_{ср}$ , м	4	6	0,5
Ширина пропила $b$ , м	0,008	0,012	0,001

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.19) на ПЭВМ. Результаты расчетов выводятся на экран в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность машины в зависимости от изменяемого параметра.

*Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности бензиномоторной пилы в зависимости от объема хлыста, мощности двигателя, средней длины выпиливаемых сортов, ширины пропила. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями, почему такие зависимости.

*Задание № 7*

**Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность сучкорезных машин**

*Постановка задачи*

Исходя из конкретных производственных условий, обрезка сучьев самоходными сучкорезными машинами может производиться: на верхнем или промежуточном складе, на пасеке или непосредственно у пня; на трассе лесовозного уса при его строительстве; с протаскиванием дерева при захвате его за комель или вершину; с подсортировкой или без подсортировки хлыстов.

Основным местом работы сучкорезных машин является верхний склад. Процесс очистки деревьев от сучьев сучкорезной машиной включает следующие операции: захват и подачу дерева в сучкорезную головку, обрезку сучьев (в несколько приемов), сброс хлыста в штабель, уборку в сторону сучьев в процессе работы. Кроме того, в технологический процесс включают установку машины в рабочее положение у штабеля деревьев, переезды машины вдоль штабеля деревьев на рабочей площадке или от одного штабеля деревьев к другому, уход за машиной.

Производственный опыт показывает, что на производительность сучкорезных машин оказывают влияние в основном средний объем хлыста и скорость протаскивания дерева через сучкорезную головку.

Следовательно, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность сучкорезных машин от перечисленных выше технологических параметров машины и различных природно-производственных факторов.

#### *Решение задачи*

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

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot V_{хл}}{t_{ц}}, \quad (5.20)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – 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,  $\varphi_2 = 0,85$ ;  $V_{хл}$  – средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $t_{ц}$  – продолжительность обработки одного дерева, с.

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

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

где  $t_1$  – время на подвод стрелы к дереву, захват и подачу комля дерева 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;  $t_3$  – 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,  $l_{\text{к}} \approx 1,5\text{--}2,5$  м;  $S_{\text{max}}$  – максимальный ход захвата протаскивающего механизма, м.

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

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

Для основных древесных пород (сосна, ель, осина, береза) Беларуси III разряда высот средние значения высоты дерева и диаметра ствола на середине высоты в зависимости от объема хлыста приведены в табл. 5.14.

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

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3,$$

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

$$t_2 = \frac{k_{\text{д}} \cdot (H - l_{\text{к}})}{u_{\text{п}}},$$

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

Таблица 5.14

**Высота дерева в зависимости от объема хлыста**

Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	Высота дерева $H, м$	Диаметр ствола на середине высоты $d_{ср}, см$	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	Высота дерева $H, м$	Диаметр ствола на середине высоты $d_{ср}, см$
0,1	14,0	9,0	1,1	22,5	25,0
0,2	16,5	12,0	1,2	22,5	26,0
0,3	18,0	14,5	1,3	23,0	27,0
0,4	20,0	16,0	1,4	23,0	28,0
0,5	21,0	17,5	1,5	23,5	28,5
0,6	21,0	19,0	1,6	23,5	29,5
0,7	21,5	20,5	1,7	24,0	30,0
0,8	21,5	21,5	1,8	24,0	31,0
0,9	22,0	23,0	1,9	25,0	31,5
1,0	22,0	24,0	2,0	25,0	32,0

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.

*Исходные данные для расчетов*

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов, они сведены в табл. 5.15 и 5.16. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 5.15

**Исходные данные для расчетов к заданию № 7  
(значения постоянных величин)**

Вариант	Марка машин	$V_{хл}, м^3$	$u_{п}, м/с$	$\varphi_1$	$S_3, м$
1	ЛП-30Г	0,23	1,7	0,75	7,2
2	СМ-33	0,27	2,0	0,85	–
3	ЛП-33Б	0,45	1,8	0,65	8,1
4	СМ-33	0,37	2,0	0,80	–
5	ЛП-33Б	0,40	1,7	0,85	8,2
6	СМ-33	0,27	2,0	0,75	–

Вариант	Марка машин	$V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	$u_{п}$ , м/с	$\varphi_1$	$S_3$ , м
7	ЛП-30Г	0,20	1,6	0,80	7,0
8	СМ-33	0,28	1,5	0,65	–
9	ЛП-33Б	0,50	1,7	0,75	8,2
10	ЛП-30Г	0,20	2,0	0,80	7,0
11	ЛП-33Б	0,35	1,7	0,85	7,8
12	СМ-33	0,27	1,6	0,75	–
13	ЛП-33Б	0,40	1,9	0,65	8,0
14	ЛП-33Б	0,55	1,7	0,75	7,8
15	ЛП-30Г	0,25	2,0	0,65	7,1
16	ЛП-33Б	0,45	1,7	0,75	7,8
17	СМ-33	0,21	1,9	0,75	–
18	ЛП-33Б	0,25	1,7	0,85	7,3
19	ЛП-30Г	0,21	2,0	0,85	7,0
20	ЛП-33Б	0,35	1,7	0,65	7,8
21	ЛП-30Г	0,26	1,9	0,75	7,25
22	СМ-33	0,23	1,7	0,75	–
23	ЛП-33Б	0,40	1,8	0,75	8,0
24	СМ-33	0,28	1,5	0,85	–
25	СМ-33	0,25	1,7	0,75	–
26	ЛП-33Б	0,35	1,8	0,75	7,8
27	ЛП-33Б	0,30	1,8	0,75	8,1
28	СМ-33	0,20	1,8	0,75	–
29	ЛП-33Б	0,40	1,7	0,65	8,1
30	ЛП-30Г	0,25	1,9	0,70	7,0

Примечание. Для всех вариантов  $T = 25\ 200$  с (7 ч);  $t_{п-з} = 2400$  с;  $\varphi_2 = 0,85$ ;  $\varphi_3 = 0,75$ .

Таблица 5.16

**Исходные данные для расчетов к заданию № 7  
(значения переменных величин)**

Марка машины	Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
		мини-мальное	макси-мальное	
ЛП-30Г, СМ-33	Объем хлыста $V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	0,10	0,40	0,05
	Скорость протаскивания $u_{п}$ , м/с	1,5	2,0	0,1
	Коэффициент использования рабочего времени, $\varphi_1$	0,60	0,80	0,04
ЛП-33Б	Объем хлыста $V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	0,30	0,80	0,10
	Скорость протаскивания $u_{п}$ , м/с	1,5	2,0	0,1
	Коэффициент использования рабочего времени, $\varphi_1$	0,60	0,80	0,04



### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.20) на ПЭВМ. Результаты расчетов выводятся на экран в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность машины в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности машины в зависимости от объема хлыста, скорости протаскивания, коэффициента использования рабочего времени. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями.

### *Задание № 8*

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

### *Постановка задачи*

В настоящее время круглые лесоматериалы заготавливаются на рубках главного и промежуточного пользования в основном с применением бензиномоторных пил на валке деревьев, очистке их от сучьев и раскряжевке хлыстов на сортименты. Применение бензиномоторных пил на перечисленных операциях неэффективно, ввиду затрат ручного труда, низкой производительности и повышенной опасности травматизма рабочих. Поэтому в последнее время отдельные предприятия и лесохозяйственные учреждения начали применять на заготовке круглых лесоматериалов валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины. Такие машины достаточно производительны, исключают ручной труд, но имеют очень высокую стоимость: 350–500 тыс. дол. и более в зависимости от производителя. Чтобы снизить себестоимость заготовки 1 м<sup>3</sup> древесины, такие машины стремятся эксплуатировать в две или три смены.

Внедрение валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин на заготовке сортиментов идет медленно, так как на их приобретение требуются большие капиталовложения. Между тем объемы

машинной заготовки сортиментов можно значительно увеличить и ускорить, если применить мобильные сучкорезно-раскряжевочные агрегаты, которые в несколько раз дешевле валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин и достаточно производительны. Такие сучкорезно-раскряжевочные агрегаты производятся и широко применяются в скандинавских странах и Российской Федерации. Чтобы достичь высокой производительности сучкорезно-раскряжевочных агрегатов, необходимо знать, какие факторы и как влияют на их производительность. Такими факторами являются: средний объем, диаметр хлыста, средняя длина обрабатываемого дерева, скорость протаскивания дерева через сучкорезную головку, средняя длина выпиливаемых сортиментов и др.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: исследовать, как изменяется производительность сучкорезно-раскряжевочного агрегата от перечисленных выше и других природных факторов и технологических параметров сучкорезно-раскряжевочных агрегатов.

#### *Решение задачи*

Производительность сучкорезно-раскряжевочного агрегата на заготовке сортиментов может быть определена по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot V_{хл}}{t_1 + \frac{L - l_k - l_b}{u} + \frac{\pi \cdot d_{ср}^2 \cdot (L - l_b)}{4 \cdot \Pi_{пил} \cdot \varphi_{п} \cdot l_{ср}}}, \quad (5.21)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – 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;  $L$  – 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;  $l_{cp}$  – средняя длина выпиливаемых сортиментов, м.

Данная формула является математическим описанием процесса заготовки круглых лесоматериалов сучкорезно-раскряжевыми агрегатами на лесосеке и верхнем складе и позволяет анализировать влияние различных факторов на производительность агрегатов.

#### *Исходные данные для расчетов*

Исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов. По каждому варианту приведены значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг их изменения. Для всех вариантов следует принимать  $T = 28\,800$  с (8 ч),  $t_{п-з} = 2400$  с (40 мин);  $\varphi_1 = 0,8$ ;  $\varphi_2 = 0,85$ ;  $\varphi_{п} = 0,85$ .

Другие значения постоянных величин по вариантам даны в табл. 5.17.

Таблица 5.17

**Значения постоянных величин по вариантам**

Вариант	$t_1$ , с	$l_k$ , м	$l_b$ , м
1	20	1,6	0,8
2	23	1,4	1,0
3	26	1,2	1,2
4	30	1,0	1,4
5	20	0,8	1,6
6	23	1,6	0,8
7	26	1,4	1,0
8	30	1,2	1,2
9	20	1,0	1,4
10	23	0,8	1,6
11	26	1,6	1,8
12	30	1,4	1,0
13	20	1,2	1,2
14	23	1,0	1,4
15	26	0,8	1,6
16	30	1,6	1,8
17	20	1,4	1,0
18	24	1,2	1,2
19	28	1,0	1,4
20	32	0,8	1,6

Вариант	$t_1$ , с	$l_k$ , м	$l_b$ , м
21	20	1,6	1,8
22	24	1,4	0,8
23	28	1,2	1,0
24	32	1,0	1,2
25	20	0,8	1,4
26	24	1,0	1,6
27	28	1,2	1,8
28	32	1,4	1,2
29	20	1,6	1,4
30	24	0,8	1,6

Значения длины деревьев и средних диаметров пропилов зависят от среднего объема хлыста и приведены в табл. 5.18.

Таблица 5.18

**Значения длины деревьев  $L$  и средних диаметров пропилов  $d_{cp}$  в зависимости от среднего объема хлыста**

Объем хлыста $V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Длина обрабатываемого дерева $L$ , м	16,5	18,0	20,0	21,0	21,0	21,5	21,5	22,0	22,0	22,5
Средний диаметр пропила $d_{cp}$ , м	0,120	0,145	0,160	0,175	0,190	0,205	0,215	0,230	0,240	0,250

Значения переменных величин для всех вариантов даны в табл. 5.19.

Таблица 5.19

**Значения переменных величин для всех вариантов**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	минимальное	максимальное	
Средний объем хлыста $V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	0,2	1,0	0,2
Средняя скорость протаскивания дерева через сучкорезную головку $u$ , м/с	1,5	3,5	0,5
Средняя длина выпиливаемых сортиментов $l_{cp}$ , м	2,0	6,0	1,0

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.21) на ПЭВМ. Результаты расчетов компьютер выдает в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (средний объем хлыста, средняя скорость протаскивания дерева через сучкорезную головку, средняя длина выпиливаемых сортиментов), а правый – производительность сучкорезно-раскряжевой машины в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным вычислений строятся графики производительности сучкорезно-раскряжевой машины в зависимости от среднего объема хлыста, скорости протаскивания дерева через сучкорезную головку, средней длины выпиливаемых сортиментов. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая (производительность). Затем графики анализируются и далее даются соответствующие выводы с пояснениями, как изменяется производительность сучкорезно-раскряжевой машины и почему наблюдаются такие зависимости.

## **Задание № 9**

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность трелевочных машин**

#### *Постановка задачи*

Самоходные трелевочные машины получили широкое применение благодаря их мобильности, сравнительной простоте технологического оборудования и возможности трелевать деревья, хлысты или сортименты к любому пункту лесной дороги. В Республике Беларусь более 95% заготавливаемой древесины трелюется такими машинами.

В настоящее время находят применение трелевочные машины с чокерным технологическим оборудованием (ТЛТ-100А, МЛ-127, ТТР-401, ТТ-4М-01), трелевочные машины для бесчокерной трелевки, оснащенные гидроманипулятором с челюстным захватом (ТБ-1М-15, МЛ-107, ЛП-18Д) или клещевым захватом для подбора и трелевки сформированных пачек деревьев (МЛ-136, ЛТ-230, ЛТ-187,

МЛ-127С) и погрузочно-транспортные машины для сортиментов (подборщики сортиментов МЛПТ-354М, МЛ-131, Амкодор 2661), оснащенные гидроманипулятором с челюстным захватом. Причем все большее применение получают трелевочные машины для бесчокерной трелевки, позволяющие исключить ручной труд на трелевке древесины и значительно повысить производительность труда.

На производительность трелевочных машин оказывают влияние средний объем хлыста, объем трелеваемой пачки, расстояние трелевки и другие факторы. Для эффективного использования трелевочных машин необходимо знать, как эти и другие факторы влияют на их производительность в конкретных природно-производственных условиях.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: определить, как изменяется производительность трелевочной машины от объема хлыста, объема трелеваемой пачки и расстояния трелевки.

#### *Решение задачи*

Производительность самоходной трелевочной машины  $\Pi$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot V_{п}}{\frac{S}{v_p} + \frac{S}{v_x} + t_{пр} + t_o}, \quad (5.22)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-3}$  – время на подготовительно-заключительные операции, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $V_{п}$  – средний объем трелеваемой пачки,  $\text{м}^3$ ;  $S$  – среднее расстояние трелевки, м;  $v_p$ ,  $v_x$  – средняя скорость движения машины соответственно с грузом и без груза, м/с;  $t_{пр}$  – время на чокеровку деревьев (хлыстов) и формирование пачки или же время на захват деревьев и укладку их в коник, с;  $t_o$  – время на отцепку пачки и чокеров на погрузочном пункте и выравнивание комлей, с.

Примерные нормативы рейсовых нагрузок на трелевочные машины представлены в табл. 5.20.

Для тракторов ТЛТ-100А, ТТ-4М-01, МЛ-127  $t_{пр}$  и  $t_o$  составляют:

$$t_{\text{пр}} = \left( 2 + 0,08 \cdot l + \frac{0,8 \cdot V_{\text{п}}}{n \cdot V_{\text{хл}}} + \frac{2 \cdot V_{\text{п}}}{n} \right) \cdot 60, \text{ с}; \quad (5.23)$$

$$t_0 = \left( 0,6 + \frac{0,06 \cdot V_{\text{п}}}{V_{\text{хл}}} + 0,5 \cdot V_{\text{п}} \right) \cdot 60, \text{ с}, \quad (5.24)$$

где  $l$  – среднее расстояние подачи собирающего каната от трактора к месту чокеровки хлыстов (деревьев), м;  $V_{\text{п}}$  – средний объем трелюемой пачки, м<sup>3</sup>;  $n$  – количество рабочих, участвующих в чокеровке хлыстов (деревьев);  $V_{\text{хл}}$  – средний объем хлыста, м<sup>3</sup>.

Таблица 5.20

### Нормативы рейсовых нагрузок

Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Рейсовая нагрузка на трактор, м <sup>3</sup>						
	ТЛТ-100А	ТТ-4М-01	МЛ-127, МЛ-127С	ТБ-1М-15	ЛП-18Д	МЛ-136, ЛТ-230	ЛТ-187
≤0,17	2,5	–	2,0	2,4	–	–	–
0,18–0,21	3,0	–	2,4	2,9	–	2,0	–
0,22–0,29	3,8	4,8	2,8	3,7	4,5	2,4	2,5
0,30–0,39	4,4	6,6	3,2	4,2	6,0	2,8	3,0
0,40–0,49	5,0	8,5	3,5	4,8	6,8	3,2	3,5
0,50–0,75	5,5	9,9	–	5,4	7,6	3,8	4,0
0,76–1,10	6,0	12,4	–	–	8,5	4,2	4,5
1,11–1,90	–	14,0	–	–	9,8	–	5,0

Для тракторов ТБ-1М-15, ЛП-18Д, МЛ-107  $t_{\text{пр}}$  и  $t_0$  составляют:

$$t_{\text{пр}} = \left( 0,25 \cdot V_{\text{хл}} \cdot V_{\text{п}} + 0,44 \cdot \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{хл}}} + 0,4 \cdot V_{\text{п}} + \frac{123}{Q_{\text{га}}} + 0,32 \right) \cdot 60, \text{ с}; \quad (5.25)$$

$$t_0 = (0,24 \cdot V_{\text{п}} + 1,33) \cdot 60, \text{ с} \text{ (с учетом выравнивания комлей)}, \quad (5.26)$$

где  $Q_{\text{га}}$  – ликвидный запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>.

Для тракторов МЛ-127С, ЛТ-187, МЛ-136 и ЛТ-230  $t_{\text{пр}}$  и  $t_0$  не зависят от объема трелюемой пачки, так как пачки формируются валочно-пакетирующими машинами. Они определяются хронометражными наблюдениями.

Из формул (5.22)–(5.26) видно, что основными факторами, влияющими на производительность самоходной трелевочной машины, являются средний объем хлыста  $V_{\text{хл}}$ , средний объем трелюемой пачки  $V_{\text{п}}$  и среднее расстояние трелевки  $S$ .

### Исходные данные для расчетов

Данные для расчетов производительности трелевочных машин содержат 30 вариантов, они сведены в табл. 5.21 и 5.22. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 5.21

#### Исходные данные для расчетов к заданию № 9 (значения постоянных величин)

Вариант	Марка машины	$V_{хл}, \text{м}^3$	$V_{п}, \text{м}^3$	$S, \text{м}$	$v_p, \text{м/с}$	$v_x, \text{м/с}$	$n, \text{чел.}$	$l, \text{м}$
1	ТЛТ-100А	0,20	3,0	200	0,90	1,80	2	15
2	МЛ-127	0,20	2,4	200	1,50	2,50	2	15
3	ТТ-4М-01	0,25	5,0	200	0,87	1,68	2	15
4	ТБ-1М-15	0,20	3,0	200	0,94	1,80	–	–
5	ЛП-18Д	0,25	4,5	200	0,87	1,68	–	–
6	ЛТ-187	0,25	2,5	200	0,87	1,68	–	–
7	МЛ-127С	0,25	2,4	200	1,50	2,50	–	–
8	МЛ-136	0,25	2,4	200	0,90	1,80	–	–
9	ТЛТ-100А	0,30	3,5	200	0,90	1,80	2	10
10	МЛ-127	0,25	2,8	250	1,50	2,50	2	10
11	ТТ-4М-01	0,65	8,5	250	0,87	1,68	2	10
12	ТБ-1М-15	0,30	3,5	250	0,94	1,80	–	–
13	ЛП-18Д	0,45	6,0	250	0,80	1,68	–	–
14	ЛТ-187	0,45	3,2	250	0,85	1,70	–	–
15	МЛ-127С	0,35	3,0	250	1,50	2,50	–	–
16	МЛ-136	0,35	2,8	250	0,90	1,80	–	–
17	ТЛТ-100А	0,40	4,0	250	0,90	1,80	2	20
18	МЛ-127	0,30	2,8	250	1,50	2,50	2	20
19	ТТ-4М-01	0,65	10,0	300	0,80	1,68	2	20
20	ТБ-1М-15	0,40	4,0	300	0,94	1,80	–	–
21	ЛП-18Д	0,65	7,5	300	0,80	1,68	–	–
22	ЛТ-187	0,65	3,6	300	0,85	1,70	–	–
23	МЛ-127С	0,45	3,2	300	1,50	2,50	–	–
24	МЛ-136	0,30	2,6	300	0,90	1,80	–	–
25	ТЛТ-100А	0,50	5,0	300	0,90	1,80	2	15
26	МЛ-127	0,35	3,0	350	1,50	2,50	2	15
27	ТТ-4М-01	0,85	12,5	300	0,76	1,68	2	15
28	ТБ-1М-15	0,50	5,0	300	0,90	1,80	–	–
29	ЛП-18Д	0,80	8,5	300	0,76	1,68	–	–
30	МЛ-136	0,40	3,2	300	0,90	1,80	–	–

*Примечание.* Для всех типов трелевочных машин принимать:  $T = 25 \cdot 200 \text{ с}$  (7-часовой рабочий день);  $t_{п-з} = 1800 \text{ с}$ ;  $\varphi_1 = 0,9$ ;  $Q_{га} = 160 \text{ м}^3/\text{га}$ .



