

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов

ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

**Методические указания к практическим
и лабораторным работам для студентов специальностей
1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств»,
1-08 01 01-04 «Профессиональное обучение (деревообработка)»**

Минск 2011

УДК 674.05(075.8)

ББК 37.130я73

Д36

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета.

Составители:

А. С. Кравченко, В. Н. Гаранин

Рецензенты:

кандидат технических наук,

доцент кафедры «Робототехнические системы»

Белорусского национального технического университета

Ю. Е. Лившиц;

кандидат технических наук, заведующий кафедрой

материаловедения и технологии металлов

Д. В. Куис

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2011 год. Поз. 19.

Для студентов специальностей 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств», 1-08 01 01-04 «Профессиональное обучение (деревообработка)».

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РЕКОМЕНДАЦИИ И ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	6
Практическая работа № 1. СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ СХЕМ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.....	8
1.1. Схемы машин и предъявляемые к ним требования	8
1.2. Варианты задания по составлению и анализу структур- ных, технологических и кинематических схем машин	11
1.3. Методика решения задачи	12
Практическая работа № 2. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН	13
2.1. Особенности выполнения кинематических расчетов	13
2.1.1. Скорость резания	13
2.1.2. Скорость подачи.....	14
2.2. Варианты заданий по выполнению кинематических расчетов	17
2.3. Методика выполнения кинематических расчетов	18
Практическая работа № 3. СИЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ В МЕХАНИЗМАХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.....	19
3.1. Силы взаимодействия, возникающие в механизмах подачи вальцового и конвейерного типов при обработке древесины.....	19
3.2. Варианты заданий по выполнению силовых расчетов.....	24
3.2.1. Станки с вальцовой подачей.....	24
3.2.2. Станки с конвейерной подачей	25
Практическая работа № 4. РАСЧЕТ ЛИНИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.....	28
4.1. Общие сведения о линиях машин.....	28
4.2. Варианты заданий для расчета линий деревообрабаты- вающих машин	37
Лабораторная работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ ЧЕТЫРЕХСТОРОННЕГО ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА.....	39

Лабораторная работа № 2. ИЗУЧЕНИЕ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ ЧЕТЫРЕХСТОРОННЕГО ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА.....	43
Лабораторная работа № 3. НАСТРОЙКА ПИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ФОРМАТНО-РАСКРОЕЧНОГО СТАНКА	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	60
ЛИТЕРАТУРА	62

ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины «Деревообрабатывающие станки и автоматические линии» сопровождается выполнением ряда лабораторных работ, которые способствуют лучшему усвоению и закреплению теоретических знаний, получению практических навыков в работе с деревообрабатывающими станками.

Приступая к выполнению той или иной лабораторной работы, студент должен предварительно изучить теоретический материал к соответствующей работе, в котором изложены общие сведения, порядок выполнения, описание конструкции станка, измерительных приборов и методика обработки результатов опытов.

Лабораторные работы выполняются последовательно по мере изучения студентами теоретического материала. Однако допускается выполнение работы и независимо от лекционного курса, способствующее тем самым развитию самостоятельности студента.

Прежде чем приступить к проведению работы, преподаватель должен проверить знание студентами цели и порядка ее выполнения, принципа действия станка, прибора и других устройств.

Перед началом выполнения лабораторной работы на деревообрабатывающем станке студент обязан внимательно изучить: паспорт и руководство по эксплуатации станка, его конструктивные особенности, действие органов управления и системы блокировок, назначение всех кнопок, сигнальных лампочек и информационных табло, а также общие и специальные правила техники безопасности.

Все сведения по выполняемой работе заносятся в специальный отчет. В процессе выполнения работы в отчете зарисовываются все данные измерений и наблюдений, а также результаты расчетов. Схемы деревообрабатывающих станков, приборов должны быть внесены в отчет до проведения работы.