**Исходные данные для расчетов к заданию № 9  
(значения переменных величин)**

Марка машины	Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
		мини-мальное	макси-мальное	
МЛ-127	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	0,15	0,55	0,10
	Объем пачки $V_{п}, м^3$	1,5	4,0	0,5
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50
ТЛТ-100А	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	0,20	0,80	0,10
	Объем пачки $V_{п}, м^3$	2,5	6,0	1,0
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50
ТТ-4М-01	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	0,25	1,05	0,10
	Объем пачки $V_{п}, м^3$	4,0	10,0	1,0
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50
ТБ-1М-15	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	0,2	0,7	0,1
	Объем пачки $V_{п}, м^3$	2,0	6,0	1,0
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50
ЛП-18Д	Объем хлыста $V_{хл}, м^3$	0,25	0,85	0,10
	Объем пачки $V_{п}, м^3$	4,0	8,0	1,0
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50
МЛ-127С	Объем пачки $V_{п}, м^3$	2,0	4,0	0,5
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50
МЛ-136	Объем пачки $V_{п}, м^3$	2,0	4,0	0,5
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50
ЛТ-187	Объем пачки $V_{п}, м^3$	2,5	4,5	0,5
	Расстояние трелевки $S, м$	100	500	50

*Примечание.* На производительность трелевочных тракторов МЛ-127С, МЛ-136, ЛТ-187 объем хлыста не влияет, так как они трелюют сформированные валочно-пакетирующими машинами пачки. Время на захват пачки  $t_{пз}$  для всех тракторов примерно одинаково и равно 180 с, а время на отцепку пачки  $t_0$  на погрузочном пункте – 120 с.

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.22) на ПЭВМ. Результаты расчетов выдаются на экран в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (объем хлыста, объем пачки, среднее расстояние трелевки), а правый – производительность машины в зависимости от изменяемого параметра.

*Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики производительности машины. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы.

## **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность погрузочно-транспортных машин**

### *Постановка задачи*

В последние годы лесозаготовители проявляют повышенный интерес к технологии и мобильным машинам для заготовки сортиментов в лесу. Внедрение сортиментной технологии позволяет существенно увеличить долю древесины, заготовленной от рубок ухода, сократить расходы на уход за лесом и улучшить состояние лесов.

Особенно эффективна сортиментная заготовка древесины в лесу на рубках главного пользования в условиях малой концентрации и разбросанности лесосечного фонда, при наличии разветвленной сети автомобильных дорог общего пользования, связывающей потребителей с поставщиком при прямой вывозке сортиментов.

Заготовка сортиментов уже имеющимся комплексом машин может осуществляться по различным технологическим схемам. Однако наиболее благоприятные условия ее применения создаются при использовании погрузочно-транспортных машин (форвардеров.) Такие машины при их высокой проходимости, маневренности, устойчивости, хороших эргономических качествах благоприятно влияют на сохранение лесной среды и обеспечивают высокие технико-экономические показатели. Таким образом, более широкое внедрение сортиментной технологии позволяет значительно повысить эффективность лесозаготовительного производства.

В настоящее время находят применение погрузочно-транспортные машины (ПТМ) МЛПТ-354М, МЛПТ-344, МЛ-131, Амкодор 2661 и другие, оснащенные гидроманипулятором с грейферным захватом.

На производительность погрузочно-транспортных машин оказывают влияние объем ввоза сортиментов, запас древесины на 1 га, ширина разрабатываемой полосы леса, средняя длина сортиментов, интенсивность рубки насаждений. Для эффективного использования погрузочно-транспортных машин необходимо знать, как эти и другие факторы влияют на их производительность в конкретных природно-производственных условиях.

### Решение задачи

Производительность в смену ПТМ определяется по формуле

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot V_{п} \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2}{t_{ц}}, \quad (5.27)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $V_{п}$  – объем древесины, который будет вывезен ПТМ за один рейс, м<sup>3</sup>;  $\Phi_1, \Phi_2$  – соответственно коэффициенты использования рабочего времени и технической готовности;  $t_{ц}$  – время, затраченное на выполнение операций по сбору и транспортировке лесоматериалов объемом  $V_{п}$ , с.

$$t_{ц} = t_{пог} + t_{раз} + t_p + t_x + t_{пог.пер} + t_{раз.пер},$$

где  $t_{пог}, t_{раз}$  – затраты времени на погрузку и разгрузку сортиментов, с;  $t_p, t_x$  – затраты времени на движение машины в грузовом и порожнем направлениях соответственно, с;  $t_{пог.пер}, t_{раз.пер}$  – время, затраченное на переезды машины во время набора пачек лесоматериалов при погрузке и разгрузке, с.

Затраты времени на погрузку и разгрузку сортиментов находятся из выражений:

$$t_{пог} = t_{пог.пач} \cdot \frac{V_{п}}{V_{пог.пач}}; \quad t_{раз} = t_{раз.пач} \cdot \frac{V_{п}}{V_{раз.пач}},$$

где  $t_{пог.пач}$  и  $t_{раз.пач}$  – затраты времени на погрузку и разгрузку одной пачки соответственно, с;  $V_{пог.пач}$  и  $V_{раз.пач}$  – объем пачки, захватываемой гидроманипулятором за один прием при погрузке и разгрузке соответственно, м<sup>3</sup>, их можно найти по регрессионным зависимостям Г. М. Ушакова:

$$t_{пог.пач} = 7,78 + 58,74 \cdot V_{пог.пач} + 2,18 \cdot l_{ср} - 5,77 \cdot V_{пог.пач} \cdot l_{ср};$$

$$t_{раз.пач} = -48,5 + 95,29 \cdot V_{раз.пач} + 7,01 \cdot l_{ср} - 1,32 \cdot V_{раз.пач} \cdot l_{ср}^2;$$

$$V_{пог.пач} = \sqrt{\frac{l_{ср} - 1,96}{4,04}}; \quad V_{раз.пач} = \sqrt{\frac{l_{ср} - 2,08}{3,98}},$$

где  $l_{ср}$  – средняя длина сортимента, м.

Продолжительность погрузки и разгрузки одной пачки является непрерывной случайной величиной. Предполагается, что она подчиняется нормальному закону распределения.

Затраты времени на транспортировку круглых лесоматериалов определяются следующим образом:

$$t_p = \frac{S \cdot k_0}{v_p};$$

$$t_x = \frac{S \cdot k_0 \cdot k_1}{v_x},$$

где  $S$  – расстояние подвозки сортиментов, м;  $v_p$ ,  $v_x$  – скорости в грузовом и порожнем направлениях соответственно, м/с;  $k_0$ ,  $k_1$  – коэффициенты, учитывающие увеличение пройденного пути за счет непрямолинейности при движении по волоку и увеличение пути при развороте машины соответственно.

Общие затраты времени на переезды ПТМ при сборе пачки объемом  $V_{п}$ :

$$t_{\text{пог.пер}} = \frac{l_{\text{пог.пер}}}{v_{\text{пер}}},$$

где  $v_{\text{пер}}$  – средняя скорость движения машины при сборе пачки, м/с.

Путь, проходимый машиной при загрузке, зависит от ширины полосы леса  $b$ , осваиваемой за один проход ПТМ; ликвидного запаса древесины на 1 га  $Q_{\text{га}}$ ; интенсивности рубки  $i$  насаждения и равен

$$l_{\text{пог.пер}} = \frac{V_{п} \cdot 10^4}{Q_{\text{га}} \cdot b \cdot i}.$$

Ширина осваиваемой полосы леса погрузочно-транспортной машиной зависит от принятой технологии работ и может быть равна 15–40 м.

Интенсивность рубки насаждения зависит от вида рубки. При сплошных рубках  $i = 1$ , при рубках ухода  $i = 0,3–0,4$ .

Аналогично определяются затраты времени на переезд машины при разгрузке сортиментов:

$$t_{\text{раз.пер}} = \frac{l_{\text{раз.пер}}}{v_{\text{пер}}},$$

где  $l_{\text{раз.пер}}$  – путь, проходимый машиной от одного штабеля к другому при разгрузке, м.

### Исходные данные для расчетов

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 5.23 и 5.24. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения последних.

Таблица 5.23

**Исходные данные для расчетов к заданию № 10**  
(значения постоянных величин)

Вариант	$b$ , м	$Q_{га}$ , м <sup>3</sup> /га	$i$	$V_{п}$ , м <sup>3</sup>	$l_{ср}$ , м	$S$ , м	$v_p$ , м/с	$v_x$ , м/с
1	15	160	1,00	10,2	4,5	400	1,1	1,8
2	20	220	0,40	8,3	5,0	450	1,2	2,3
3	25	140	0,30	6,5	6,0	500	1,4	2,2
4	30	200	0,20	12,1	4,0	470	1,6	2,6
5	30	180	1,00	9,5	5,5	325	0,9	1,8
6	25	160	0,20	10,1	4,0	515	1,9	2,4
7	20	200	0,40	6,8	4,5	600	1,2	1,7
8	15	180	1,00	7,9	5,0	390	0,9	2,1
9	15	220	0,60	8,6	5,5	250	1,3	2,4
10	20	180	0,20	10,2	6,0	410	1,5	2,6
11	17	170	1,00	6,2	5,5	500	1,1	1,9
12	25	220	0,45	7,3	5,0	650	1,2	2,0
13	30	140	0,35	9,5	6,0	400	1,4	2,1
14	30	200	0,25	12,8	4,0	470	1,6	2,5
15	30	180	1,00	9,7	5,5	325	0,9	1,9
16	25	160	0,25	11,1	4,0	515	1,9	2,5
17	20	200	0,45	8,8	4,5	400	1,2	1,9
18	15	180	1,00	11,9	5,0	390	0,9	2,2
19	17	220	0,65	6,6	5,5	450	1,3	2,1
20	20	180	0,25	7,2	6,0	310	1,5	2,4
21	18	160	1,00	8,2	5,5	410	1,1	1,8
22	23	220	0,40	6,3	5,0	350	1,2	2,3
23	25	160	0,35	9,5	6,0	500	1,4	2,2
24	30	210	0,20	10,1	4,0	370	1,6	2,6
25	20	180	1,00	6,5	5,5	505	0,9	1,8
26	25	170	0,20	7,1	5,0	415	1,9	2,4
27	20	200	0,40	8,8	4,5	500	1,2	1,7
28	15	170	1,00	7,5	5,0	390	0,9	2,1
29	15	210	0,60	6,6	5,5	450	1,3	2,4
30	20	190	0,20	11,2	6,0	360	1,5	2,6

*Примечание.* Для всех вариантов  $T = 25\ 200$  с (7 ч);  $t_{п-з} = 2400$  с;  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $\varphi_2 = 0,75$ ;  $k_0 = 1,2$ ;  $k_1 = 1,2$ ;  $v_{пер} = 0,3$  м/с.

**Исходные данные для расчетов к заданию № 10  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	мини-мальное	макси-мальное	
Объем вoза сортиментов $V_{п}$ , м <sup>3</sup>	5	15	2
Запас на 1 га $Q_{га}$ , м <sup>3</sup>	140	240	20
Ширина полосы леса $b$ , м	15	40	5
Средняя длина сортиментов $l_{ср}$ , м	4	6	0,5
Интенсивность рубки насаждений $i$	0,2	1,0	0,2

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.27) на ПЭВМ. Результаты расчетов компьютер выводит в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность машины в зависимости от изменяемого параметра.

*Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности машины в зависимости от объема вoза сортиментов, запаса древесины на 1 га, ширины разрабатываемой полосы леса, средней длины сортиментов, интенсивности рубки насаждений. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями, почему наблюдаются такие зависимости.

**Задание № 11**

**Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность самоходных и передвижных рубильных машин на заготовке щепы непосредственно на лесосеках**

*Постановка задачи*

В Беларуси ежегодно заготавливается около 14 млн. м<sup>3</sup> древесины. При этом на лесосеках образуются отходы лесозаготовок в виде сучьев, вершин, ветвей и низкокачественная древесина в виде дровяных хлыстов, обломков стволовой древесины, валежника,

которые непригодны для выработки деловых сортиментов и сырья для технологической переработки. Поэтому такое древесное сырье оставляется на лесосеках на перегнивание с целью удобрения почвы или же сжигается в пожаробезопасный период. В последующем объемы заготовки древесины будут возрастать, а, следовательно, увеличатся и объемы отходов лесозаготовок и низкокачественной древесины. Между тем, в республике наблюдается большой дефицит в собственных энергоносителях для выработки тепловой и электрической энергии и приходится энергоресурсы завозить извне. Причем эти энергоресурсы постоянно дорожают.

И зарубежный, и отечественный опыт показывает, что древесное сырье, в том числе отходы лесозаготовок и низкокачественная древесина, вполне пригодны для выработки тепловой и электрической энергии. Поэтому в Беларуси ведутся интенсивные работы по широкомасштабному использованию древесного сырья для получения энергии. Но для этого древесное сырье должно быть переработано на топливную щепу. Для измельчения древесного сырья на топливную щепу непосредственно на лесосеках применяют самоходные и передвижные рубильные машины с бункером-накопителем для щепы различных конструкций. Однако для нормальной работы этих машин технология заготовки древесины должна быть такой, чтобы отходы лесозаготовок и низкокачественная древесина располагались у пасечных волоков.

Производительность рубильных машин в стационарном режиме может быть весьма высокой (до 100 насыпных м<sup>3</sup> в час), так как это машины непрерывного действия. Непосредственно на лесосеках они работают как машины периодического действия из-за частых переездов от одного места концентрации древесного сырья к другому и необходимости опорожнения бункера от щепы. Чтобы достичь высокой производительности самоходных и передвижных рубильных машин в условиях лесосек, необходимо знать факторы, влияющие на данный показатель. Такими факторами являются: вместимость бункера-накопителя, размеры приемного окна подающего устройства рубильной установки, число ножей на диске или барабане рубильной установки, число оборотов диска (барабана), ликвидный запас древесины на 1 га, среднее расстояние доставки заготовленной щепы с лесосеки на придорожный склад и др.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: определить, как изменяется производительность самоходной и передвижной машины с бункером-накопителем на заготовке щепы непосредственно на лесосеках от перечисленных выше и других природных факторов и технологических параметров рубильной машины.

### *Решение задачи*

Производительность самоходной или передвижной рубильной машины с бункером-накопителем на заготовке щепы непосредственно на лесосеке из отходов лесозаготовок и низкокачественной древесины, образующихся при проведении рубок главного пользования, может быть определена по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot V_6}{\left( \frac{10^4 \cdot V_6}{A \cdot Q_{га} \cdot k} - 1 \right) \cdot \frac{a}{v_{дв}} + \frac{10^4 \cdot V_6}{A \cdot Q_{га} \cdot k} \cdot \left( \frac{A \cdot Q_{га} \cdot k \cdot 10^{-4}}{l \cdot b \cdot h \cdot z \cdot n \cdot \varphi_1' \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3} + t_{об} \right) + \frac{S}{v_p} + t_5 + \frac{S}{v_x}}, \quad (5.28)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на подготовительно-заключительные операции, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $V_6$  – вместимость бункера-накопителя для щепы, м<sup>3</sup>;  $A$  – площадь лесосеки (делянки, пасеки), осваиваемая лесозаготовительной техникой с одной технологической стоянки, м<sup>2</sup>;  $Q_{га}$  – ликвидный запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>;  $k$  – коэффициент, показывающий, какая часть фитомассы спеленных деревьев подлежит переработке на щепу;  $a$  – расстояние между двумя смежными технологическими стоянками рубильной машины, м;  $v_{дв}$  – скорость движения рубильной машины при переезде с одной технологической стоянки на другую, м/с;  $l$  – длина вырабатываемой щепы, м;  $b, h$  – соответственно ширина и высота приемного окна подающего устройства рубильной установки, м;  $z$  – число ножей на диске или барабане рубильной установки, шт.;  $n$  – число оборотов диска (барабана) рубильной машины, об./с;  $\varphi_1'$  – коэффициент использования рабочего времени рубильной установки;  $\varphi_2$  – коэффициент использования подающего механизма рубильной установки;  $\varphi_3$  – коэффициент плотности подаваемого древесного сырья в рубильную установку;  $t_{об}$  – общее время на приведение гидроманипулятора рубильной машины в рабочее и транспортное положения, с;  $S$  – среднее расстояние вывозки заготовленной щепы на верхний



(придорожный) склад, м;  $v_p$  – средняя скорость движения рубильной машины по волоку с полным бункером-накопителем щепы на верхний (придорожный) склад, м/с;  $t_5$  – время на выгрузку щепы из бункера-накопителя в автощеповоз (контейнер автощеповоза), с;  $v_x$  – средняя скорость движения рубильной машины с пустым бункером-накопителем на лесосеку, м/с.

Данная формула является математическим описанием процесса заготовки щепы самоходной и передвижной рубильной машиной с бункером-накопителем для щепы из древесного сырья непосредственно на лесосеках. Она позволяет широко анализировать влияние различных природно-производственных факторов и технологических параметров рубильной машины на ее производительность.

### *Исходные данные для расчетов*

Исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов. По каждому варианту приведены значения постоянных факторов, значения переменных факторов, пределы и шаг их изменения.

Для всех вариантов следует принимать  $T = 28\ 800$  с (8 ч),  $t_{п-з} = 2400$  с (40 мин);  $\varphi_1 = 0,75$ ;  $v_{дв} = 0,8$  м/с;  $A = 50$  м<sup>2</sup>;  $a = 4$  м;  $b = 0,6$  м;  $h = 0,4$  м;  $\varphi'_1 = 0,8$ ;  $\varphi_2 = 0,7$ ;  $\varphi_3 = 0,5$ ;  $t_{об} = 60$  с;  $t_5 = 240$  с.

Значения постоянных величин приведены в табл. 5.25.

Таблица 5.25

#### Значения постоянных величин по вариантам для расчетов к заданию № 11

Вариант	$Q_{га}$ , м <sup>3</sup> /Га	$V_{б}$ , м <sup>3</sup>	$l$ , м	$z$ , шт.	$n$ , об./с	$S$ , м	$k$	$v_p$ , м/с	$v_x$ , м/с
1	180	5,6	0,030	4	19,0	150	0,25	0,9	1,4
2	190	6,4	0,025	6	17,5	200	0,20	1,0	1,5
3	200	7,2	0,020	8	16,0	250	0,15	1,1	1,6
4	210	4,8	0,015	10	14,5	300	0,25	1,2	1,7
5	220	4,0	0,010	10	13,0	350	0,20	1,3	1,8
6	230	8,0	0,010	8	19,0	400	0,15	0,9	1,4
7	185	6,4	0,015	8	17,5	150	0,25	1,0	1,5
8	195	7,2	0,020	6	16,0	200	0,20	1,1	1,6
9	205	4,8	0,025	4	14,5	250	0,15	1,2	1,7
10	215	4,0	0,030	4	13,0	300	0,25	1,3	1,8
11	225	5,6	0,030	6	13,0	350	0,20	0,9	1,4

Вариант	$Q_{га}$ , м <sup>3</sup> /Га	$V_{б}$ , м <sup>3</sup>	$l$ , м	$z$ , шт.	$n$ , об./с	$S$ , м	$k$	$v_p$ , м/с	$v_x$ , м/с
12	235	8,0	0,025	8	14,5	400	0,15	1,0	1,5
13	190	7,2	0,020	10	16,0	150	0,25	1,1	1,6
14	200	8,0	0,015	10	16,0	200	0,20	1,2	1,7
15	210	6,4	0,010	8	17,5	250	0,15	1,3	1,8
16	220	5,6	0,010	6	19,0	300	0,25	0,9	1,4
17	230	4,8	0,015	6	16,0	350	0,20	1,0	1,5
18	240	4,0	0,020	4	14,5	400	0,15	1,1	1,6
19	180	4,8	0,025	4	13,0	150	0,25	1,2	1,7
20	190	4,0	0,030	6	14,5	200	0,20	1,3	1,8
21	200	5,6	0,030	6	14,5	250	0,15	0,9	1,4
22	210	6,4	0,025	8	16,0	300	0,25	1,0	1,5
23	220	8,0	0,020	8	16,0	350	0,20	1,1	1,6
24	230	7,2	0,015	10	17,5	400	0,15	1,2	1,7
25	185	4,0	0,010	10	17,5	150	0,25	1,3	1,8
26	195	4,8	0,010	8	19,0	200	0,20	0,9	1,4
27	205	5,6	0,015	8	19,0	250	0,15	1,0	1,5
28	215	6,4	0,020	6	17,5	300	0,25	1,1	1,6
29	225	7,2	0,025	6	16,0	350	0,20	1,2	1,7
30	235	8,0	0,030	4	14,5	400	0,15	1,3	1,8

Значения переменных для всех вариантов приведены в табл. 5.26.

Таблица 5.26

**Значения переменных величин по вариантам для расчетов к заданию № 11**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	мини-мальное	макси-мальное	
Длина вырабатываемой щепы $l$ , м	0,010	0,030	0,005
Число ножей на диске или барабане рубильной установки $z$ , шт.	4	10	2
Число оборотов диска или барабана рубильной установки $n$ , об./с	13,3	18,4	1,7
Вместимость бункера-накопителя для щепы $V_{б}$ , м <sup>3</sup>	4,0	7,2	0,8
Среднее расстояние вывозки заготовленной щепы на верхний (придорожный) склад $S$ , м	200	400	50

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.28) на ПЭВМ. Результаты расчетов компьютер выдает в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (длина вырабатываемой щепы, число ножей в механизме измельчения, число оборотов режущего органа механизма измельчения, вместимость бункера-накопителя для щепы, среднее расстояние вывозки заготовленной щепы на верхний склад), а правый – производительность рубильной машины в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности рубильной машины в зависимости от длины вырабатываемой щепы, числа ножей в механизме измельчения, числа оборотов режущего органа механизма измельчения и других изменяемых параметров. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая (производительность). Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями, как изменяется производительность рубильной машины и почему наблюдаются такие зависимости.

## **Задание № 12**

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность самоходных и передвижных рубильных машин на заготовке щепы на верхних лесных складах**

#### *Постановка задачи*

Более половины заготавливаемого древесного сырья в мире в настоящее время используется для выработки тепловой и электрической энергии. В Республике Беларусь также ведутся интенсивные работы по широкому использованию древесной биомассы для получения энергии. Уже вырабатывают тепловую и электрическую энергию на древесном топливе Вилейская и Пинская мини-ТЭЦ, котельная «Осиповичи», переведен на древесное топливо один энергоблок Белорусской ГРЭС и др. Но для использования древесного сырья в качестве энергетического

топлива оно должно быть, прежде всего, измельчено (переработано) на щепу.

Производственный опыт показывает, что отходы лесозаготовок и низкокачественную древесину измельчать на щепу целесообразно в местах их образования, так как вывозить их на промежуточные или нижние лесные склады или же склады потребителей топливной щепы не эффективно из-за низкого коэффициента полнодревесности такого древесного сырья (в два раза меньше, чем щепы).

При заготовке древесины по главному пользованию отходы лесозаготовок и низкокачественная древесина могут концентрироваться на верхних лесных складах или же могут быть собраны на лесосеке и доставлены на верхний склад, что зависит от технологии и механизации на основных лесосечных работах. Для измельчения этого древесного сырья на топливную щепу на верхних складах применяют передвижные рубильные машины различных конструкций без бункера-накопителя для щепы. Причем производительность этих рубильных машин при измельчении древесного сырья на щепу на верхних складах будет выше, чем непосредственно на лесосеках при прочих равных условиях, так как из технологического процесса исключается операция вывозки щепы с лесосеки на верхний склад и рубильная машина больше времени будет занята измельчением древесного сырья на щепу. Чтобы достичь высокой производительности передвижных рубильных машин на верхних складах, необходимо знать, какие факторы и как влияют на их производительность при вышеизложенных условиях. Такими факторами являются: размеры приемного окна подающего устройства рубильной установки, число ножей на диске или барабане рубильной установки, число оборотов диска (барабана), длина вырабатываемой щепы и др.

Следовательно, задача может быть сформулирована так: исследовать, как изменяется производительность передвижной рубильной машины на заготовке щепы на верхнем складе от перечисленных выше и других технологических параметров рубильной машины и природно-производственных факторов.

#### *Решение задачи*

Производительность самоходной или передвижной рубильной машины без бункера-накопителя на заготовке щепы на верхнем складе из отходов лесозаготовок и низкокачественной древесины,

образующихся при проведении рубок главного пользования, может быть определена по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot 2 \cdot L_{\text{раб}}^{\text{max}} \cdot l_{\text{и.с}} \cdot H_{\text{ш}} \cdot k_{\text{п}}}{\frac{2 \cdot L_{\text{раб}}^{\text{max}}}{v_{\text{дв}}} + t_2 + \frac{2 \cdot L_{\text{раб}}^{\text{max}} \cdot l_{\text{и.с}} \cdot H_{\text{ш}} \cdot k_{\text{п}}}{b \cdot h \cdot u \cdot \varphi_1' \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3}}, \quad (5.29)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-3}$  – время на подготовительно-заключительные операции, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $L_{\text{раб}}^{\text{max}}$  – максимальный рабочий вылет гидроманипулятора рубильной машины, м;  $l_{\text{и.с}}$  – средняя длина измельчаемого сырья, м;  $H_{\text{ш}}$  – высота штабеля древесного сырья, м;  $k_{\text{п}}$  – коэффициент полндревесности штабеля древесного сырья;  $v_{\text{дв}}$  – скорость движения рубильной машины при переездах с одной технологической стоянки на другую, м/с;  $t_2$  – время на приведение гидроманипулятора рубильной машины в транспортное и рабочее положения, с;  $b, h$  – соответственно ширина и высота приемного окна подающего механизма рубильной установки, м;  $u$  – скорость подачи древесного сырья в рубильную установку, м/с;  $\varphi_1'$  – коэффициент использования рабочего времени рубильной установки;  $\varphi_2$  – коэффициент использования приемного окна подающего механизма рубильной установки;  $\varphi_3$  – коэффициент плотности подаваемого древесного сырья в рубильную установку.

Данная формула является математическим описанием процесса заготовки щепы самоходной и передвижной рубильной машиной без бункера-накопителя для щепы из древесного сырья на верхних лесных складах. Она позволяет анализировать влияние различных параметров рубильной машины на ее производительность. По этой формуле можно также определять производительность самоходной и передвижной рубильной машины без бункера-накопителя при заготовке щепы на промежуточных и нижних лесных складах.

### *Исходные данные для расчетов*

Исходные данные предназначены для расчетов производительности самоходных и передвижных рубильных машин без бункера-накопителя для щепы на верхних лесных складах и содержат 30 вариантов. По каждому варианту приведены значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг их изменения.

Для всех вариантов следует принимать  $T = 28\ 800$  с (8 ч),  
 $t_{п-3} = 2400$  с (40 мин);  $\varphi_1 = 0,75$ ;  $v_{дв} = 0,8$  м/с;  $l_{и.с} = 2,5$  м;  $H_{ш} = 2$  м;  
 $t_2 = 60$  с;  $\varphi_1' = 0,8$ .

Другие значения постоянных величин приведены в табл. 5.27.

Таблица 5.27

**Значения постоянных величин по вариантам для расчетов к заданию № 12**

Вариант	$L_{раб}^{max}$ , м	$k_{п}$	$b$ , м	$h$ , м	$u$ , м/с	$\varphi_2$	$\varphi_3$
1	3,5	0,26	0,45	0,25	0,19	0,7	0,26
2	4,0	0,24	0,50	0,30	0,16	0,6	0,24
3	4,5	0,22	0,55	0,35	0,13	0,6	0,22
4	5,0	0,20	0,60	0,40	0,13	0,5	0,20
5	5,5	0,18	0,65	0,45	0,10	0,5	0,20
6	3,5	0,24	0,45	0,25	0,16	0,6	0,24
7	4,0	0,26	0,50	0,30	0,19	0,7	0,26
8	4,5	0,18	0,55	0,35	0,10	0,5	0,20
9	5,0	0,22	0,60	0,40	0,16	0,6	0,22
10	5,5	0,20	0,65	0,45	0,13	0,5	0,20
11	3,5	0,20	0,50	0,30	0,19	0,6	0,20
12	4,0	0,22	0,45	0,25	0,16	0,7	0,22
13	4,5	0,24	0,60	0,40	0,13	0,6	0,24
14	5,0	0,26	0,65	0,45	0,10	0,5	0,26
15	5,5	0,18	0,55	0,35	0,22	0,7	0,20
16	3,5	0,24	0,50	0,30	0,16	0,7	0,24
17	4,0	0,20	0,45	0,25	0,13	0,6	0,20
18	4,5	0,26	0,60	0,40	0,19	0,5	0,26
19	5,0	0,22	0,55	0,35	0,10	0,6	0,22
20	5,5	0,18	0,65	0,45	0,22	0,7	0,20
21	3,5	0,26	0,50	0,30	0,13	0,7	0,26
22	4,0	0,24	0,45	0,25	0,19	0,6	0,24
23	4,5	0,22	0,55	0,35	0,16	0,5	0,22
24	5,0	0,18	0,65	0,45	0,13	0,6	0,20
25	5,5	0,20	0,60	0,40	0,10	0,5	0,20
26	3,5	0,24	0,45	0,25	0,16	0,6	0,24
27	4,0	0,26	0,50	0,30	0,19	0,7	0,26
28	4,5	0,22	0,60	0,40	0,13	0,6	0,22
29	5,0	0,20	0,55	0,35	0,10	0,7	0,22
30	5,5	0,18	0,65	0,45	0,22	0,5	0,20

Значения переменных для всех вариантов приведены в табл. 5.28.

**Значения переменных величин по вариантам для расчетов к заданию № 12**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	мини-мальное	макси-мальное	
Рабочий вылет гидроманипулятора рубильной машины, м	3,5	5,5	0,5
Размеры приемного окна подающего механизма рубильной установки, м	0,45×0,25	0,65×0,45	0,05×0,05
Скорость подачи древесного сырья в рубильную установку, м/с	0,10	0,22	0,03

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (5.29) на ПЭВМ. Результаты расчетов выдаются в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (рабочий вылет гидроманипулятора, размеры приемного окна, скорость подачи древесного сырья), а правый – производительность рубильной машины в зависимости от изменяемого параметра.

*Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности рубильной машины в зависимости от рабочего вылета гидроманипулятора, размеров приемного окна, скорости подачи древесного сырья в рубильную установку. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая (производительность). Затем графики анализируются и далее делаются соответствующие выводы с пояснениями, как изменяется производительность рубильной машины и почему такие зависимости.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

?

1. Назовите, что является основным показателем, характеризующим работу машин.
2. Перечислите марки валочно-пакетирующих машин манипуляторного типа, условия их применения и основные конструктивные отличия друг от друга.

3. Объясните, почему с увеличением объема хлыста производительность валочно-пакетирующих машин интенсивно возрастает.

4. Назовите марки и основные достоинства валочно-трелевочных машин и объясните, чем отличается машина ВМ-4Б от ЛП-58-01.

5. Объясните, как изменяется производительность валочно-трелевочной машины с увеличением запаса древесины на 1 га и увеличением среднего расстояния трелевки. Почему так происходит?

6. Перечислите основные характерные конструктивные особенности валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин финского производства в сравнении с валочно-сучкорезно-раскряжевочными машинами российского и белорусского производства.

7. Объясните, как изменяется производительность валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины манипуляторного типа в зависимости от интенсивности рубки насаждения. Почему так происходит?

8. Назовите основные факторы, оказывающие влияние на производительность бензиномоторных пил на валке деревьев и раскряжевке хлыстов, и объясните, как и почему они так влияют.

9. Перечислите марки сучкорезных и сучкорезно-раскряжевочных машин и объясните, в каких природно-производственных условиях их рекомендуется применять.

10. Объясните, какие факторы влияют на продолжительность цикла обработки одного дерева сучкорезными и сучкорезно-раскряжевочными машинами.

11. Перечислите типы трелевочных машин для трелевки деревьев, хлыстов и сортиментов и дайте характеристику трелевочного оборудования по каждому типу.

12. Назовите основные факторы, влияющие на производительность трелевочных и погрузочно-транспортных машин.

13. Назовите типы рубильных машин, дайте их характеристики и условия применения.

14. Назовите основные факторы, оказывающие влияние на производительность самоходных и передвижных



рубильных машин при заготовке щепы непосредственно на лесосеках.

15. Объясните, почему производительность самоходной и передвижной рубильной машины с бункером-накопителем для щепы при ее заготовке на лесосеке с увеличением среднего расстояния вывозки заготовленной щепы на верхний (придорожный) склад уменьшается.

16. Назовите основные факторы, оказывающие влияние на производительность самоходной и передвижной рубильной машины без бункера-накопителя для щепы при ее заготовке на верхнем складе.

# АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН НА ПОГРУЗКЕ, ВЫВОЗКЕ И ВЫГРУЗКЕ ДРЕВЕСИНЫ

---

### Задание № 13

#### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность лесопогрузчиков**

##### *Постановка задачи*

Погрузка древесины на подвижной состав лесовозного транспорта производится на погрузочных пунктах и верхних (промежуточных) складах, расположенных непосредственно у лесных дорог. Преобладает погрузка на лесовозный транспорт хлыстов и сортиментов небольшими по объему пачками, причем для погрузки хлыстов применяют челюстные лесопогрузчики перекидного типа (ПЛ-1Г, ПЛ-1В, ЛТ-188), а сортименты погружают тракторными манипуляторными лесопогрузчиками (МЛПР-1221, МЛПР-394) или манипуляторами, установленными на лесовозных автопоездах.

Процесс погрузки хлыстов или сортиментов лесопогрузчиками на лесовозный транспорт состоит из следующих основных операций: подача подвижного состава (лесоавтопоезда) под погрузку и подготовка к погрузке; погрузка и выравнивание торцов лесоматериалов на подвижном составе; обрезка вершин, выступающих за габарит автопоезда (при погрузке хлыстов); осмотр и увязка посередине воза; уборка груженого лесоавтопоезда. Лесопогрузчик устанавливают между штабелем хлыстов (сортиментов) и лесовозным автопоездом.

Производительность как челюстных, так и манипуляторных лесопогрузчиков довольно высокая, однако для эффективной работы этих высокопроизводительных машин необходимо в должной

мере учитывать природно-производственные условия и технические параметры машин. Это важно еще и потому, что работа погрузчика будет влиять и на производительность автопоезда.

Основными факторами, влияющими на производительность лесопогрузчика, являются: грузоподъемность погрузчика  $Q$ ; высота подъема груза  $h$ ; расстояние перемещения погрузчика в процессе погрузки лесоматериалов  $L$ ; ритмичность подачи автотранспорта, которая определяется коэффициентом  $\varphi_1$ ; грузоподъемность лесовозного транспорта  $Q_{л.т.}$ .

Таким образом, задача может быть сформулирована так: определить влияния вышеперечисленных факторов на производительность челюстных и манипуляторных лесопогрузчиков.

### *Решение задачи*

Сменная производительность лесопогрузчика на погрузке древесины для конкретных производственных условий определяется по формуле

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot Q_{л.т.}}{t_1 \cdot \frac{Q_{л.т.}}{Q \cdot \varphi_2} + t_2 + t_3}, \quad (6.1)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени смены, учитывающий отдых оператора, переезды погрузочного механизма с одной погрузочной площадки на другую, устранение технических неисправностей, ожидание порожнего подвижного состава и др.,  $\varphi_1 = 0,55–0,75$ ;  $Q_{л.т.}$  – грузоподъемность единицы лесовозного транспорта, м<sup>3</sup>;  $t_1$  – время погрузки одной пачки (время цикла: захват пачки, подъем и перемещение пачки на подвижной состав, опускание и укладка пачки, возвращение грузозахватного оборудования в исходное положение для захвата следующей пачки), с;  $Q$  – грузоподъемность лесопогрузчика, м<sup>3</sup>;  $\varphi_2$  – коэффициент использования грузоподъемности лесопогрузчика, в зависимости от среднего объема хлыста  $\varphi_2 = 0,8–0,9$  (меньшие значения при малых объемах хлыста);  $t_2$  – время подготовки подвижного состава к погрузке, с, обычно  $t_2 = 120–240$  с;  $t_3$  – время оправки и крепления вoза после погрузки, с, при погрузке хлыстов  $t_3 = 180–240$  с; при погрузке сортиментов  $t_3 = 120–180$  с.

В процессе погрузки пачки древесины манипуляторными погрузчиками обычно совмещают две операции: вращение и изменение вылета стрелы; вращение стрелы и подъем или опускание груза; подъем или опускание стрелы с подъемом или опусканием груза. Поэтому при расчете производительности манипуляторных погрузчиков вводится коэффициент, учитывающий совмещение операций.

Время погрузки одной пачки лесоматериалов  $t_1$  для челюстных лесопогрузчиков ПЛ-1Г, ПЛ-1В, ЛТ-188 определяется по формуле

$$t_1 = t_p + t_x + t_{\text{зах}} + t_{\text{укл}},$$

где  $t_p$  и  $t_x$  – соответственно время движения погрузчика с грузом и без груза, с;  $t_{\text{зах}}$  и  $t_{\text{укл}}$  – соответственно время захвата груза и время укладки пачки на подвижной состав, с (для челюстных погрузчиков сюда входит также время на подъем и опускание груза).

Время движения погрузчика с грузом и без груза равно

$$t_p + t_x = \frac{2 \cdot L}{v_{\text{дв}}},$$

где  $L$  – расстояние перемещения погрузчика, м;  $v_{\text{дв}}$  – средняя скорость передвижения погрузчика, м/с.

Время погрузки одной пачки лесоматериалов  $t_1$  для манипуляторных погрузчиков МПР-1221, МЛПР-394 с учетом коэффициента совмещения операций определяется по формуле

$$t_1 = k \cdot \left( \frac{4 \cdot h}{v_{\text{п}}} + \frac{2 \cdot \alpha}{\omega} + t_{\text{зах}} + t_{\text{укл}} \right),$$

где  $k$  – коэффициент совмещения операций;  $h$  – средняя высота подъема и опускания груза, м;  $v_{\text{п}}$  – средняя скорость подъема и опускания груза, м/с;  $\alpha$  – угол поворота стрелы, рад;  $\omega$  – средняя скорость поворота стрелы, рад/с.

Подставив полученные выражения  $t_1$  в формулу (6.1), получим формулы производительности:

– для челюстных лесопогрузчиков:

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п-з}}) \cdot \varphi_1 \cdot Q_{\text{л.т}}}{\left( \frac{2 \cdot L}{v_{\text{дв}}} + t_{\text{зах}} + t_{\text{укл}} \right) \cdot \frac{Q_{\text{л.т}}}{Q \cdot \varphi_2} + t_2 + t_3}; \quad (6.2)$$

– для манипуляторных лесопогрузчиков:

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot Q_{л.т}}{k \cdot \left( \frac{4 \cdot h}{v_{п}} + \frac{2 \cdot \alpha}{\omega} + t_{зах} + t_{укл} \right) \cdot \frac{Q_{л.т}}{Q \cdot \varphi_2} + t_2 + t_3}. \quad (6.3)$$

Формулы (6.2) и (6.3) представляют собой математическое описание процесса погрузки хлыстов (дереьев) и сортиментов челюстными и манипуляторными погрузчиками и с достаточной точностью позволяют анализировать производительность этих машин в зависимости от основных влияющих факторов.

### *Исходные данные для расчетов*

Для всех вариантов продолжительность смены  $T = 28\,800$  с (8 ч);  $t_{п-3} = 2400$  с;  $\varphi_2 = 0,85$ ;  $t_2 = 180$  с. В зависимости от типа погрузчика принимать: для челюстных погрузчиков ( $t_{зах} + t_{укл}$ ) = 120 с;  $t_3 = 210$  с; для манипуляторных погрузчиков ( $t_{зах} + t_{укл}$ ) = 60 с;  $t_3 = 150$  с;  $k = 0,8$ ;  $v_{п} = 0,85$  м/с;  $\alpha = 3,14$  рад;  $\omega = 0,63$  рад/с.

Исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 6.1 и 6.2. По каждому варианту приводятся значения постоянных факторов, переменных факторов, пределы и шаг изменения последних.

Таблица 6.1

**Исходные данные для расчетов к заданию № 13  
(значения постоянных величин)**

Вариант	Марка погрузчика	$Q$ , м <sup>3</sup>	$Q_{л.т}$ , м <sup>3</sup>	$\varphi_1$	$L$ , м	$v_{дв}$ , м/с	$h$ , м
1	ПЛ-1В	1,5	25,0	0,55	10	0,95	–
2	ЛТ-188	2,0	25,0	0,60	10	0,80	–
3	ЛТ-188	2,5	25,0	0,65	15	0,80	–
4	МПР-1221	0,4	20,0	0,70	–	–	2,0
5	МЛПР-394	0,5	20,0	0,75	–	–	2,5
6	МЛПР-394	0,6	20,0	0,55	–	–	3,0
7	ПЛ-1В	2,0	22,5	0,60	10	0,90	–
8	ЛТ-188	2,5	22,5	0,65	15	0,75	–
9	ЛТ-188	3,0	22,5	0,70	20	0,75	–
10	МПР-1221	0,5	22,5	0,75	–	–	2,5
11	МЛПР-394	0,6	22,5	0,55	–	–	3,0
12	МЛПР-394	0,7	22,5	0,60	–	–	3,5
13	ПЛ-1В	2,5	20,0	0,65	15	0,95	–

Вариант	Марка погрузчика	$Q, \text{ м}^3$	$Q_{\text{л.т.}}, \text{ м}^3$	$\varphi_1$	$L, \text{ м}$	$v_{\text{дв}}, \text{ м/с}$	$h, \text{ м}$
14	ЛТ-188	3,0	20,0	0,70	20	0,80	—
15	ЛТ-188	3,5	20,0	0,75	25	0,80	—
16	МПП-1221	0,5	25,0	0,55	—	—	3,0
17	МЛПП-394	0,6	25,0	0,60	—	—	3,5
18	МЛПП-394	0,7	25,0	0,65	—	—	4,0
19	ПЛ-1В	3,0	17,5	0,70	20	0,90	—
20	ЛТ-188	3,5	17,5	0,75	25	0,75	—
21	ЛТ-188	4,0	17,5	0,55	10	0,75	—
22	МПП-1221	0,5	27,5	0,60	—	—	3,5
23	МЛПП-394	0,6	27,5	0,65	—	—	4,0
24	МЛПП-394	0,7	27,5	0,70	—	—	2,5
25	ПЛ-1В	3,5	15,0	0,75	25	0,95	—
26	ЛТ-188	4,0	15,0	0,55	20	0,80	—
27	ЛТ-188	2,0	15,0	0,60	15	0,80	—
28	МПП-1221	0,4	30,0	0,65	—	—	4,0
29	МЛПП-394	0,5	30,0	0,70	—	—	3,0
30	МЛПП-394	0,6	30,0	0,75	—	—	2,5

Таблица 6.2

**Исходные данные для расчетов к заданию № 13  
(значения переменных величин)**

Марка погрузчика	Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
		минимальное	максимальное	
ПЛ-1В	$Q, \text{ м}^3$	1,5	3,5	0,5
	$Q_{\text{л.т.}}, \text{ м}^3$	15,0	25,0	2,5
	$\varphi_1$	0,55	0,75	0,05
	$L, \text{ м}$	5	25	5
ЛТ-188	$Q, \text{ м}^3$	2,0	4,0	0,5
	$Q_{\text{л.т.}}, \text{ м}^3$	15,0	25,0	2,5
	$\varphi_1$	0,55	0,75	0,05
	$L, \text{ м}$	5	25	5
МПП-1221	$Q, \text{ м}^3$	0,40	0,60	0,05
	$Q_{\text{л.т.}}, \text{ м}^3$	20,0	30,0	2,5
	$\varphi_1$	0,55	0,75	0,05
	$h, \text{ м}$	2,0	4,0	0,5
МЛПП-394	$Q, \text{ м}^3$	0,5	0,9	0,1
	$Q_{\text{л.т.}}, \text{ м}^3$	20,0	30,0	2,5
	$\varphi_1$	0,55	0,75	0,05
	$h, \text{ м}$	2,0	4,0	0,5

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формулам (6.2) и (6.3) на ПЭВМ. Результаты вычислений выводятся на экран в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (грузоподъемность погрузчика  $Q$ , коэффициент использования рабочего времени смены  $\varphi_1$ , грузоподъемность лесовозного транспорта  $Q_{л.т}$  и т. д.), а правый – производительность лесопогрузчика в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности машины в зависимости от  $Q$ ,  $\varphi_1$ ,  $Q_{л.т}$  и от других изменяемых параметров. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Графики анализируются и по каждому из них даются пояснения, почему наблюдаются такие зависимости.