Отчет о лабораторных работах оформляется индивидуально каждым студентом. Во время зачета студент должен объяснить цель работы, порядок выполнения опытов и необходимость полученных результатов, а также устройство станка и используемых приборов.

Работы должны быть выполнены с применением единиц системы СИ и соответствовать требованиям стандарта [1], [2], [3].

РЕКОМЕНДАЦИИ И ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные занятия проводятся с подгруппой студентов (10–12 человек) одним преподавателем совместно с учебным мастером. В начале занятий преподаватель проверяет готовность студентов к выполнению лабораторной работы, оформление ранее выполненных работ.

При выполнении каждой новой работы преподаватель обязан провести общий инструктаж по технике безопасности и противопожарной технике, о чем студенты должны расписаться в журнале.

Лабораторная работа оформляется на листах писчей бумаги формата А4 (297×210 мм). Чертежи и схемы выполняются карандашом. Образец оформления титульного листа представлен в приложении.

К началу очередного занятия студент обязан сдать на проверку оформленную лабораторную работу. После проверки и отметки в журнале преподаватель возвращает работу студенту, который должен представить все оформленные работы к зачету или экзамену.

Основные правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ. Следует иметь в виду, что все лабораторные работы выполняются на действующем оборудовании. Техника безопасности включает систему организационных и технических мероприятий и средств, предусматривающих создание таких условий труда и обстановки на рабочих местах, которые исключали бы возможность несчастных случаев при выполнении работ.

При механической обработке древесины, где применяются станки с высокой частотой вращения режущих инструментов ($n = 3 \cdot 10^3 - 12 \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$), технике безопасности должно быть уделено особое внимание. Поэтому при выполнении лабораторной работы студент обязан подробно ознакомиться с теми конструктивными особенностями станка, которые связаны с обеспечением безопасной работы на нем, а также с правилами безопасного ухода за оборудованием и инструментом.

Правила техники безопасности обязаны изучить все студенты, приступающие к выполнению лабораторных работ.

На рабочем месте должны находиться только те предметы, которые необходимы для выполнения данной работы.

Перед пуском станка следует внимательно изучить и соблюдать инструкцию по безопасной эксплуатации изучаемого деревообрабатывающего оборудования. О замеченных неисправностях необходимо сообщить преподавателю и принять меры по их устранению.

Особое внимание следует обратить на надежность крепления инструмента и точность его установки.

Необходимо проверить наличие и исправность предохранительных ограждений и тормозных устройств станка. Ограждения должны быть надежно закреплены. Категорически запрещается устанавливать, снимать и закреплять ограждения во время работы станка.

Запрещается: трогать руками движущиеся или вращающиеся механизмы станка; измерять заготовку во время ее прохождения через механизм подачи; производить удаление стружки и уборки станка во время его работы; обрабатывать детали, размеры которых не соответствуют установленным нормам.

Перед началом работы следует привести в порядок одежду: убрать волосы под косынку, застегнуть халат и обшлаги рукавов.

Категорически запрещается нажимать на кнопки пульта управления. Пуск станка возможен лишь с разрешения преподавателя или учебного мастера.

Правила электробезопасности. Предупреждение поражения электрическим током и возникновения пожаров при эксплуатации деревообрабатывающего оборудования обеспечивается применением надлежащей изоляции токопроводящих систем, заземлением корпусов станков, которые могут оказаться под напряжением.

Главными причинами поражения электрическим током являются:

- а) случайное прикосновение человека к токонесущим частям, находящимся под напряжением (провода, рубильники, щиты и т. п.);
- б) случайное появление напряжения на металлических частях станка, обычно не находящихся под напряжением. Эта причина возникает, как правило, в результате повреждения изоляции электрооборудования.

Мерами защиты в этих случаях являются обеспечение невозможности случайного прикосновения к токонесущим частям, заземление и зануление электроустановок, применение защитного отключения.