## **Задание № 14**

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность автомобилей на вывозке древесины**

#### *Постановка задачи*

Ежегодно в Республике Беларусь заготавливается и вывозится на нижние склады и потребителям примерно 14 млн. м<sup>3</sup> древесины. Основным видом лесовозного транспорта является автомобильный, которым вывозится около 95% заготовленной древесины. Вывозка производится в основном по дорогам с гравийным и твердым покрытием и частично по грунтовым дорогам.

Транспорт древесины является составной частью лесозаготовительного процесса, и его доля в себестоимости лесопродукции доходит до 35–40%, а трудоемкость в цикле лесозаготовительного производства составляет 25–30%.

Учитывая, что энергоносители и автомобили постоянно дорожают, повышение эффективности работы лесовозного транспорта приобретает все большее значение. Для достижения высокой производительности автомобилей на вывозке древесины в конкретных природно-производственных условиях необходимо знать,

какие факторы и как оказывают влияние на нее. Производственный опыт показывает, что основными факторами являются: расстояние вывозки; нагрузка на рейс автомобиля; время пробега 1 км пути автомобилем, т. е. скорость движения, зависящая от типа дороги; время на загрузку и выгрузку лесовозного транспорта.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность автомобиля на вывозке древесины в зависимости от нагрузки на рейс, расстояния вывозки, времени пробега 1 км пути в обоих направлениях, времени на загрузку и выгрузку лесовозного транспорта.

### *Решение задачи*

Производительность автомобиля на вывозке древесины определяется по формуле

$$\Pi = \frac{[T - (t_{п-з} + t_{л} + t_0 \cdot S_0)] \cdot V_B}{\left(\frac{a}{S_M} + b\right) \cdot t_M \cdot S_M + t_{yc} \cdot S_{yc} + t_B \cdot S_1 + t_{y-B} + t_{п} \cdot V_B}, \quad (6.4)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на подготовительно-заключительные работы в течение смены, с,  $t_{п-з} = 2160$  с;  $t_{л}$  – время на предрейсовый медицинский осмотр (240 с) и личные надобности (600 с),  $t_{л} = 840$  с;  $t_0$  – время нулевого пробега 1 км в обоих направлениях, с,  $t_0 = 240$  с;  $S_0$  – расстояние нулевого пробега (от нижнего склада до гаража), км,  $S_0 = 3-5$  км;  $V_B$  – нагрузка на рейс автомобиля, м<sup>3</sup>, зависит от типа дороги, по которой вывозится древесина (грунтовая, гравийная и др.), вида вывозимой древесины (хлысты, сортименты, щепы), грузоподъемности лесовозного автопоезда;  $a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от расстояния вывозки, при расстоянии вывозки до 40 км  $a = 1,70$  и  $b = 0,96$ , при расстоянии вывозки более 40 км  $a = 7,37$  и  $b = 0,81$ ;  $S_M$  – расстояние вывозки по магистральной дороге, км;  $t_M$  – время пробега 1 км в обоих направлениях по магистрали, с, зависит от типа дороги;  $t_{yc}$  – время пробега 1 км в обоих направлениях по лесовозному усу, по грунтовым естественным усам  $t_{yc} = 600$  с, по усам с лежневым и щитовым покрытием  $t_{yc} = 420$  с;  $S_{yc}$  – расстояние вывозки по лесовозному усу, км;  $t_B$  – время на ожидание встречного автопоезда на 1 км пробега в порожнем направлении, с, при однополосном движении  $t_B = 6$  с,



при двухполосном  $t_b = 0$ ;  $S_1$  – протяженность лесной дороги с однополосным движением, км;  $t_{y-в}$  – время на установку автопоезда под погрузку и выгрузку и время на выгрузку древесины на один рейс, с;  $t_{п}$  – время на погрузку  $1 \text{ м}^3$  древесины на автопоезд, с, зависит от типа грузоподъемной машины и вида погружаемой древесины.

Данная формула является математическим описанием процесса вывозки древесины автомобильным транспортом. Этот процесс включает: установку поезда под погрузку и выгрузку, ожидание погрузки и выгрузки, погрузку древесины на лесовозный транспорт, движение автопоезда с грузом и порожняком; пробег от гаража до лесной дороги и с нижнего склада до гаража; ежесменное техническое обслуживание машины; получение и сдачу путевого листа и товаротранспортных документов; прохождение предрейсового медосмотра.

#### *Исходные данные для расчетов*

Независимо от варианта в расчетах принимаются:  $T = 25\,200$  с;  $t_{п-з} = 2160$  с;  $t_{л} = 840$  с; при расстоянии вывозки до 40 км  $a = 1,70$ ,  $b = 0,96$ , при расстоянии вывозки более 40 км  $a = 7,37$ ,  $b = 0,81$ ; при вывозке хлыстов и сортиментов  $t_{y-в} = 480$  с, а при вывозке щепы  $t_{y-в} = 360$  с.

Необходимые данные для расчетов производительности автомобилей содержат 30 вариантов и приведены в табл. 6.3 и 6.4. По каждому варианту указаны марка лесовозного автомобиля, вид вывозимой древесины и тип дороги, даны значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения последних.

Таблица 6.3

**Исходные данные для расчетов к заданию № 14  
(значения постоянных величин)**

Вариант	Марка автомобиля	Вид вывозимой древесины	Тип дороги		Значение показателя							
			магистраль	лесовозный ус	$S_0$ , км	$V_{в3}$ , $\text{м}^3$	$S_m$ , км	$S_{yc}$ , км	$t_b$ , с	$S_1$ , км	$t_{п}$ , с	$t_m$ , с
1	КрАЗ-64372	Хлысты	ГУ	Л	3,0	26	35	2,0	6	20	70	300
2	КрАЗ-64372	Сортименты	ГУ	Л	3,0	18	35	2,0	6	20	140	300

Продолжение табл. 6.3

Вариант	Марка автомобиля	Вид вывозимой древесины	Тип дороги		Значение показателя							
			магистраль	лесовозный ус	$S_0$ , км	$V_{вз}$ , м <sup>3</sup>	$S_m$ , км	$S_{ус}$ , км	$t_b$ , с	$S_1$ , км	$t_{гь}$ , с	$t_m$ , с
3	КрАЗ-64372	Хлысты	Г	ГЕ	2,0	28	45	1,5	0	0	70	250
4	КрАЗ-64372	Сортименты	Г	ГЕ	2,0	18	45	1,5	0	0	140	250
5	КрАЗ-64372	Хлысты	А	ЩП	4,0	28	50	2,0	0	0	70	200
6	МАЗ-641808	Хлысты	ГУ	ГЕ	2,0	22	40	1,0	6	15	100	300
7	МАЗ-6303А8	Сортименты	ГУ	ГЕ	2,0	18	40	1,0	6	15	140	300
8	МАЗ-6422А8	Щепа	ГУ	ГЕ	2,0	15	40	1,0	6	15	180	300
9	МАЗ-641808	Хлысты	А	ЩП	3,0	24	50	2,0	0	0	70	200
10	МАЗ-6303А8	Сортименты	А	ЩП	3,0	18	50	2,0	0	0	140	200
11	МАЗ-543403	Хлысты	ГУ	ГЕ	2,5	20	45	1,5	6	10	100	300
12	МАЗ-6303А8	Сортименты	ГУ	ГЕ	2,5	17	45	1,5	6	10	140	300
13	МАЗ-6422А8	Щепа	ГУ	ГЕ	2,5	14	45	1,5	6	10	180	300
14	МАЗ-543403	Хлысты	Г	ЩП	3,0	20	50	2,0	0	0	70	250
15	МАЗ-6303А8	Сортименты	Г	ЩП	3,0	18	50	2,0	0	0	140	250
16	Урал-4320	Хлысты	ГУ	ГЕ	2,0	18,0	50	1,5	0	0	120	300
17	Урал-4320	Сортименты	ГУ	ГЕ	2,0	16,0	50	1,5	0	0	140	300
18	Урал-4320	Хлысты	Г	Л	4,0	18,0	60	2,0	0	0	100	250
19	Урал-4320	Сортименты	Г	Л	4,0	16,0	60	2,0	0	0	140	250
20	КамАЗ-53614В	Хлысты	Г	ГЕ	2,5	18,0	60	1,5	0	0	70	250

Вариант	Марка автомобиля	Вид вывозимой древесины	Тип дороги		Значение показателя							
			магистраль	лесовозный ус	$S_0$ , км	$V_{B3}$ , м <sup>3</sup>	$S_M$ , км	$S_{yc}$ , км	$t_B$ , с	$S_1$ , км	$t_{П}$ , с	$t_M$ , с
21	КамАЗ-53614В	Сортименты	Г	ГЕ	2,5	16,0	60	1,5	0	0	140	250
22	КамАЗ-53614В	Щепа	Г	ГЕ	2,5	14,0	60	1,5	0	0	180	250
23	КамАЗ-53614В	Хлысты	А	Л	2,0	20,0	70	2,0	0	0	100	200
24	МАЗ-543403	Хлысты	ГУ	ГЕ	3,0	20,0	55	1,5	6	20	100	300
25	МАЗ-6303А8	Сортименты	ГУ	ГЕ	3,0	17,0	55	1,5	6	20	140	300
26	МАЗ-6422А8	Щепа	ГУ	ГЕ	3,0	16,0	55	1,5	6	20	180	300
27	МАЗ-543403	Хлысты	Г	ЩП	4,0	18,0	50	2,0	0	0	70	250
28	МАЗ-6303А8	Сортименты	Г	ЩП	4,0	18,0	50	2,0	0	0	140	250
29	МАЗ-641808	Хлысты	ГУ	ГЕ	2,0	24,0	50	1,0	4	20	70	300
30	КамАЗ-53614В	Хлысты	Г	Л	3,0	20,0	45	1,5	0	0	70	250

*Примечание.* Магистраль: ГУ – грунтовая улучшенная, Г – гравийная, А – с асфальто-бетонным покрытием.

Лесовозный ус: Л – лежневый, ГЕ – грунтовой естественный, ЩП – со щитовым покрытием.

Таблица 6.4

**Исходные данные для расчетов к заданию № 14  
(значения переменных величин)**

Переменная величина	Марка автомобиля				Шаг изменения величины
	КрАЗ-64372	МАЗ-641808, МАЗ-543403	Урал-4320	КамАЗ-53614В	
$S_M$ , км	30–80	30–80	30–70	30–70	10
$V_{B3}$ , м <sup>3</sup>	16–30	14–26	12–20	14–22	2
$t_{П}$ , с	60–180	60–180	60–180	60–180	20
$t_M$ , с	200–500	200–500	200–500	200–500	50

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (6.4) на ПЭВМ. Результаты расчетов компьютер выдает в виде табличных данных аналогично другим заданиям. Левый столбец цифр содержит значения изменяемых параметров, а правый – значения производительности автомобиля в зависимости от величины изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности в зависимости от нагрузки на рейс автомобиля, расстояния вывозки древесины, времени пробега 1 км пути, времени на загрузку лесовозного транспорта. Затем графики анализируются и даются соответствующие выводы с объяснением, почему наблюдаются такие зависимости.

## **Задание № 15**

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность кранов на выгрузке древесины**

#### *Постановка задачи*

Технологический процесс на нижнем складе начинается с выгрузки хлыстов, деревьев или сортиментов, доставленных по лесной дороге транспортными средствами с погрузочных пунктов лесосек. Выгрузка древесины с подвижного состава может выполняться различными способами, однако наибольшее применение получил способ выгрузки с подъемом пачки, при котором пачку лесоматериалов захватывают, поднимают вертикально и перемещают к месту укладки. Этот способ позволяет подавать древесину непосредственно на обработку, перегрузку, другой вид транспорта, приемные площадки раскряжевочных установок и в запас или только на приемную площадку.

На выгрузке хлыстов с лесовозного транспорта на современных лесных складах широко используются козловые ЛТ-62, консольно-козловые ККЛ-16 и мостовые КМ-3001 краны.

Несмотря на разнообразие конструктивного исполнения, к такому погрузочно-разгрузочному оборудованию предъявляются общие требования, обусловленные значительной массой грузов,

их габаритами и несимметричностью формы (пачки хлыстов или деревьев), а также необходимостью размещения лесоматериалов на значительной площади. Поэтому для эффективной работы кранового оборудования на выгрузке необходимо принимать во внимание факторы, оказывающие влияние на его производительность. Основными из них являются: объем пачки выгружаемых лесоматериалов, высота подъема и опускания груза, расстояние перемещения грузовой тележки и расстояние перемещения крана.

Следовательно, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность кранов на выгрузке древесины в зависимости от объема пачки выгружаемых лесоматериалов, средней высоты подъема и опускания груза, расстояний перемещения грузовой тележки и крана.

#### *Решение задачи*

Сменная производительность козловых, консольно-козловых и мостовых кранов на выгрузке древесины с достаточной точностью может быть определена по формуле

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot k \cdot V_{п}}{t_{ц}}, \quad (6.5)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени смены;  $k$  – коэффициент совмещения операций (совмещение во времени передвижения грузовой тележки с передвижением крана и др.);  $V_{п}$  – средний объем выгружаемой пачки древесины, м<sup>3</sup>;  $t_{ц}$  – продолжительность цикла, с.

Продолжительность цикла  $t_{ц}$  определяется по формуле

$$t_{ц} = 2 \cdot \left( \frac{2 \cdot h}{v_{гр}} + \frac{L_1}{v_{тел}} + \frac{L_2}{v_{кр}} \right) + t_1 + t_2,$$

где  $h$  – средняя высота подъема и опускания груза, м;  $L_1$  и  $L_2$  – соответственно средние расстояния перемещения грузовой тележки и крана, м;  $v_{гр}$ ,  $v_{тел}$  и  $v_{кр}$  – соответственно скорости подъема груза, перемещения грузовой тележки и крана, м/с;  $t_1$  – время на захват груза, с;  $t_2$  – время на отцепку груза, с.

Независимо от конструкции крана время на захват и отцепку груза ( $t_1 + t_2$ ) принимается: при работе со стропами 90–240 с; с грейферами 60–150 с.

Подставив полученное выражение  $t_{ц}$  в формулу (6.5), получим

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot k \cdot V_{п}}{2 \cdot \left( \frac{2 \cdot h}{v_{гр}} + \frac{L_1}{v_{тел}} + \frac{L_2}{v_{кр}} \right) + t_1 + t_2}. \quad (6.6)$$

Формула (6.6) представляет собой математическое описание процесса выгрузки пачек лесоматериалов кранами в зависимости от различных факторов.

#### *Исходные данные для расчетов*

Для всех вариантов продолжительность смены  $T = 25\ 200$  с (7 ч);  $t_{п-з} = 2400$  с;  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $k = 1,15$ . У нечетных вариантов для захвата груза используются стропы ( $t_1 + t_2$ ) = 160 с; у четных – грейферы ( $t_1 + t_2$ ) = 100 с.

Необходимые исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 6.5 и 6.6. По каждому варианту приводятся значения постоянных факторов, переменных факторов, пределы и шаг изменения последних.

Таблица 6.5

**Исходные данные для расчетов к заданию № 15  
(значения постоянных величин)**

Вариант	Марка крана	$V_{п}, \text{ м}^3$	$h, \text{ м}$	$L_1, \text{ м}$	$L_2, \text{ м}$	$v_{гр}, \text{ м/с}$	$v_{тел}, \text{ м/с}$	$v_{кр}, \text{ м/с}$
1	ЛТ-62	18	5	25	70	0,22	0,57	0,85
2	ККЛ-16	10	6	30	60	0,22	1,19	1,10
3	КМ-3001	16	7	20	50	0,13	0,66	1,33
4	ЛТ-62	18	8	25	40	0,22	0,57	0,85
5	ККЛ-16	12	9	35	30	0,22	1,19	1,10
6	КМ-3001	22	6	15	20	0,13	0,66	1,33
7	ЛТ-62	24	7	20	75	0,22	0,57	0,85
8	ККЛ-16	10	8	30	65	0,22	1,19	1,10
9	КМ-3001	24	5	20	55	0,13	0,66	1,33
10	ЛТ-62	16	9	15	45	0,22	0,57	0,85
11	ККЛ-16	13	10	20	35	0,22	1,19	1,10
12	КМ-3001	20	6	20	25	0,13	0,66	1,33
13	ЛТ-62	22	7	25	70	0,22	0,57	0,85
14	ККЛ-16	11	8	25	80	0,22	1,19	1,10

Вариант	Марка крана	$V_{п}, м^3$	$h, м$	$L_1, м$	$L_2, м$	$v_{гр}, м/с$	$v_{тел}, м/с$	$v_{кр}, м/с$
15	КМ-3001	24	7	15	60	0,13	0,66	1,33
16	ЛТ-62	18	8	30	50	0,22	0,57	0,85
17	ККЛ-16	14	9	30	40	0,22	1,19	1,10
18	КМ-3001	18	5	20	30	0,13	0,66	1,33
19	ЛТ-62	20	9	25	60	0,22	0,57	0,85
20	ККЛ-16	12	10	35	70	0,22	1,19	1,10
21	КМ-3001	20	7	15	50	0,13	0,66	1,33
22	ЛТ-62	22	8	20	40	0,22	0,57	0,85
23	ККЛ-16	13	9	30	30	0,22	1,19	1,10
24	КМ-3001	16	6	15	20	0,13	0,66	1,33
25	ЛТ-62	18	7	25	35	0,22	0,57	0,85
26	ККЛ-16	12	8	25	60	0,22	1,19	1,10
27	КМ-3001	22	5	15	20	0,13	0,66	1,33
28	ЛТ-62	22	8	15	35	0,22	0,57	0,85
29	ККЛ-16	11	9	30	60	0,22	1,19	1,10
30	КМ-3001	24	7	20	30	0,13	0,66	1,33

Таблица 6.6

**Исходные данные для расчетов к заданию № 15  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	мини-мальное	макси-мальное	
Объем выгружаемой пачки $V_{п}, м^3$ :			
– ЛТ-62 и КМ-3001	16	24	2
– ККЛ-16	10	14	1
Высота подъема и опускания груза $h, м$	5	10	1
Расстояние перемещения тележки $L_1, м$ :			
– ЛТ-62	15	30	5
– ККЛ-16	20	35	5
– КМ-3001	15	25	2,5
Расстояние перемещения крана $L_2, м$ :			
– ЛТ-62 и ККЛ-16	30	80	10
– КМ-3001	20	60	10

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (6.6) на ПЭВМ. Результаты вычислений выводятся на экран в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность кранов на выгрузке древесины в зависимости от изменяемого параметра.

### Обработка полученных результатов

По полученным данным строятся графики изменения производительности кранов в зависимости от объема пачки выгружаемых лесоматериалов, высоты подъема и опускания груза, расстояний перемещения грузовой тележки и крана. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Далее по каждому графику делается анализ с пояснениями, почему получаются такие зависимости.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

?

1. Назовите машины и механизмы, которые применяются при погрузке хлыстов и сортиментов на лесовозный транспорт и выгрузке их с лесовозного транспорта, укажите отличительные особенности конструкций этих машин и механизмов.

2. Перечислите основные факторы, влияющие на производительность лесопогрузчиков для погрузки древесины на лесовозный транспорт и объясните, как и почему эти факторы влияют на производительность.

3. Назовите отличия во времени погрузки одной пачки лесоматериалов челюстными и манипуляторными лесопогрузчиками.

4. Назовите марки лесовозных автопоездов для вывозки хлыстов, сортиментов и щепы и объясните, как изменяется их производительность в зависимости от расстояния вывозки и нагрузки на рейс и почему.

5. Укажите, какая доля в себестоимости лесопродукции приходится на транспорт древесины.

6. Перечислите операции, которые включает процесс вывозки древесины.

7. Перечислите основные факторы, влияющие на производительность кранов при выгрузке древесины, и объясните характер их влияния.

8. Дайте пояснения понятию «коэффициент совмещения операций».

9. Назовите приспособления и механизмы, которые могут быть использованы для захвата груза при выгрузке лесоматериалов с лесовозного транспорта.



# АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА РАСКРЯЖЕВКЕ ХЛЫСТОВ И СОРТИРОВКЕ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

---

*Задание № 16*

**Исследование и анализ влияния  
различных факторов на производительность  
раскряжевочных установок  
с продольной подачей  
и циклическим режимом работы**

*Постановка задачи*

Раскряжевка хлыстов на сортименты на полуавтоматических линиях с продольной подачей (ЛО-15А, ЛО-68 и др.) получила применение на лесных складах благодаря относительной простоте их конструкции, сравнительно высокой производительности, исключению ручного труда на раскряжевке и возможности осуществлять рациональную раскряжевку хлыстов. К недостаткам этих установок следует отнести невозможность раскряжевки хлыстов диаметром более 60 см при одной пиле и довольно высокую энерговооруженность (большая установочная мощность электродвигателей).

В условиях дефицита и дороговизны энергоресурсов очень важно для снижения затрат на раскряжевку хлыстов обеспечить наивысшую производительность линии в данных конкретных условиях. Для этого необходимо знать, какие факторы и как влияют на производительность раскряжевочной установки. Основными из них являются: средний объем хлыста, скорость подающего транспортера, производительность чистого пиления и средняя длина выпиливаемых сортиментов.

Следовательно, задачу можно сформулировать так: исследовать, как изменяется производительность раскряжевочной

установки в зависимости от среднего объема хлыста, средней длины выпиливаемых сортиментов, скорости подающего транспортера и производительности чистого пиления.

### *Решение задачи*

Расчетная формула производительности  $\Pi$ ,  $\text{м}^3$ , описывающая процесс раскряжевки хлыстов на автоматизированных установках с продольной подачей, имеет следующий вид:

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п-з}}) \cdot \varphi_1 \cdot V_{\text{хл}}}{t_{\text{хл}} + t_{\text{прод}} + (t_{\text{приж}} + t_{\text{пил}} + t_{\text{сбр}} + t_{\text{ком}} + t_{\text{авт}}) \cdot n_{\text{проп}}}, \quad (7.1)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{\text{п-з}}$  – время на подготовительно-заключительные операции, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $V_{\text{хл}}$  – средний объем хлыста,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{хл}}$  – время на подачу к пиле следующего хлыста, с;  $t_{\text{прод}}$  – время на продольное перемещение хлыста на основной скорости подающего транспортера, с,  $t_{\text{приж}}$  – время на одно срабатывание прижимов (опускание и подъем), не совпадающее с опусканием и подъемом пилы, с,  $t_{\text{приж}} = 2$  с;  $t_{\text{пил}}$  – время, затрачиваемое на один пропил, с;  $t_{\text{сбр}}$  – время на сброску отпиленного бревна и возвращение сбрасывателя в исходное положение, с,  $t_{\text{сбр}} \approx 1,5$  с;  $t_{\text{ком}}$  – время на подачу команды оператором, с,  $t_{\text{ком}} = 1$  с; если оператор подает команды при двигающемся подающем транспортере,  $t_{\text{ком}} = 0$ ;  $t_{\text{авт}}$  – время на срабатывание воспринимающих, передающих и исполнительных элементов системы автоматического управления, с, для электрической системы управления  $t_{\text{авт}} \approx 0,5$  с;  $n_{\text{проп}}$  – число пропилов, необходимых для раскряжевки одного хлыста.

$$t_{\text{хл}} = \frac{C_{\text{хл}}}{v_{\text{тр}}},$$

где  $C_{\text{хл}}$  – разрыв между двумя смежными хлыстами, м,  $C_{\text{хл}} = 3-4$  м;  $v_{\text{тр}}$  – основная скорость подающего транспортера, м/с.

$$t_{\text{прод}} = \frac{L_{\text{хл}}}{v_{\text{тр}}},$$

где  $L_{\text{хл}}$  – длина раскряжевываемого хлыста, м.

$$t_{\text{пил}} = \frac{L_1 - d_{\text{ср}}}{u_0} + \frac{\pi \cdot d_{\text{ср}}^2}{4 \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2} + \frac{L_1}{u_x},$$

где  $L_1$  – ход пилы, м, для ЛО-15А  $L_1 = 1$  м;  $d_{\text{ср}}$  – средний диаметр хлыста на середине его длины, м, зависит от объема хлыста и разряда высот;  $u_0$  – скорость надвигания пилы до момента соприкосновения ее с хлыстом и после выхода из пропила, м/с,  $u_0 = 0,7$  м/с;  $\Pi_{\text{пил}}$  – производительность чистого пиления, м<sup>2</sup>/с, для круглых пил на раскряжевке  $\Pi_{\text{пил}} = 0,04\text{--}0,06$  м<sup>2</sup>/с;  $\varphi_2$  – коэффициент использования производительности чистого пиления,  $\varphi_2 = 0,85\text{--}0,90$ ;  $u_x$  – скорость возвращения пилы в исходное положение, м/с,  $u_x = 0,7$  м/с.

$$n_{\text{проп}} = \frac{L_{\text{хл}} - l_{\text{ост}}}{l_{\text{ср}}} \pm m,$$

где  $l_{\text{ост}}$  – средняя длина оторцовки и остатка в вершине хлыста, м,  $l_{\text{ост}} = 0,7\text{--}0,8$  м;  $l_{\text{ср}}$  – средняя длина выпиливаемых сортиментов, м;  $m$  – постоянное число, при раскряжевке хлыстов  $m = +1$ , при разделке долготья на коротье с оторцовкой с двух сторон  $m = +1$ , при одной оторцовке  $m = 0$ , без оторцовки  $m = -1$ .

Подставив полученные значения в формулу (7.1), получим детализированную формулу производительности раскряжевочной установки циклического действия с продольной подачей хлыстов в раскряжевку:

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п-з}}) \cdot \varphi_1 \cdot V_{\text{хл}}}{\frac{C_{\text{хл}}}{v_{\text{тр}}} + \frac{L_{\text{хл}}}{v_{\text{тр}}} + \left( t_{\text{прижк}} + \frac{L_1 - d_{\text{ср}}}{u_0} + \frac{\pi \cdot d_{\text{ср}}^2}{4 \cdot \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2} + \frac{L_1}{u_x} + t_{\text{общ}} \right) \cdot \left( \frac{L_{\text{хл}} - l_{\text{ост}}}{l_{\text{ср}}} \pm m \right)}, \quad (7.2)$$

где  $t_{\text{общ}}$  – суммарное время на сброску отпиленного бревна и возвращение сбрасывателя в исходное положение, подачу команды оператором и срабатывание воспринимающих, передающих и исполнительных элементов системы автоматического управления, с ( $t_{\text{общ}} = t_{\text{сбр}} + t_{\text{ком}} + t_{\text{авт}}$ ).

Полученная формула является математическим описанием процесса раскряжевки хлыстов на установках с продольной подачей и одной пилой в зависимости от различных природно-производственных факторов и технологических параметров установки.

Усредненные параметры хлыстов для лесов Республики Беларусь даны в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Средние длины и диаметры хлыстов в лесах Республики Беларусь**

Показатель	Средний объем хлыста, 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
Средняя длина хлыста, 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 середине высоты, 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
Диаметр ствола на высоте груди, см	14	18	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40

*Исходные данные для расчетов*

Для всех вариантов продолжительность смены 7 ч, т. е.  $T = 25\ 200$  с;  $t_{п-з} = 1500$  с;  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $L_1 = 1,0$  м;  $u_0 = 0,7$  м/с;  $u_x = 0,7$  м/с;  $m = +1$ ;  $t_{сбр} = 1,5$  с;  $t_{приж} = 2$  с;  $t_{ком} = 1$  с;  $t_{авт} = 0,5$  с.

Варианты задач и другие исходные данные для расчетов производительности раскряжевочных установок с продольной подачей и циклическим режимом работы представлены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

**Исходные данные для расчетов к заданию № 16  
(значения постоянных величин)**

Вариант	$V_{хл}, м^3$	$l_{ср}, м$	$v_{тр}, м/с$	$П_{пил}, м^2/с$	$C_{хл}, м$	$l_{ост}, м$
1	0,1	2,5	2,0	0,06	2,0	0,7
2	0,2	2,5	2,0	0,06	2,0	0,7
3	0,3	2,5	1,8	0,06	2,0	0,7
4	0,4	3,0	1,8	0,05	2,5	0,7
5	0,5	3,0	1,6	0,05	2,5	0,7
6	0,6	3,0	1,6	0,05	2,5	0,8
7	0,7	3,5	1,4	0,04	3,0	0,8
8	0,8	3,5	1,4	0,04	3,0	0,8
9	0,9	3,5	1,2	0,04	3,0	0,8
10	1,0	3,5	1,2	0,04	3,0	0,8
11	0,1	3,0	1,8	0,07	2,5	0,6
12	0,2	3,0	1,8	0,07	2,5	0,6
13	0,3	3,0	1,6	0,07	2,5	0,6
14	0,4	3,5	1,6	0,06	3,0	0,6
15	0,5	3,5	1,4	0,06	3,0	0,6

Вариант	$V_{\text{хл}}, \text{м}^3$	$l_{\text{ср}}, \text{м}$	$v_{\text{тр}}, \text{м/с}$	$\Pi_{\text{пил}}, \text{м}^2/\text{с}$	$C_{\text{хл}}, \text{м}$	$l_{\text{ост}}, \text{м}$
16	0,6	3,5	1,4	0,06	3,0	0,7
17	0,7	4,0	1,2	0,05	3,5	0,7
18	0,8	4,0	1,2	0,05	3,5	0,7
19	0,9	4,0	1,0	0,05	3,5	0,7
20	1,0	4,0	1,0	0,05	3,5	0,7
21	0,1	3,5	1,6	0,06	3,0	0,5
22	0,2	3,5	1,6	0,06	3,0	0,5
23	0,3	3,5	1,4	0,06	3,0	0,5
24	0,4	3,5	1,4	0,05	3,5	0,6
25	0,5	4,0	1,2	0,05	3,5	0,6
26	0,6	4,0	1,2	0,05	3,5	0,6
27	0,7	4,0	1,0	0,05	4,0	0,6
28	0,8	4,5	1,0	0,04	4,0	0,8
29	0,9	4,5	0,8	0,04	4,0	0,8
30	1,0	4,5	0,8	0,04	4,0	0,8

Значения переменных величин и шаг их изменения приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

**Исходные данные для расчетов к заданию № 16  
(значения переменных величин)**

Показатель	Значение показателя		Шаг изменения показателя
	минимальное	максимальное	
Средний объем хлыста $V_{\text{хл}}, \text{м}^3$	0,1	1,0	0,1
Средняя длина выпиливаемых сортиментов $l_{\text{ср}}, \text{м}$	2,0	5,0	0,5
Скорость подающего транспортера $v_{\text{тр}}, \text{м/с}$	0,8	2,0	0,2
Производительность чистого пиления $\Pi_{\text{пил}}, \text{м}^2/\text{с}$	0,03	0,08	0,01

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (7.2) на ПЭВМ. Результаты расчетов компьютер выдает на экран в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (объем хлыста, скорость движения транспортера,

производительность чистого пиления и т. д.), а правый – производительность раскряжевочной установки в зависимости от изменяемого параметра.

#### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности установки в зависимости от объема хлыста, скорости движения транспортера, производительности чистого пиления и средней длины выпиливаемого сортимента. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и даются соответствующие выводы с объяснениями получившихся зависимостей.

### **Задание № 17**

#### **Исследование и анализ влияния различных факторов на мощность привода и производительность продольных сортировочных лесотранспортеров**

##### *Постановка задачи*

Продольные лесотранспортеры широко применяются в лесной промышленности для перемещения, сортировки и подачи на обработку круглых лесоматериалов. Лесотранспортеры относятся к машинам непрерывного транспорта, так как рабочий ход (перемещение груза), загрузка и разгрузка происходят одновременно без остановки тягового устройства транспортера.

Для сортировки круглых лесоматериалов, подачи их в деревообрабатывающие цехи применяются цепные продольные транспортеры Б-22У-1А, ЛТ-44, ЛТ-86Б, ЛТ-182, а также находят ограниченное применение канатный транспортер ТТС-1.

Данное оборудование имеет высокие показатели производительности (особенно при автоматизированной сброске сортиментов в лесонакопители), однако не всегда используется эффективно в различных природно-производственных условиях, что приводит к снижению производительности и увеличению затрат энергии на привод лесотранспортера.

Целью расчета является определение потребной мощности электродвигателя приводной станции и производительности лесо-

транспортера, а также исследование зависимостей данных параметров от длины лесотранспортера, угла наклона тягового органа, его скорости, коэффициента загрузки, объема и длины сортиментов.

### *Решение задачи*

Для определения потребной мощности двигателя транспортера необходимо знать тяговое усилие  $Z_{\text{тяг}}$ . Натяжение тягового органа и сопутствующие параметры определяются методом обхода по контуру (рисунок) согласно следующему алгоритму:

$$Z_I = Z_M; Z_{II} = Z_I + \mu \cdot q \cdot L_2; Z_{III} = Z_{II} + q \cdot L_1 \cdot (\mu \cdot \cos\alpha - \sin\alpha);$$

$$Z_{IV} = K_3 \cdot Z_{III}; Z_V = Z_{IV} + (q \cdot L_1 + n_1 \cdot Q) \cdot (\mu \cdot \cos\alpha + \sin\alpha);$$

$$Z_{VI} = Z_V + \mu \cdot q \cdot L_2 + \mu \cdot n_2 \cdot Q; q = q_{\text{ц}} + \frac{q_{\text{тр}}}{l_{\text{тр}}}; Q = V_{\text{бр}} \cdot \gamma \cdot g;$$

$$n_1 = \frac{L_1 \cdot \varphi_2}{l_{\text{бр}}}; \varphi_2 = \frac{l_{\text{бр}}}{l_{\text{бр}} + a}; n_2 = \frac{L_2 \cdot \varphi_2 \cdot v}{l_{\text{бр}}};$$

$$Z_{\text{тяг}} = 1,05 \cdot Z_{VI} - 0,95 \cdot Z_I,$$

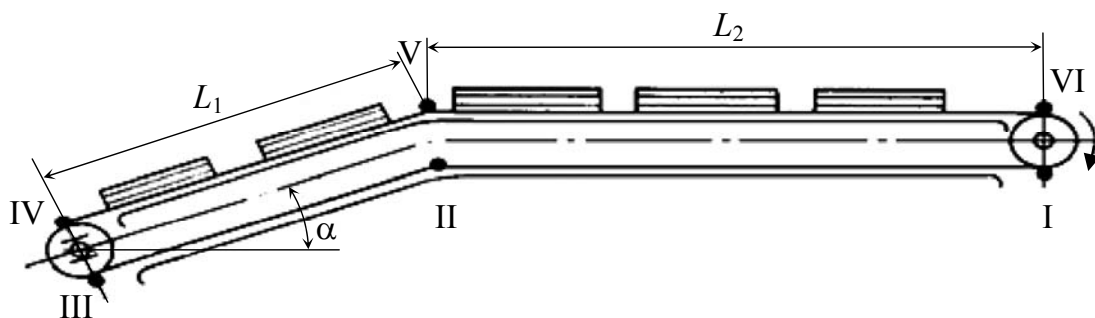
где  $Z_I$ – $Z_{VI}$  – натяжение тягового органа в точках I–VI, Н;  $Z_M$  – монтажное натяжение, Н,  $Z_M = 1000$ – $2500$  Н;  $\mu$  – коэффициент трения скольжения траверс по направляющим,  $\mu = 0,20$ – $0,25$ ;  $q$  – вес одного погонного метра тягового органа с траверсами, Н;  $L_1, L_2$  – соответственно длина наклонного и горизонтального участков транспортера, м;  $\alpha$  – угол подъема наклонного участка лесотранспортера, град;  $K_3$  – коэффициент сопротивления движению тягового органа при огибании ведущих звездочек,  $K_3 = 1,08$ ;  $n_1, n_2$  – число бревен на 1-м и 2-м участках лесотранспортера;  $Q$  – вес одного бревна, Н;  $q_{\text{ц}}$  – вес 1 м цепи, Н;  $q_{\text{тр}}$  – вес траверсы, Н;  $l_{\text{тр}}$  – расстояние между траверсами, м;  $V_{\text{бр}}$  – объем одного бревна, м<sup>3</sup>;  $\gamma$  – плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi_2$  – коэффициент загрузки лесотранспортера;  $l_{\text{бр}}$  – средняя длина бревна, м;  $a$  – расстояние между торцами бревен, м;  $v$  – коэффициент, учитывающий сброс лесоматериалов в лесонакопители,  $v = 0,35$ – $0,80$ , при равномерной сброске по всей длине транспортера,  $v = 0,55$ .

Тяговое усилие при использовании гравитационных сбрасывателей составляет

$$Z_{\text{тяг}} = 1,05 \cdot Z_{VI} - 0,95 \cdot Z_I + Z'_{\text{доп}};$$

$$Z'_{\text{доп}} = \frac{(n_1 + n_2) \cdot Q \cdot (\mu + \mu'_0) \cdot S_1}{S_2},$$

где  $\mu'_0$  – коэффициент тяги при качении ролика траверсы по направляющей,  $\mu'_0 = 0,05-0,06$ ;  $S_1, S_2$  – плечи приложения удерживающей силы и силы веса относительно точки качения траверсы, м.



Расчетная схема  
продольного сортировочного лесотранспортера

Динамическая нагрузка в период пуска лесотранспортера вычисляется по формуле

$$Z_{\text{д1}} = \frac{[(n_1 + n_2) \cdot Q + 2 \cdot q \cdot (L_1 + L_2)] \cdot v_{\text{тр}}}{9,81 \cdot t},$$

где  $v_{\text{тр}}$  – скорость тягового органа лесотранспортера, м/с;  $t$  – продолжительность разгона лесотранспортера, с,  $t = 2-4$  с.

Добавочное натяжение, возникающее при огибании звездочки, вычисляется по формуле

$$Z_{\text{д2}} = 1,5 \cdot m \cdot l_{\text{гр}} \omega^2,$$

где  $m$  – масса тягового органа и находящихся на нем лесоматериалов, кг;  $l_{\text{гр}}$  – длина грани звездочки или шаг цепи (для цепей из круглой стали), м;  $\omega$  – угловая скорость вращения ведущей звездочки, рад/с.

$$\omega = \frac{v_{\text{тр}}}{R},$$

где  $R$  – радиус ведущей звездочки приводной станции,  $R = 0,25$  м.



$$m = \frac{[C_1 \cdot (n_1 + n_2) \cdot Q + C_2 \cdot q \cdot (L_1 + L_2)]}{9,81},$$

где  $C_1, C_2$  – коэффициенты приведения масс (при длине транспортера 80–150 м  $C_1 = 0,75, C_2 = 0,75$ ).

Динамическое усилие, возникающее при сброске сортиментов в лесонакопители, вычисляется по формуле

$$Z''_{\text{доп}} = K_d \cdot \mu_d \cdot Q,$$

где  $K_d$  – коэффициент трения бревна об опоры,  $K_d = 1,5$ ;  $\mu_d$  – коэффициент динамичности,  $\mu_d = 0,5–0,6$ .

Максимальное усилие в тяговом органе лесотранспортера определяется по наибольшему:

– с рычажными сбрасывателями:

$$Z_{\text{max}} = Z_{\text{VI}} + Z_{\text{д1}}, \text{ или } Z_{\text{max}} = Z_{\text{VI}} + Z_{\text{д2}} + Z''_{\text{доп}};$$

– с гравитационными сбрасывателями:

$$Z_{\text{max}} = Z_{\text{VI}} + Z_{\text{д1}} + Z'_{\text{доп}}, \text{ или } Z_{\text{max}} = Z_{\text{VI}} + Z_{\text{д2}} + Z'_{\text{доп}}.$$

Потребная мощность двигателя для привода лесотранспортера составит:

$$N_{\text{дв}} = \frac{Z_{\text{тяг}} \cdot v_{\text{тр}}}{\eta},$$

где  $\eta$  – КПД привода.

Производительность  $\Pi_{\text{ч}}$  продольных сортировочных транспортеров, м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot v_{\text{тр}} \cdot V_{\text{бр}}}{l_{\text{бр}}},$$

где  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени ( $\varphi_1 = 0,85–0,90$ ).

#### *Исходные данные для расчетов*

Необходимые исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 7.4 и 7.5. По каждому варианту приводятся значения постоянных факторов, значения переменных факторов, пределы и шаг их изменения.

**Исходные данные для расчетов к заданию № 17  
(значения постоянных величин)**

Вариант	Показатель						
	$L_1$ , м	$L_2$ , м	$l_{бр}$ , м	$\alpha$ , град	$v_{тр}$ , м/с	$\varphi_2$	$V_{бр}$ , м <sup>3</sup>
1	10	80	3,0	10	0,55	0,70	0,08
2	15	80	3,5	15	0,60	0,75	0,09
3	20	80	4,0	20	0,65	0,80	0,10
4	25	80	4,5	25	0,70	0,85	0,11
5	30	80	5,0	10	0,75	0,90	0,12
6	10	90	5,5	15	0,80	0,70	0,13
7	15	90	6,0	20	0,85	0,75	0,14
8	20	90	3,0	25	0,90	0,80	0,08
9	25	90	3,5	10	0,95	0,85	0,09
10	30	90	4,0	15	1,00	0,90	0,10
11	10	100	4,5	20	0,55	0,70	0,11
12	15	100	5,0	25	0,60	0,75	0,12
13	20	100	5,5	10	0,65	0,80	0,13
14	25	100	6,0	15	0,70	0,85	0,14
15	30	100	3,0	20	0,75	0,90	0,08
16	10	110	3,5	25	0,80	0,70	0,09
17	15	110	4,0	10	0,85	0,75	0,10
18	20	110	4,5	15	0,90	0,80	0,11
19	25	110	5,0	20	0,95	0,85	0,12
20	30	110	5,5	25	1,00	0,90	0,13
21	10	120	6,0	10	0,55	0,70	0,14
22	15	120	3,0	15	0,60	0,75	0,08
23	20	120	3,5	20	0,65	0,80	0,09
24	25	120	4,0	25	0,70	0,85	0,10
25	30	120	4,5	10	0,75	0,90	0,11
26	10	130	5,0	15	0,80	0,70	0,12
27	15	130	5,5	20	0,85	0,75	0,13
28	20	130	6,0	25	0,90	0,80	0,14
29	25	130	4,0	10	0,95	0,85	0,10
30	30	130	5,0	15	1,00	0,90	0,12

*Примечание.* У вариантов с  $\varphi_2 = 0,70-0,80$  – рычажные сбрасыватели, с  $\varphi_2 = 0,85-0,90$  – гравитационные сбрасыватели. Для всех вариантов принимать  $Z_m = 1500$  Н;  $\mu = 0,2$ ;  $q_{ц} = 80$  Н;  $q_{тр} = 70$  Н;  $l_{тр} = 1,3$  м;  $\nu = 0,55$ ;  $\gamma = 850$  кг/м<sup>3</sup>;  $\mu'_0 = 0,05$ ;  $S_1 = 0,02$  м;  $S_2 = 0,30$  м;  $t = 3$  с;  $l_{тр} = 0,13$  м;  $\mu_d = 0,5$ ;  $\eta = 0,9$ ;  $\varphi_1 = 0,85$ .

**Исходные данные для расчетов к заданию № 17  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	мини-мальное	макси-мальное	
Длина наклонного участка лесотранспортера $L_1$ , м	10	30	5
Длина горизонтального участка лесотранспортера $L_2$ , м	80	130	10
Средняя длина бревна $l_{бр}$ , м	3,0	6,0	0,5
Угол подъема наклонного участка лесотранспортера $\alpha$ , град	10	25	5
Скорость лесотранспортера $v_{тр}$ , м/с	0,55	0,95	0,10
Коэффициент загрузки транспортера $\varphi_2$	0,70	0,90	0,05
Объем одного бревна $V_{бр}$ , м <sup>3</sup>	0,08	0,14	0,01

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по вышеприведенной методике на ПЭВМ. Результаты вычислений компьютер выводит в виде табличных данных, в которых левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр (скорость тягового органа лесотранспортера, средняя длина бревна, объем бревна и т. д.), а правый – мощность или производительность лесотранспортера в зависимости от изменяемого параметра.

*Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графические зависимости производительности и мощности привода лесотранспортера от объема и средней длины сортимента, скорости тягового органа транспортера, коэффициента загрузки и других изменяемых параметров. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Далее производится анализ графиков и по каждому из них делаются соответствующие выводы с пояснениями получившихся зависимостей.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ



1. Назовите марки полуавтоматических раскрывочных установок с продольной подачей хлыстов в раскрывку и условия их применения.

2. Перечислите основные факторы, влияющие на производительность раскряжевочных установок с продольной подачей хлыстов и циклическим режимом работы.

3. Объясните, как и почему оказывают влияние на производительность полуавтоматических раскряжевочных установок с продольной подачей и циклическим режимом работы средний объем хлыста и средняя длина выпиливаемых сортиментов.

4. Объясните, как определить количество пропилов, необходимых для раскряжевки одного хлыста.

5. Назовите марки продольных лесотранспортеров для сортировки круглых лесоматериалов и объясните, какие факторы, как и почему влияют на мощность привода лесотранспортеров.

6. Назовите факторы, влияющие на производительность сортировочных лесотранспортеров.

7. Поясните, каким методом определяется натяжение тягового органа и в чем его суть.

8. Назовите отличие в определении тягового усилия при использовании рычажных и гравитационных сбрасывателей.

# АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ И МАШИН ПО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ

---

## Задание № 18

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность и мощность привода роторных окорочных станков**

#### *Постановка задачи*

В станках с кольцевой ножевой головкой применяется поперечно-винтовая окорка. Коросниматели, укрепленные внутри кольцевой головки, вращаются вместе с ней в плоскости, нормальной к оси обрабатываемого кряжа. Окоряемое бревно в продольном направлении по оси вращения ножевой головки перемещается ведущими роликами, расположенными на качающихся рычагах, поставленных по обе стороны ножевой головки на кольцевой станине.

Производительность окорочных станков зависит от ряда факторов. Основные из них: толщина окариваемых бревен, порода и физическое состояние древесины, тип станка и режим его работы; околостаночная механизация, обеспечивающая загрузку и прием бревен; организация процесса окорки и квалификация станочника.

Следовательно, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность и потребная мощность роторного окорочного станка от перечисленных выше и других факторов.

### Решение задачи

Для роторно-скребкового станка непрерывного режима работы производительность,  $\Pi$ ,  $\text{м}^3$ , следующая:

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п-з}}) \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \varphi_4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_p \cdot z \cdot b}{240 \cdot k_{\text{п}}}, \quad (8.1)$$

где  $T$  – время смены с,  $T = 25\,200$  с;  $t_{\text{п-з}}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с,  $t_{\text{п-з}} = 2400$  с;  $\varphi_1$  – коэффициент заполнения транспортера,  $\varphi_1 = 0,8-0,9$ ;  $\varphi_2$  – коэффициент использования рабочего времени,  $\varphi_2 = 0,8$ ;  $\varphi_3$  – коэффициент технической готовности,  $\varphi_3 = 0,75$ ;  $\varphi_4$  – коэффициент повторного пропуска бревен, зависит от состояния древесины,  $\varphi_4 = 0,5-1,0$ ;  $d$  – средний диаметр бревна, м;  $n_p$  – число оборотов ротора в минуту;  $z$  – число ножей, шт.;  $b$  – ширина рабочей зоны инструмента, м;  $k_{\text{п}}$  – коэффициент перекрытия.

Коэффициент перекрытия  $k_{\text{п}}$  характеризуется безразмерной величиной, представляющей собой отношение длины рабочей кромки к продольной подаче (посылке) лесоматериалов на каждый коросниматель за один оборот ротора.

При окорке свежесрубленных лесоматериалов различных пород при положительных и отрицательных температурах оптимальная величина коэффициента перекрытия для роторных станков представлена в табл. 8.1.

Таблица 8.1

#### Значения коэффициента перекрытия для роторных станков

Температура, °С	Коэффициент перекрытия $k_{\text{п}}$ в зависимости от породы древесины	
	ель	сосна
0	2,0	1,0
-10	3,4	3,0
-20	4,0	4,0

Определим основные кинематические параметры. Скорость рабочей кромки короснимателя (скорость резания) определяется по формуле

$$v_{\text{рез}} = \frac{\pi \cdot n_p \cdot d}{60}.$$

Скорость продольного перемещения бревна (скорость подачи) находится по формуле

$$v_{\Pi} = \frac{b \cdot n_p \cdot z}{60 \cdot k_{\Pi}}$$

Усилие резания на одном короснимателе рассчитывается по формуле

$$F_k = b \cdot \frac{k_o}{k_{\Pi}} + b \cdot \mu_k \cdot k + k',$$

где  $k_o$  – удельное сопротивление сдвигу коры, зависящее от способа скобления, влажности, температуры, Н/м;  $\mu_k$  – коэффициент трения короснимателя о поверхность кряжа,  $\mu_k = 0,20-0,25$ ;  $k$  – давление кромки короснимателя,  $k = 15-30$  Н/м;  $k'$  – усилие, необходимое для перерезания волокон коры, Н.

Значения  $k_o$  и  $k'$  в зависимости от состояния окоряемой древесины приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Значения величин  $k_o$  и  $k'$

Состояние древесины	Ель		Сосна	
	$k_o$ , Н/м	$k'$ , Н	$k_o$ , Н/м	$k'$ , Н
Полусухая	4 700	50	4 200	60
Свежесрубленная	2 800	30	2 500	20
Сплавная	2 000	62	3 300	10
Мерзлая	13 200	226	10 900	140

Усилие, необходимое для продольного перемещения сортамента, находят по формуле

$$F_{\Pi} = k \cdot b \cdot z \cdot \mu_k + n_v \cdot m_{бр} \cdot g \cdot k_3 \cdot \varphi_v,$$

где  $n_v$  – число ведущих вальцов, шт.;  $m_{бр}$  – масса бревна, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $k_3$  – коэффициент запаса,  $k_3 = 1,5-2$ ;  $\varphi_v$  – коэффициент сопротивления движению вальца,  $\varphi_v = 0,1$ .

Масса бревна

$$m_{бр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_{бр} \cdot \rho,$$

где  $l_{бр}$  – длина бревна, м;  $\rho$  – плотность стволовой древесины, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность двигателя (кВт) для привода кольцевой головки

$$P_p = \frac{F_k \cdot z \cdot v_{рез}}{1000 \cdot \eta},$$

где  $\eta$  – КПД привода кольцевой головки,  $\eta = 0,95$ .

Мощность двигателя (кВт) для механизма продольного перемещения кряжа и вращения вальцов находят по формуле

$$P_{II} = \frac{F_{II} \cdot v_{II}}{1000 \cdot \eta_v},$$

где  $\eta_v$  – КПД привода вальцов,  $\eta = 0,85$ .

### *Исходные данные для расчетов*

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 8.3 и 8.4. По каждому варианту указана марка окорочного станка и приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 8.3

**Исходные данные для расчетов к заданию № 18  
(значения постоянных величин)**

Вариант	Марка станка	$d$ , м	$b$ , м	$l_{бр}$ , м	$z$ , шт.	$n_p$ , об./мин	$t$ , °С	Порода древесины
1	2ОК 40-1	0,22	0,040	4,0	10	320	-15	Ель
2	2ОК 63-1	0,23	0,050	5,5	6	180	0	Сосна
3	2ОК 80-1	0,28	0,045	6,5	12	150	-5	Сосна
4	2ОК 40-1	0,25	0,030	3,5	8	240	-20	Ель
5	2ОК 63-1	0,28	0,042	5,0	7	210	-8	Сосна
6	2ОК 80-1	0,25	0,055	4,5	10	190	0	Ель
7	2ОК 40-1	0,15	0,040	5,5	6	310	-2	Ель
8	2ОК 63-1	0,24	0,043	3,0	7	200	-17	Сосна
9	2ОК 80-1	0,37	0,041	2,5	6	170	-8	Ель
10	2ОК 40-1	0,12	0,035	6,0	10	360	0	Сосна
11	2ОК 40-1	0,21	0,035	4,5	8	240	-10	Сосна
12	2ОК 63-1	0,27	0,045	3,5	5	190	5	Сосна
13	2ОК 80-1	0,34	0,041	5,5	10	170	-15	Ель
14	2ОК 40-1	0,23	0,032	4,5	6	220	-10	Ель
15	2ОК 63-1	0,24	0,041	2,5	8	200	4	Сосна
16	2ОК 80-1	0,29	0,050	6,5	6	180	1	Сосна



Вариант	Марка станка	$d$ , м	$b$ , м	$l_{бр}$ , м	$z$ , шт.	$n_p$ , об./мин	$t$ , °С	Порода древесины
17	2ОК 40-1	0,21	0,040	3,5	7	300	-20	Ель
18	2ОК 63-1	0,29	0,048	3,0	5	160	-1	Сосна
19	2ОК 80-1	0,27	0,044	5,5	4	180	-8	Ель
20	2ОК 40-1	0,17	0,039	6,0	6	310	0	Ель
21	2ОК 40-1	0,23	0,030	2,5	6	280	-5	Ель
22	2ОК 63-1	0,25	0,050	5,0	6	180	3	Сосна
23	2ОК 80-1	0,27	0,043	7,5	10	170	0	Сосна
24	2ОК 40-1	0,21	0,040	3,5	7	230	10	Ель
25	2ОК 63-1	0,25	0,040	4,0	5	190	-5	Сосна
26	2ОК 80-1	0,35	0,050	4,5	8	180	0	Сосна
27	2ОК 40-1	0,19	0,040	3,5	4	330	-3	Ель
28	2ОК 63-1	0,22	0,048	5,5	5	200	-1	Сосна
29	2ОК 80-1	0,27	0,045	4,5	12	190	0	Ель
30	2ОК 40-1	0,22	0,035	6,5	8	300	10	Сосна

Таблица 8.4

**Исходные данные для расчетов к заданию № 18  
(значения переменных величин)**

Марка станка	Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
		минимальное	максимальное	
2ОК 40-1	Средний диаметр бревна $d$ , м	0,10	0,30	0,04
	Ширина рабочей кромки короснимателя $b$ , м	0,035	0,040	0,001
	Длина бревна $l_{бр}$ , м	1,5	6,5	1,0
	Число короснимателей $z$ , шт.	2	10	2
	Число оборотов ротора $n_p$ , об./мин	240	360	20
2ОК 63-1	Средний диаметр бревна $d$ , м	0,140	0,320	0,036
	Ширина рабочей кромки короснимателя $b$ , м	0,040	0,050	0,002
	Длина бревна $l_{бр}$ , м	2,5	7,5	1,0
	Число короснимателей $z$ , шт.	2	7	1
	Число оборотов ротора $n_p$ , об./мин	150	210	10
2ОК 80-1	Средний диаметр бревна $d$ , м	0,180	0,400	0,044
	Ширина рабочей кромки короснимателя $b$ , м	0,040	0,055	0,003
	Длина бревна $l_{бр}$ , м	2,5	7,5	1,0
	Число короснимателей $z$ , шт.	6	12	1
	Число оборотов ротора $n_p$ , об./мин	150	210	10

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по программе на ПК. Результаты расчетов компьютер выдает в виде табличных данных, в которых левый столбец представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность и установочную мощность станка в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности и установочной мощности окорочного станка в зависимости от среднего диаметра и длины сортимента, ширины рабочей зоны короснимателя, числа короснимателей и числа оборотов ротора. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями.

### **Задание № 19**

## **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность и мощность привода стационарных дисковых рубильных машин**

### *Постановка задачи*

При выработке щепы высокого качества наиболее широкое распространение получили такие стационарные дисковые рубильные машины, как МРНП-10-1, МРНП-30-1, МРН-40-1, МРГ-20Б, МРР8-50ГН.

Значения производительности и установочной мощности рубильной машины в основном зависят от среднего диаметра бревна, длины щепы, числа ножей и числа оборотов рубильного диска.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность и потребная мощность рубильной машины от перечисленных выше и других факторов.

### *Решение задачи*

Для дисковой рубильной машины непрерывного режима работы производительность,  $P$ ,  $\text{м}^3$ , следующая:

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot n_d \cdot z \cdot l_{щ} \cdot b \cdot H}{60}, \quad (8.2)$$

где  $T$  – время смены, с,  $T = 25\ 200$  с;  $t_{п-3}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с,  $t_{п-3} = 3900$  с;  $\varphi_1$  – коэффициент заполнения подающего патрона,  $\varphi_1 = 0,65$ ;  $\varphi_2$  – коэффициент использования рабочего времени,  $\varphi_2 = 0,7$ ;  $\varphi_3$  – коэффициент технической готовности,  $\varphi_3 = 0,8$ ;  $n_d$  – число оборотов диска в минуту;  $z$  – число ножей, шт.;  $l_{щ}$  – длина щепы, м;  $b$  – ширина измельчаемого материала, м;  $H$  – толщина измельчаемого материала, м.

При работе рубильных машин происходит сложное резание, которое вследствие большой толщины стружки можно считать бесстружечным резанием.

Мощность на измельчение сырья определяется по формуле

$$P_{руб} = \frac{0,2 \cdot v_{п} \cdot F_{уд} \cdot (1 - 0,3 \cdot \mu) \cdot b_{ср} \cdot \pi \cdot R_{рез}}{K_{пер} \cdot \eta \cdot l_{щ} \cdot z \cdot k_{из}}, \quad (8.3)$$

где  $v_{п}$  – скорость подачи сырья по уравнению (8.4), м/с;  $F_{уд}$  – удельная сила резания, определяется по уравнению (8.5), кН/м;  $\mu$  – коэффициент трения древесины о поверхность диска,  $\mu = 0,3$ ;  $b_{ср}$  – средняя условная ширина резания, определяется по уравнению (8.6), м;  $R_{рез}$  – средний радиус резания, м;  $K_{пер}$  – допустимый коэффициент перегрузки двигателя, равный 1,2;  $\eta$  – КПД механической передачи;  $l_{щ}$  – требуемая длина щепы, м;  $z$  – число ножей диска, шт.;  $k_{изб}$  – коэффициент, учитывающий избыточную работу, совершаемую энергией вращающегося диска при снижении его оборотов от номинальных до минимально допустимых,  $k_{изб} = 1,25$ .

$$v_{п} = \frac{\Pi}{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot S_{ср}}. \quad (8.4)$$

где  $S_{ср}$  – средняя площадь поперечного сечения перерабатываемой древесины, м<sup>2</sup>.

Если лесоматериал круглого сечения, площадь определяется по формуле

$$S_{ср} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}.$$

где  $d$  – диаметр лесоматериала, м.

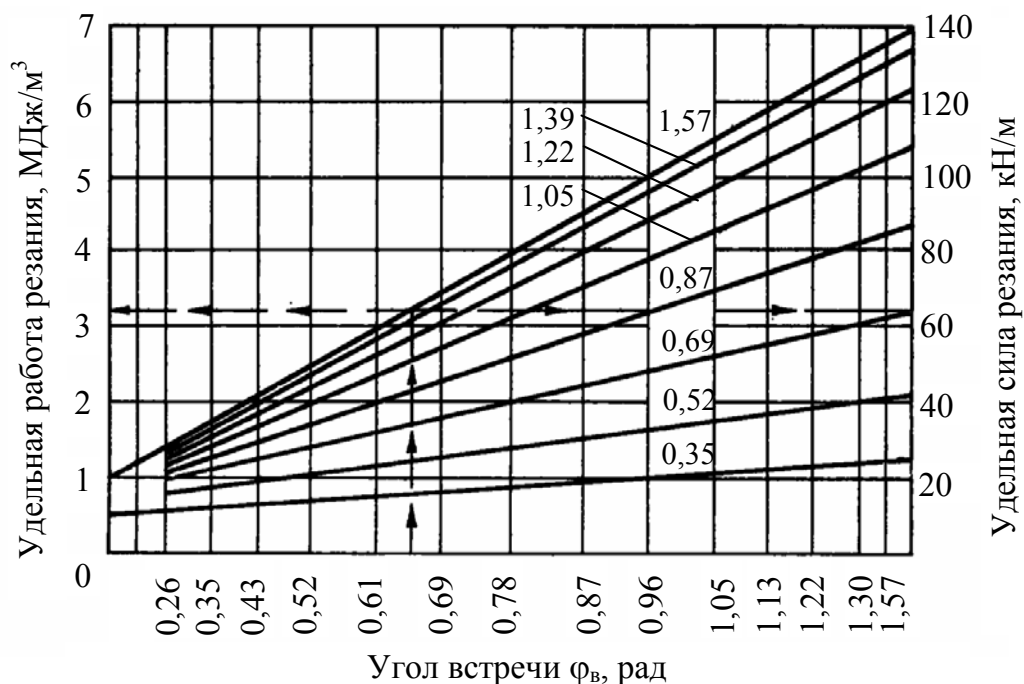


Рис. 8.1. Номограмма для определения удельной силы и удельной работы резания при различных значениях угла встречи и угла наклона

$$F_{уд} = F'_{уд}(\varphi_v, \varphi_n) \cdot a_p \cdot a_w \cdot a_t \cdot a_n, \quad (8.5)$$

где  $F'_{уд}(\varphi_v, \varphi_n)$  – удельная сила резания в функции от значения углов встречи ( $\varphi_v = 0,60–1,57$ ) и наклона ( $\varphi_n = 0,35–1,22$ ), рад, определяется по номограмме (рис. 8.1);  $a_p$  – коэффициент затупления режущих ножей, для острых равен 1, для затупленных – 1,25;  $a_w$  – коэффициент, учитывающий влажность древесины: при  $w = 25–30\%$  (подсушенная)  $a_w = 1,1$ , при  $w = 50–57\%$   $a_w = 1$ ;  $a_t$  – коэффициент, учитывающий температуру (для мерзлой древесины 1,4);  $a_n$  – коэффициент, учитывающий породу древесины, значения которого для основных пород следующие: сосна – 1, ель – 0,87, осина – 0,85, береза – 1,25.

$$b_{ср} = \frac{S_{ср} \cdot z}{2 \cdot \mu \cdot R_{рез} \cdot \sin \varphi_v \cdot \sin \varphi_n}. \quad (8.6)$$

#### Исходные данные для расчетов

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 8.5 и 8.6. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 8.5

**Исходные данные для расчетов к заданию № 19  
(значения постоянных величин)**

Вариант	$d$ , м	$l_{щ}$ , м	$z$ , шт.	$n_d$ , об./мин	$\Phi_B$ , рад	$\Phi_H$ , рад	$w$ , %	$t$ , °С	Порода древесины
1	0,12	0,014	2	220	0,96	0,87	25	-15	Ель
2	0,13	0,015	4	180	1,15	0,96	45	0	Сосна
3	0,18	0,005	6	160	0,88	0,95	35	-5	Осина
4	0,15	0,013	6	200	1,25	1,11	25	-20	Береза
5	0,18	0,012	4	210	0,89	1,05	25	-8	Осина
6	0,15	0,005	4	180	1,25	0,96	50	0	Ель
7	0,12	0,014	6	210	1,06	0,87	35	-2	Береза
8	0,14	0,013	8	200	1,21	0,98	25	-17	Сосна
9	0,17	0,011	6	170	0,78	1,15	35	-8	Ель
10	0,12	0,015	2	160	0,96	0,87	30	0	Осина
11	0,10	0,010	4	200	0,92	0,85	35	-5	Осина
12	0,12	0,011	2	160	1,05	0,86	55	0	Береза
13	0,14	0,009	4	170	0,98	0,85	25	-5	Осина
14	0,12	0,010	6	210	1,05	1,01	45	-10	Ель
15	0,10	0,011	4	215	0,99	1,15	25	-15	Осина
16	0,14	0,006	2	160	1,15	0,86	40	0	Береза
17	0,11	0,012	6	220	1,16	0,97	45	-5	Осина
18	0,10	0,014	8	205	1,25	0,99	25	-15	Ель
19	0,12	0,012	6	160	0,88	1,25	45	-10	Сосна
20	0,11	0,012	2	180	0,97	0,88	50	0	Ель
21	0,11	0,012	4	200	0,93	0,88	25	-15	Ель
22	0,14	0,015	4	180	1,05	0,99	45	0	Сосна
23	0,17	0,008	8	180	0,98	0,96	35	-5	Осина
24	0,13	0,018	6	230	1,15	1,01	25	-20	Береза
25	0,11	0,014	2	220	0,89	1,15	25	-8	Осина
26	0,12	0,006	4	160	1,25	0,86	50	0	Ель
27	0,13	0,011	6	220	1,16	0,97	35	-2	Береза
28	0,14	0,014	8	200	1,11	0,88	25	-17	Сосна
29	0,18	0,011	6	170	0,98	1,05	35	-8	Ель
30	0,10	0,014	2	160	0,92	0,97	30	0	Осина

Таблица 8.6

**Исходные данные для расчетов к заданию № 19  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	минимальное	максимальное	
Средний диаметр бревна $d$ , м	0,10	0,20	0,02
Длина щепы $l_{щ}$ , м	0,005	0,025	0,004
Число ножей $z$ , шт.	2	12	2
Число оборотов диска $n_d$ , об./мин	150	300	30

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по программе на ПК. Результаты расчетов компьютер выдает в виде табличных данных, в которых левый столбец представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность и установочную мощность станка в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности и установочной мощности рубительной машины в зависимости от среднего диаметра бревна, длины щепы, числа ножей и числа оборотов рубительного диска. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями.

### **Задание № 20**

## **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность и мощность привода круглопильных станков для продольного пиления древесины**

### *Постановка задачи*

Круглопильные станки для продольной распиловки древесины широко применяются в цехах переработки древесины на лесных складах лесозаготовительных предприятий при выпилке шпал, брусьев, досок, тарных пиломатериалов, различного рода заготовок для товаров ширпотреба и т. д.

Для достижения высокой производительности круглопильных станков необходимо знать, какие факторы и как влияют на их производительность.

При решении задачи требуется найти следующие технологические параметры станка (рис. 8.2): определить требуемый диаметр пильного диска, выбрать соответствующий стандартный размер по диаметру и установить возможные варианты изменения параметров пильного диска по числу зубьев и по толщине; определить возможные допустимые скорости подачи и выбрать максимально возможную скорость из условий ограничения скорости

подачи по размещению опилок в межзубовой пазухе и по прочности зубьев пилы; исходя из величины скорости подачи и выбранных параметров пильного диска, найти удельную работу резания и с учетом породы, влажности и затупления резца определить ее расчетное значение; определить потребную мощность на подачу; найти установочную мощность двигателя с учетом пиления, подачи и возможности его перегрузки, определить производительность круглопильного станка.

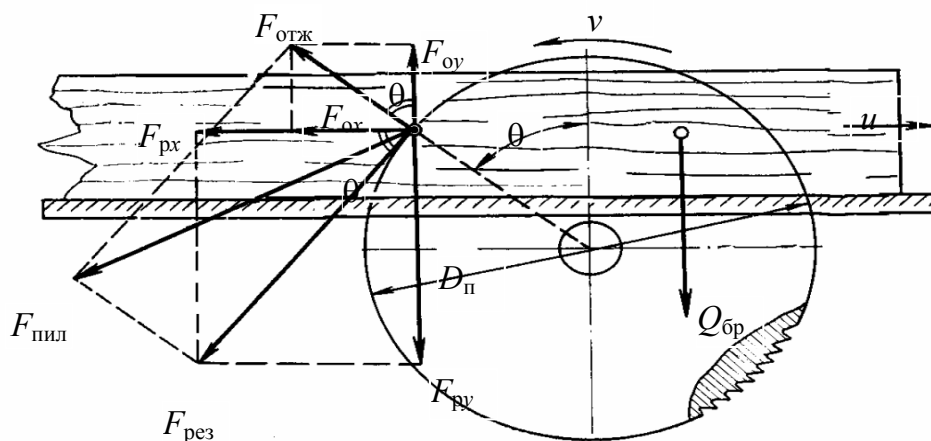


Рис. 8.2. Схема действия сил при продольном пилении древесины

Таким образом, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность и установочная мощность станка от перечисленных выше и других факторов.

#### Решение задачи

Определим потребный диаметр пильного диска,  $D_{п}$ , м, по заданным исходным значениям по формуле

$$D_{п} = d_{ш} + 2 \cdot (d_{бр} + c + a),$$

где  $d_{ш}$  – диаметр крепящих шайб пильного диска, м,  $d_{ш} = 0,2 \cdot D_{п}$ ;  $d_{бр}$  – диаметр распиливаемого материала, м;  $c$  – припуск на заточку пилы, м,  $c = 0,05–0,08$  м;  $a$  – припуск на неровности сортимента, м,  $a = 0,03–0,04$  м.

Вычисленное значение  $D_{п}$  сравнивается с табличными значениями по ГОСТ 980 (табл. 8.7) и выбирается подходящий стандартный размер диаметра пильного диска.

Таблица 8.7

### Значения диаметра, числа зубьев и толщины пильного диска

Диаметр диска $D_{\text{п}}$ , м		Число зубьев диска $z_{\text{к}}$ , шт.			Толщина пильного диска $S_{\text{п}}$ , мм		
1,65	1,60	48	72	120	4,5	5,0	5,5
1,53	1,50	48	72	120	4,5	5,0	5,5
1,28	1,25	48	72	120	4,0	4,5	5,0
1,03	1,00	48	72	120	3,6	4,0	4,5
0,92	0,90	48	72	120	3,2	3,6	4,0
0,82	0,80	48	60	96	2,8	3,2	3,6
0,73	0,71	36	48	60	2,5	2,8	3,0
0,65	0,63	36	48	60	2,5	2,8	3,0
0,52	0,50	36	48	60	2,2	2,5	2,8
0,47	0,45	36	48	60	2,2	2,5	2,8
0,41	0,40	36	48	60	2,0	2,2	2,5
0,33	0,32	36	48	60	1,8	2,0	2,2

По выбранному диаметру пильного диска и числу оборотов пильного вала определяется скорость резания,  $v$ , м/с, по формуле

$$v = \frac{\pi \cdot D_{\text{п}} \cdot n}{60},$$

где  $n$  – число оборотов приводного двигателя станка, об./мин.

Для каждого трех значений чисел зубьев пильного диска  $z_{\text{к}}$  по табл. 8.7 вычисляются соответствующие значения шага зубьев  $t_{\text{к}}$ , мм (расстояние между вершинами двух соседних или одноименных зубьев), по формуле

$$t_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{п}} \cdot 1000}{z_{\text{к}}},$$

а также соответствующие им значения скоростей подачи  $u_{\text{опк}}$ , м/с, из условия размещения опилок в пазухе зубьев пильного диска:

$$u_{\text{опк}} = \frac{t_{\text{к}} \cdot \gamma \cdot v}{\sigma \cdot d_{\text{бр}} \cdot 1000},$$

где  $\gamma$  – коэффициент площади межзубового пространства,  $\gamma = 0,15-0,57$ ;  $\sigma$  – коэффициент разрыхления опилок,  $\sigma = 1,5-3,0$ .



Для каждого значения шага зубьев определяются возможные скорости подачи ( $u_{\text{прг,к}}$ , м/с) из условия прочности зуба для трех значений толщин пильных дисков, данных ГОСТ 980, по формуле

$$u_{\text{прг,к}} = \frac{i \cdot S_{\text{п}} \cdot v}{t_{\text{к}}},$$

где  $i$  – коэффициент прочности зуба пильного диска,  $i = 0,2-0,4$ ;  $S_{\text{п}}$  – толщина пильного диска (см. табл. 8.7), мм.

Из вычисленных девяти значений скоростей подачи, из условия прочности и соответствующих трех значений скоростей подачи, из условия размещения опилок сравнением определяется наилучшее сочетание скоростей подачи, обеспечивающее максимальную производительность пиления, и меньшее из этих значений принимается за расчетное значение скорости подачи  $u_{\text{расч}}$ .

По найденному значению  $u_{\text{расч}}$ , исходя из кинематического соотношения, находится величина подачи на один зуб,  $u_z$ , мм, по формуле

$$u_z = \frac{u_{\text{расч}} \cdot t_{\text{расч}}}{v}.$$

Полученное значение  $u_z$  сравнивается с табличными значениями и выбирается его расчетное значение  $u_{\text{расч}}$ . По табл. 8.8 находится величина удельной работы резания  $k_{uz}$ , соответствующая расчетному значению подачи на один зуб  $u_{z\text{расч}}$ .

Табличное значение удельной работы резания перемножаем на поправочные коэффициенты, учитывающие породу  $a_{\text{п}}$ , влажность древесины  $a_w$  и затупление режущих  $a_p$  и получаем расчетное значение  $k_{\text{расч}}$ , МДж/м<sup>3</sup>:

$$k_{\text{расч}} = k_{uz} \cdot a_{\text{п}} \cdot a_p \cdot a_w,$$

где  $a_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий породу древесины, значения которого для основных пород следующие: сосна – 1,00, ель – 0,90, осина – 0,85, береза – 1,25;  $a_p$  – коэффициент затупления режущих ножей: для острых равен 1,0, для затупленных – 1,7;  $a_w$  – коэффициент, учитывающий влажность древесины: при  $w = 25-30\%$  (подсушенная)  $a_w = 1,1$ , при  $w = 50-57\%$   $a_w = 1$ .

По оптимальной толщине пильного диска  $S_{\text{расч}}$  и заданной величине развода зубьев ( $p = 0,5-1,0$  мм) находится расчетная ширина пропила  $b$ , мм:

$$b = S_{\text{расч}} + 2 \cdot p.$$

Таблица 8.8

**Значения удельной работы резания в зависимости  
от значений подачи на зуб**

Предельные значения подачи на зуб $u_z$ , мм	Расчетные значения подачи на зуб $u_{z\text{расч}}$ , мм	Удельная работа резания $k_{uz}$ , МДж/м <sup>3</sup>
0,85	1,00	33
0,65	0,70	36
0,55	0,60	37
0,45	0,50	38
0,35	0,40	40
0,28	0,30	44
0,23	0,25	48
0,18	0,20	54
0,13	0,15	63
0,08	0,10	78
0,01	0,05	103

Далее определяется необходимая мощность  $P_{\text{рез}}$ , кВт, на резание:

$$P_{\text{рез}} = k_{\text{расч}} \cdot b \cdot d_{\text{бр}} \cdot u_{\text{расч}}$$

Вычисляется угол перерезания волокон  $\theta$ :

$$\cos \theta = \frac{0,1 \cdot D_{\text{п}} + 0,5 \cdot d_{\text{бр}} + 0,02}{0,5 \cdot D_{\text{п}}}$$

Рассчитывается сила резания  $F_{\text{рез}}$ , Н, по формуле

$$F_{\text{рез}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{рез}}}{v}$$

Находится сила отжима  $F_{\text{отж}}$ , Н:

$$F_{\text{отж}} = 0,6 \cdot F_{\text{рез}}$$

Определяется вес распиливаемого сортимента  $Q_{\text{бр}}$ , Н:

$$Q_{\text{бр}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{бр}}^2}{4} \cdot L_{\text{бр}} \cdot 8500,$$

где  $L_{\text{бр}}$  – длина бревна, м.

Находится равнодействующая вертикально действующих сил  $U$ , Н, на механизм резания и подачи станка:

$$\sum Y = Q_{\text{тел}} + Q_{\text{бр}} + F_{\text{рез}} \cdot \sin \theta + F_{\text{отж}} \cdot \cos \theta,$$

где  $Q_{\text{тел}}$  – вес тележки станка, Н,  $Q_{\text{тел}} = 7000$  Н.

Находится равнодействующая горизонтально действующих сил (Н):

$$\sum X = F_{\text{рез}} \cdot \cos \theta + F_{\text{отж}} \cdot \sin \theta.$$

Вычисляется усилие подачи при пилении  $F_u$ , Н:

$$F_u = \sum X + \sum Y \cdot \frac{d_o \cdot \mu + 2f}{d_k},$$

где  $d_o$  – диаметр оси тележки, м,  $d_o = 0,05$  м;  $\mu$  – коэффициент трения в осях тележки,  $\mu = 0,14$ ;  $f$  – коэффициент трения качения колеса тележки,  $f = 0,001$ ;  $d_k$  – диаметр колеса тележки, м,  $d_k = 0,15$  м.

Находится необходимая мощность на подачу  $P_{\text{под}}$ , кВт:

$$P_{\text{под}} = \frac{F_u \cdot u_{\text{расч}}}{1000 \cdot \eta_{\text{пер}}},$$

где  $\eta_{\text{пер}}$  – коэффициент полезного действия передачи от двигателя к механизму подачи,  $\eta_{\text{пер}} = 0,75$ .

Определяется необходимая суммарная мощность  $P_{\text{сум}}$ , кВт, механизмов резания и подачи:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{рез}} + P_{\text{под}}.$$

С учетом перегрузочной способности электродвигателя вычисляется его установленная мощность  $P_{\text{уст}}$ , кВт:

$$P_{\text{уст}} = \frac{P_{\text{сум}}}{K_{\text{пер}}},$$

где  $K_{\text{пер}}$  – коэффициент перегрузки двигателя,  $K_{\text{пер}} = 1,6-1,8$ .

Производительность круглопильных станков периодического действия для продольной распиловки рассчитывается по формуле

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

где  $T$  – время смены, с,  $T = 25\ 200$  с;  $t_{п-3}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с,  $t_{п-3} = 2400$ с;  $V_{бр}$  – объем бревна, м<sup>3</sup>;  $\varphi_1$  – коэффициент использования машинного времени, учитывающий внецикловые его затраты,  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $\varphi_2$  – коэффициент использования рабочего времени, учитывающий регламентированные и нерегламентированные простои,  $\varphi_2 = 0,75$ ;  $t_{ц}$  – время цикла, с.

$$t_{ц} = (t_p + t_x) \cdot n + t' \cdot n' + t'' \cdot n'' + t,$$

где  $t_p$  и  $t_x$  – время рабочего и обратного хода тележки соответственно, с;  $n$ ,  $n'$  и  $n''$  – соответственно число пропилов, поворотов и поперечных перемещений при распиловке одного сортимента, устанавливаемое в зависимости от схемы его распиловки;  $t'$  – время одного поворота сортимента, с;  $t''$  – время бокового (поперечного) перемещения сортимента, с;  $t$  – время загрузки и разгрузки станка, принимаемое в зависимости от типа околостаночного оборудования, с,  $t = 12-20$  с.

Время  $t'$  зависит от типа механизмов зажима и поворота, оно принимается в пределах 3–5 с, а время  $t''$  – от типа механизма поперечной подачи и составляет 2–3 с.

Продольная распиловка сортиментов круглопильными станками периодического действия характеризуется взаимным расположением пропилов. В зависимости от диаметра бревна из него выпиливают необрезные брусья при  $d < 30$  см (рис. 8.3, а) или обрезные (рис. 8.3, б) при  $d > 30$  см. Одновременно часто выпиливают и подгорбыльные доски, что увеличивает число пропилов и время распиловки.

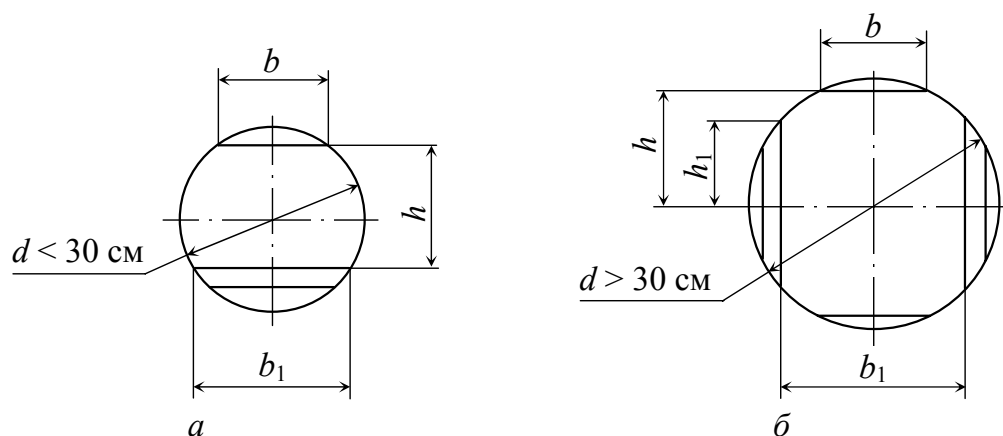


Рис. 8.3. Схемы раскря бревна на брусья:  
 а – при диаметре бревна менее 30 см;  
 б – при диаметре бревна более 30 см

Время рабочего хода

$$t_p = \frac{L'_H}{u_{\text{расч.ср}}}, \quad (8.7)$$

где  $L'_H$  – путь надвигания тележки при одном пропиле, м.

Общий путь надвигания тележки  $L_H$ , м, при распиловке сорти-мента определяется по формуле

$$L_H = L'_H n_{\text{п}} = (L_{\text{бр}} + D_{\text{п}} + l_0) \cdot n_{\text{п}},$$

где  $n_{\text{п}}$  – число пропилов;  $l_0$  – путь надвигания до пиления и после него,  $l_0 = 0,6-1,0$  м.

Средняя скорость надвигания с учетом времени разгона и торможения тележки  $u_{\text{расч.ср}}$ , м/с, определяется по формуле

$$u_{\text{расч.ср}} = \frac{L'_H u_{\text{расч}}}{L'_H + (t_{\text{разг}} + t_{\text{ост}}) \cdot \frac{u_{\text{расч}}}{2}}, \quad (8.8)$$

где  $t_{\text{разг}}$  и  $t_{\text{ост}}$  – соответственно время разгона и остановки тележки, с.

$$t_{\text{разг}} = t_{\text{ост}} = (m_{\text{бр}} + m_{\text{т}}) \cdot \frac{u_{\text{расч}}^2}{1000 \cdot P_{\text{под}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (8.9)$$

где  $m_{\text{бр}}$  и  $m_{\text{т}}$  – соответственно масса бревна и тележки, кг.

Время обратного хода  $t_x$  определяют аналогично по формуле (8.7), а время разгона и остановок при обратном ходе – по формуле (8.9).

### *Исходные данные для расчетов*

Необходимые данные для расчетов содержат 30 вариантов и сведены в табл. 8.9 и 8.10. По каждому варианту приводятся значения постоянных и переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 8.9

**Исходные данные для расчетов к заданию № 20  
(значения постоянных величин)**

Вариант	$d_{\text{бр}}$ , м	$L_{\text{бр}}$ , м	$n$ , об./мин	$\gamma$	$\sigma$	$p$ , мм	$i$
1	0,25	2,0	750	0,15	1,5	0,60	0,20
2	0,35	2,5	800	0,20	2,0	0,65	0,25
3	0,45	3,0	1000	0,25	2,5	0,70	0,30

Вариант	$d_{бр}$ , м	$L_{бр}$ , м	$n$ , об./мин	$\gamma$	$\sigma$	$p$ , мм	$i$
4	0,55	3,5	1250	0,30	3,0	0,75	0,25
5	0,22	4,0	1500	0,35	1,7	0,80	0,30
6	0,27	4,5	850	0,40	1,8	0,85	0,20
7	0,36	5,0	950	0,45	2,3	0,90	0,30
8	0,44	5,5	1100	0,25	2,5	0,95	0,25
9	0,50	6,0	1150	0,30	2,7	1,00	0,30
10	0,33	6,5	900	0,35	1,9	0,80	0,25
11	0,25	2,0	850	0,25	1,6	0,60	0,20
12	0,35	2,5	700	0,25	1,9	0,65	0,25
13	0,45	3,0	900	0,20	2,4	0,70	0,30
14	0,55	3,5	1150	0,35	2,0	0,75	0,25
15	0,22	4,0	1300	0,30	2,7	0,80	0,30
16	0,27	4,5	950	0,40	2,8	0,85	0,20
17	0,36	5,0	850	0,45	2,5	0,90	0,30
18	0,44	5,5	1000	0,35	2,2	0,95	0,25
19	0,50	6,0	1250	0,20	2,8	1,00	0,30
20	0,33	6,5	950	0,45	1,8	0,80	0,25
21	0,20	2,0	950	0,15	1,5	0,60	0,20
22	0,25	2,5	900	0,20	2,0	0,65	0,25
23	0,35	3,0	1200	0,25	2,5	0,70	0,30
24	0,45	4,5	1150	0,30	3,0	0,75	0,25
25	0,32	5,0	1300	0,35	1,7	0,80	0,30
26	0,28	3,5	950	0,40	1,8	0,85	0,20
27	0,26	5,0	850	0,45	2,3	0,90	0,30
28	0,24	4,5	1200	0,25	2,5	0,95	0,25
29	0,30	4,0	1250	0,30	2,7	1,00	0,30
30	0,35	5,5	800	0,35	1,9	0,80	0,25

Таблица 8.10

**Исходные данные для расчетов к заданию № 20  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	минимальное	максимальное	
Диаметр бревна $d_{бр}$ , м	0,20	0,55	0,07
Длина бревна $L_{бр}$ , м	2,0	6,5	0,9
Число оборотов приводного двигателя $n$ , об./мин	700	1300	120
Коэффициент площади межзубового пространства $\gamma$	0,15	0,55	0,08
Коэффициент разрыхления опилок $\sigma$	1,5	3,0	0,3
Величина развода зубьев пильного диска $p$ , мм	0,5	1,0	0,1
Коэффициент прочности зуба пильного диска $i$	0,20	0,40	0,04

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по программе на ПЭВМ. Результаты расчетов выдаются в виде табличных данных, в которых левый столбец представляет собой изменяемый параметр, а правый – производительность и установочную мощность станка в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности и установочной мощности круглопильного станка в зависимости от диаметра и длины сортимента, числа оборотов двигателя, коэффициента площади межзубового пространства, коэффициента разрыхления опилок, величины развода зубьев пильного диска и коэффициента прочности зуба пильного диска. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

?

1. Перечислите марки роторных окорочных станков, условия их применения и основные конструктивные отличия друг от друга.
2. Объясните, какие факторы влияют на продолжительность цикла обработки одного сортимента окорочными станками.
3. Назовите, какие факторы влияют на мощность двигателя для привода окорочной головки, продольного перемещения сортимента и вращения вальцов окорочного станка.
4. Какие отличительные особенности рубильных машин вы знаете?
5. Объясните, как и почему изменяется производительность и мощность привода рубильной машины с увеличением диаметра сортимента и длины получаемой щепы.
6. Перечислите марки круглопильных станков для продольной распиловки бревен на пиломатериалы, условия их применения и основные конструктивные отличия друг от друга.
7. Назовите, какие факторы влияют на продолжительность цикла распиловки одного сортимента и установочную мощность двигателя круглопильного станка.

# АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ШТАБЕЛЕВКЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

---

## Задание № 21

### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность консольно-козловых и башенных кранов на штабелевке древесины**

#### *Постановка задачи*

Штабелевка готовой продукции на лесных складах необходима для создания запасов в связи с неравномерностью отгрузки, а также для равномерной работы поточных линий и отдельных цехов. Технологический процесс штабелевки лесоматериалов включает захват или прицепку, перемещение, укладку и отцепку пачки или пакета на штабеле.

На прирельсовых нижних складах для штабелевки и погрузки лесоматериалов в настоящее время применяют консольно-козловые (ККС-10, К12,5М, ККЛ-16) и башенные (КБ-572А, КБ-578) краны.

С целью снижения затрат на штабелевку готовой продукции и повышения эффективности лесоскладских работ необходимо обеспечить максимальную производительность используемого оборудования в конкретных условиях. Этого можно достичь только при условии должного учета факторов, влияющих на производительность кранов.

Основными из этих факторов являются: объем штабелюемой краном пачки лесоматериалов; высота подъема и опускания пачки; расстояние перемещения грузовой тележки; расстояние перемещения крана, которое будет определяться длиной фронта штабелей.



Задача может быть сформулирована следующим образом: установить, как изменяется производительность консольно-козловых и башенных кранов на штабелевке лесоматериалов в зависимости от вышеперечисленных факторов.

### *Решение задачи*

Сменная производительность кранов на штабелевке лесоматериалов выражается формулами:

– для консольно-козловых кранов:

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot k \cdot V_{п}}{t_{гр} + t_{тел} + t_{кр} + t_1 + t_2}; \quad (9.1)$$

– для башенных кранов

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot k \cdot V_{п}}{t_{гр} + t_{тел} + t_{кр} + 0,33 \cdot t_{п} + t_1 + t_2}, \quad (9.2)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени смены;  $k$  – коэффициент совмещения операций (совмещение во времени передвижения грузовой тележки с передвижением крана и др.);  $V_{п}$  – средний объем штабелюемой пачки древесины, м<sup>3</sup>;  $t_{гр}$  – время, затрачиваемое на подъем и опускание груза при штабелевке одной пачки лесоматериалов, с;  $t_{тел}$  – время, затрачиваемое на перемещение тележки при укладке в штабель одной пачки, с;  $t_{кр}$  – время, затрачиваемое на перемещение крана при штабелевке одной пачки, с;  $t_{п}$  – время, затрачиваемое на поворот стрелы крана, с;  $t_1$  – время на захват груза, с;  $t_2$  – время на отцепку груза, с.

$$t_{гр} = \frac{4 \cdot h}{v_{гр}},$$

где  $h$  – высота подъема и опускания пачки лесоматериалов, м;  $v_{гр}$  – скорость подъема и опускания пачки, м/с.

$$t_{тел} = \frac{2 \cdot L_{ср}}{v_{тел}},$$

где  $L_{ср}$  – среднее расстояние перемещения тележки крана, м;  $v_{тел}$  – скорость передвижения тележки крана, м/с.

$$t_{кр} = \frac{0,5 \cdot (L_{ш} - L_{т}) + 0,25 \cdot L_{т}}{v_{кр}},$$

где  $L_{ш}$  – длина фронта штабелей, м;  $L_T$  – длина части сортировочного транспортера, вдоль которой расположены лесонакопители, м;  $v_{кр}$  – скорость передвижения крана, м/с.

$$t_{п} = \frac{\alpha}{\omega_c},$$

где  $\alpha$  – угол поворота стрелы крана, рад (в среднем можно принимать  $\alpha = 0,66 \cdot \pi$ );  $\omega_c$  – угловая скорость поворота стрелы, рад/с.

Независимо от типа и марки крана время на захват и отцепку груза ( $t_1 + t_2$ ) принимается: при работе со стропами 90–240 с; с грейферами 60–150 с.

Подставив полученные выражения  $t_{гр}$ ,  $t_{тел}$ ,  $t_{кр}$  и  $t_{п}$  в формулы (9.1) и (9.2), получим:

– для консольно-козловых кранов

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot k \cdot V_{п}}{\frac{4 \cdot h}{v_{гр}} + \frac{2 \cdot L_{ср}}{v_{тел}} + \frac{0,5 \cdot (L_{ш} - L_T) + 0,25 \cdot L_T}{v_{кр}} + t_1 + t_2}; \quad (9.3)$$

– для башенных кранов

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot k \cdot V_{п}}{\frac{4 \cdot h}{v_{гр}} + \frac{2 \cdot L_{ср}}{v_{тел}} + \frac{0,5 \cdot (L_{ш} - L_T) + 0,25 \cdot L_T}{v_{кр}} + \frac{0,66 \cdot \pi}{\omega_c} + t_1 + t_2}. \quad (9.4)$$

Полученные формулы позволяют с достаточной степенью точности и достоверности исследовать влияние наиболее значимых факторов на производительность кранов, используемых для штабелевки древесины.

#### *Исходные данные для расчетов*

Для всех вариантов продолжительность смены  $T = 25\ 200$  с;  $t_{п-3} = 2400$  с;  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $k = 1,2$ ;  $L_T = 60$  м. У нечетных вариантов для захвата груза используются стропы ( $t_1 + t_2$ ) = 160 с; у четных – грейферы ( $t_1 + t_2$ ) = 100 с; для башенных кранов  $\omega_c = 0,07$  рад/с.

Необходимые исходные данные для расчетов содержат 30 вариантов (табл. 9.1 и 9.2). По каждому варианту приводятся значения постоянных факторов, значения переменных факторов, пределы и шаг изменения переменных факторов.

Таблица 9.1

**Исходные данные для расчетов к заданию № 21  
(значения постоянных величин)**

Вариант	Марка крана	$V_{п}, м^3$	$h, м$	$L_{ср}, м$	$L_{ш}, м$	$v_{гр}, м/с$	$v_{тел}, м/с$	$v_{кр}, м/с$
1	ККС-10	4	4	15	60	0,25	0,67	0,60
2	ККЛ-16	5	4	15	60	0,22	1,19	1,10
3	К12,5М	6	4	15	60	0,13	0,80	0,63
4	КБ-572А	7	4	20	60	0,33	0,42	0,50
5	КБ-578	8	4	25	60	0,33	0,50	0,50
6	ККС-10	9	5	20	65	0,25	0,67	0,60
7	ККЛ-16	4	5	20	65	0,22	1,19	1,10
8	К12,5М	5	5	20	65	0,13	0,80	0,63
9	КБ-572А	6	5	15	65	0,33	0,42	0,50
10	КБ-578	9	5	30	65	0,33	0,50	0,50
11	ККС-10	8	6	25	70	0,25	0,67	0,60
12	ККЛ-16	9	6	25	70	0,22	1,19	1,10
13	К12,5М	4	6	25	70	0,13	0,80	0,63
14	КБ-572А	5	6	10	70	0,33	0,42	0,50
15	КБ-578	6	6	15	70	0,33	0,50	0,50
16	ККС-10	7	7	30	75	0,25	0,67	0,60
17	ККЛ-16	8	7	30	75	0,22	1,19	1,10
18	К12,5М	9	7	30	75	0,13	0,80	0,63
19	КБ-572А	4	7	5	75	0,33	0,42	0,50
20	КБ-578	5	7	10	75	0,33	0,50	0,50
21	ККС-10	6	8	35	80	0,25	0,67	0,60
22	ККЛ-16	7	8	35	80	0,22	1,19	1,10
23	К12,5М	8	8	35	80	0,13	0,80	0,63
24	КБ-572А	9	8	30	80	0,33	0,42	0,50
25	КБ-578	7	8	20	80	0,33	0,50	0,50
26	ККС-10	5	9	40	85	0,25	0,67	0,60
27	ККЛ-16	6	9	40	85	0,22	1,19	1,10
28	К12,5М	7	9	40	85	0,13	0,80	0,63
29	КБ-572А	8	9	25	85	0,33	0,42	0,50
30	КБ-578	4	9	5	85	0,33	0,50	0,50

Таблица 9.2

**Исходные данные для расчетов к заданию № 21  
(значения переменных величин)**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	минимальное	максимальное	
Объем штабелюемой пачки лесоматериалов $V_{п}, м^3$	4	9	1
Средняя высота подъема и опускания груза $h, м$	4	9	1
Расстояние перемещения тележки крана $L_{ср}, м$ :			
– консольно-козловой	15	40	5
– башенный	5	30	5
Длина фронта штабелей $L_{ш}, м$	60	85	5

### *Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формулам (9.3) или (9.4) в зависимости от типа крана на ПЭВМ. Результаты вычислений выводятся на экран в виде табличных данных. Левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр, а правый – значения производительности кранов на штабелевке лесоматериалов в зависимости от изменяемого параметра.

### *Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности консольно-козловых и башенных кранов в зависимости от объема пачки штабелюемых лесоматериалов, высоты подъема и опускания груза, расстояния перемещения грузовой тележки и длины фронта штабелей. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями получившихся зависимостей.

### **Задание № 22**

#### **Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность колесных лесопогрузчиков на разгрузке, штабелевке и погрузке пачек лесоматериалов**

#### *Постановка задачи*

На лесных складах со значительным сезонным запасом (который обычно удален от склада) и развитой переработкой лесоматериалов существующие краны и транспортеры, имеющие строго фиксированные пути перемещения и зоны обслуживания, в некоторых случаях не могут обеспечить требуемой технологичности внутрискладских переместительных операций. Эффективным решением этой проблемы является применение самоходных колесных подъемно-транспортных машин. Преимуществами данного вида оборудования являются: высокая маневренность; универсальность (способность с равным успехом выполнять функции как погрузочно-разгрузочного, так и транспортирующего оборудования); проведение всех подъемно-транспортных операций

не с отдельными сортиментами, а с пакетами или пачками; комплексная механизация всего процесса от захвата пачки до ее укладки.

Колесные лесопогрузчики могут выполнять на лесных складах весь комплекс подъемно-транспортных операций: разгрузку подвижного состава лесных дорог с подачей лесоматериалов (хлыстов, бревен) на разгрузочную эстакаду или в штабеля запаса; транспортирование лесоматериалов из лесонакопителей в штабеля и из штабелей к цехам переработки; погрузку сортиментов на автопоезда и в железнодорожные вагоны и другие работы.

Для эффективной и производительной работы лесопогрузчиков необходимо дороги и площадки, по которым они перемещаются, устраивать с твердым покрытием, производить штабелевочно-погрузочные работы с оптимальными объемами пачек лесоматериалов, а также рационально располагать штабеля для сокращения расстояния перемещения погрузчика.

Таким образом, задача может быть сформулирована так: установить, как изменяется производительность колесных большегрузных лесопогрузчиков на выгрузке, штабелевке и погрузке лесоматериалов в зависимости от объема пачки лесоматериалов, скорости движения погрузчика, расстояния его перемещения, которое будет определяться длиной штабеля.

### *Решение задачи*

Сменная производительность колесного лесопогрузчика как на разгрузке лесовозных автопоездов и укладке пачек в штабеля, так и на разборке штабелей и погрузке пачек на автопоезда определяется по формуле

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \varphi_1 \cdot V_{п}}{t_1 + \left( \frac{l_{ш}}{2} + b_{ш} \right) \left( \frac{1}{v_p} + \frac{1}{v_x} \right)}, \quad (9.5)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени смены;  $V_{п}$  – средний объем пачки лесоматериалов, м<sup>3</sup>;  $t_1$  – время, затрачиваемое лесопогрузчиком на разгрузку автопоезда и укладку пачки в штабель или на взятие пачки из штабеля и укладку ее на автопоезд, с;  $l_{ш}$  – длина штабеля, м;  $b_{ш}$  – ширина площади перед штабелями, м;  $v_p$  – средняя скорость

движения лесопогрузчика с грузом, м/с;  $v_x$  – средняя скорость движения лесопогрузчика без груза, м/с.

По приведенной формуле представляется возможным установить влияние основных факторов на производительность колесных большегрузных лесопогрузчиков на операциях выгрузки, штабелевки и погрузки пачек древесины.

#### *Исходные данные для расчетов*

Для всех вариантов продолжительность смены  $T = 25\ 200$  с;  $t_{п-з} = 2400$  с;  $\varphi_1 = 0,85$ ;  $t_1 = 450$  с.

Исходные данные, необходимые для расчетов, содержат 30 вариантов (табл. 9.3 и 9.4). По каждому варианту приводятся значения постоянных факторов, значения переменных факторов, пределы и шаг изменения последних.

Таблица 9.3

**Исходные данные для расчетов к заданию № 22  
(значения постоянных величин)**

Вариант	$V_{п}, м^3$	$l_{ш}, м$	$v_p, м/с$	$v_x, м/с$	$b_{ш}, м$
1	6	20	3,4	6,8	10
2	7	25	3,3	6,6	11
3	8	30	3,2	6,4	12
4	9	35	3,1	6,2	13
5	10	40	3,0	6,0	14
6	11	45	2,9	5,8	15
7	12	50	2,8	5,6	16
8	13	55	2,7	5,4	17
9	14	60	2,6	5,2	18
10	15	65	2,5	5,0	19
11	16	20	2,4	4,8	10
12	17	25	2,3	4,6	11
13	18	30	2,2	4,4	12
14	19	35	2,1	4,2	13
15	20	40	2,0	4,0	14
16	6	45	1,9	3,8	15
17	7	50	1,8	3,6	16
18	8	55	1,7	3,4	17
19	9	60	1,6	3,2	18
20	10	65	1,5	3,0	19
21	11	20	1,4	2,8	10

Вариант	$V_{п}, \text{м}^3$	$l_{ш}, \text{м}$	$v_p, \text{м/с}$	$v_x, \text{м/с}$	$b_{ш}, \text{м}$
22	12	25	1,3	2,6	11
23	13	30	1,2	2,4	12
24	14	35	1,1	2,2	13
25	15	40	1,0	2,0	14
26	16	45	0,9	1,8	15
27	17	50	0,8	1,6	16
28	18	55	2,7	5,4	17
29	19	60	2,6	5,2	18
30	20	65	2,5	5,0	19

Таблица 9.4

**Исходные данные для расчетов к заданию № 22**  
(значения переменных величин)

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	минимальное	максимальное	
Объем пачки лесоматериалов $V_{п}, \text{м}^3$	6	20	2
Скорость движения лесопогрузчика с грузом $v_p, \text{м/с}$	0,8	3,6	0,4
Длина штабеля $l_{ш}, \text{м}$	20	70	10

*Результаты вычислений*

Расчеты производятся по формуле (9.5) на ПЭВМ. Результаты вычислений компьютер выводит в виде табличных данных. Левый столбец цифр представляет собой изменяемый параметр, а правый – значения производительности лесопогрузчика на штабелевке и погрузке лесоматериалов в зависимости от изменяемого параметра.

*Обработка полученных результатов*

По полученным данным строятся графики изменения производительности колесных лесопогрузчиков в зависимости от объема пачки штабелюемых и погружаемых лесоматериалов, длины штабелей и скорости движения погрузчика с грузом. По оси абсцисс откладывается независимая переменная, а по оси ординат – зависимая. Затем графики анализируются и делаются соответствующие выводы с пояснениями данных зависимостей.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

?

1. Назовите марки кранов для штабелевки и отгрузки готовой продукции и укажите отличительные особенности этого оборудования от кранов, используемых на выгрузке древесины.
2. Перечислите составляющие времени цикла консольно-козловых и башенных кранов.
3. Назовите операции, которые могут быть совмещены в процессе работы кранового оборудования.
4. Укажите операции, выполняемые колесными лесопогрузчиками, и достоинства этих машин в сравнении с кранами.
5. Перечислите основные факторы, влияющие на производительность кранов и лесопогрузчиков на штабелевке древесины, и объясните характер их влияния.



# ЛИТЕРАТУРА

---

1. Матвейко, А. П. Технология и машины лесосечных работ: учебник для вузов / А. П. Матвейко, А. С. Федоренчик. – Минск: Технопринт, 2002. – 480 с.

2. Матвейко, А. П. Совершенствование лесозаготовительного производства Беларуси на основе малоотходных технологий и рационального использования древесного сырья: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.01/ А. П. Матвейко; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2003. – 288 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. Залегаллер, Б. Г. Технология и оборудование лесных складов: учебник для вузов / Б. Г. Залегаллер, П. В. Ласточкин, С. П. Бойков. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 352 с.

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

6. Лой, В. Н. Лесоскладское грузоподъемное оборудование: учеб.-метод. пособие / В. Н. Лой, П. А. Протас, Г. И. Завойских. – Минск: БГТУ, 2005. – 102 с.

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

8. Лесные машины «Беларус»: учеб. пособие / А. В. Жуков [и др.]. – Минск: БГТУ, 2001. – 149 с.

9. Матвейко, А. П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства: учебник / А. П. Матвейко. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 447 с.

10. Завойских, Г. И. Лесоскладское оборудование для первичной обработки и сортировки древесного сырья: учеб.-метод. пособие / Г. И. Завойских, П. А. Протас, В. Н. Лой. – Минск: БГТУ, 2007. – 128 с.

11. Завойских, Г. И. Первичная переработка древесного сырья на лесозаготовительных предприятиях: учеб.-метод. пособие / Г. И. Завойских, П. А. Протас, В. Н. Лой. – Минск: БГТУ, 2010. – 133 с.

12. Клоков, Д. В. Бензиномоторные пилы: учеб. пособие / Д. В. Клоков, В. Н. Лой, И. В. Турлай. – Минск: БГТУ, 2001. – 65 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
Глава 1. ТИПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....	5
1.1. Типы технологических процессов на лесосечных работах .....	5
1.2. Типы технологических процессов на лесоскладских работах .....	9
Контрольные вопросы .....	10
Глава 2. МАШИНЫ, МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	11
2.1. Системы машин и условия их эффективного применения .....	11
2.2. Машины и механизмы для лесосечных работ .....	14
2.2.1. Бензиномоторные пилы для валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов .....	14
2.2.2. Валочные и валочно-пакетирующие машины .....	16
2.2.3. Валочно-трелевочные машины .....	19
2.2.4. Валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины (харвестеры) .....	20
2.2.5. Сучкорезные и сучкорезно-раскряжевочные машины .....	22
2.2.6. Трелевочные и погрузочно-транспортные машины .....	28
2.2.7. Лесопогрузочные машины .....	33
2.2.8. Автомобили для вывозки древесины .....	35
2.3. Машины и оборудование для лесоскладских работ .....	39
2.3.1. Оборудование, применяемое на выгрузке древесины .....	39
2.3.2. Оборудование, применяемое на штабелевке сортиментов и их погрузке .....	41

2.3.3. Установки для раскряжевки хлыстов .....	44
2.3.4. Сортировочные лесотранспортеры .....	45
2.3.5. Окорочные станки .....	47
2.3.6. Рубильные машины .....	50
2.3.7. Круглопильные станки для продольной распиловки древесины .....	56
Контрольные вопросы .....	61
Глава 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ .....	62
3.1. Общие положения .....	62
3.2. Основы теории механической обработки древесины	64
3.3. Кинематические соотношения скоростей при пилении древесины пильными цепями и круглыми пилами .....	69
3.4. Теоретические основы производительности лесных машин и оборудования .....	71
3.4.1. Производительность машин и оборудования	71
3.4.2. Производительность поточных линий .....	73
Контрольные вопросы .....	77
Глава 4. АНАЛИЗ СИЛОВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ЦЕПНЫМИ ПИЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ .....	78
Задание № 1. Исследование и анализ влияния различных факторов на силу резания при пилении древесины цепным пильным механизмом .....	78
Задание № 2. Исследование и анализ влияния различных факторов на мощность, расходуемую на пиление древесины цепным пильным механизмом .....	81
Контрольные вопросы .....	85
Глава 5. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТАХ .....	86
Задание № 3. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность валочных и валочно-пакетирующих машин .....	86

Задание № 4. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность валочно-трелевочных машин .....	93
Задание № 5. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин манипуляторного типа .....	96
Задание № 6. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность бензиномоторных пил на валке деревьев и раскряжевке хлыстов .....	103
Задание № 7. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность сучкорезных машин .....	108
Задание № 8. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность сучкорезно-раскряжевочных машин .....	113
Задание № 9. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность трелевочных машин .....	117
Задание № 10. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность погрузочно-транспортных машин .....	122
Задание № 11. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность самоходных и передвижных рубильных машин на заготовке щепы непосредственно на лесосеках .....	126
Задание № 12. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность самоходных и передвижных рубильных машин на заготовке щепы на верхних лесных складах .....	131
Контрольные вопросы .....	135
Глава 6. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН НА ПОГРУЗКЕ, ВЫВОЗКЕ И ВЫГРУЗКЕ ДРЕВЕСИНЫ .....	138
Задание № 13. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность лесопогрузчиков .....	138

Задание № 14. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность автомобилей на вывозке древесины .....	143
Задание № 15. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность кранов на выгрузке древесины .....	148
Контрольные вопросы .....	152
<b>Глава 7. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА РАСКРЯЖЕВКЕ ХЛЫСТОВ И СОРТИРОВКЕ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>153</b>
Задание № 16. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность раскряжевочных установок с продольной подачей и циклическим режимом работы .....	153
Задание № 17. Исследование и анализ влияния различных факторов на мощность привода и производительность продольных сортировочных лесотранспортеров .....	158
Контрольные вопросы .....	163
<b>Глава 8. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ И МАШИН ПО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ .....</b>	<b>165</b>
Задание № 18. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность и мощность привода роторных окорочных станков .....	165
Задание № 19. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность и мощность привода стационарных дисковых рубильных машин .....	170
Задание № 20. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность и мощность привода круглопильных станков для продольного пиления древесины .....	174
Контрольные вопросы .....	183

Глава 9. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ШТАБЕЛЕВКЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ .....	184
Задание № 21. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность консольно-козловых и башенных кранов на штабелевке древесины .....	184
Задание № 22. Исследование и анализ влияния различных факторов на производительность колесных лесопогрузчиков на разгрузке, штабелевке и погрузке пачек лесоматериалов .....	188
Контрольные вопросы .....	192
 ЛИТЕРАТУРА .....	 193

Учебное издание

**Матвейко** Александр Петрович  
**Клоков** Дмитрий Викторович  
**Протас** Павел Александрович

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ  
ЛЕСОСЕЧНЫХ И ЛЕСОСКЛАДСКИХ РАБОТ.  
ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *П. В. Васильцова*  
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*  
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 02.08.2013. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 11,6. Уч.-изд. л. 11,9.  
Тираж 320 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.  
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.