Практическая работа № 1
СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ СХЕМ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

1.1. Схемы машин и предъявляемые к ним требования

Схема – это графический конструкторский документ, отражающий посредством условных обозначений составные части машины, механизма и связи между ними. Виды, типы и общие требования к выполнению схем установлены ГОСТ 2.701-84 [1].

В зависимости от механизма и элементов, входящих в состав машины, а также связей между ними выделяются следующие виды схем: кинематические (К), гидравлические (Г), пневматические (П) и электрические (Э).

В соответствии с назначением схемы подразделяются на следующие типы (обозначаемые соответствующей цифрой):

- структурные (1), служащие для общего ознакомления с машиной, механизмом;
- функциональные (2), поясняющие характер взаимодействия рабочих органов механизмов станка обрабатываемым материалом;
- принципиальные (3), определяющие полный состав элементов машины, механизма и связей между ними;
- монтажные (4), показывающие соединение основных частей (например, трубопроводов).

Вид и тип схемы определяют ее наименование, например: схема гидравлическая принципиальная (обозначение – ГЗ).

Структурные схемы дают наиболее общее представление о составе, структуре и взаимодействии основных элементов машины, изображаемых простейшими геометрическими фигурами: прямоугольниками, кружками и т. д. Вид связей элементов обозначается линиями со стрелками. Типичная структурная схема механизированного дереворежущего станка приведена на рис. 1.

Структурная схема машины должна быть, по возможности, более простой: механизмы должны иметь минимальное количество элементов, высоко-эффективные приводы и передачи движения к рабочим органам. Вместе с тем схема должна отражать наличие всех устройств, обеспечивающих высокий уровень механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций.

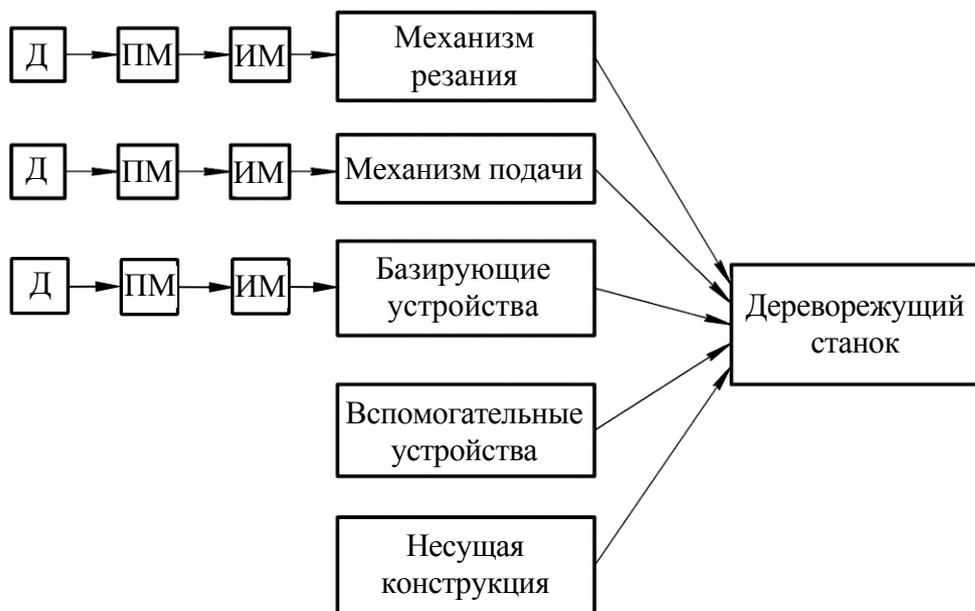


Рис. 1. Пример изображения структурной схемы
дереворежущего станка:

Д – двигатель; ПМ – передаточный механизм;
ИМ – исполнительный механизм (рабочий орган)

Функциональная схема показывает взаимодействие обрабатываемой заготовки (или заготовок) с рабочим инструментом, базирующими, подающими и прижимными органами и элементами машины. Часто функциональная схема должна нести в себе информацию, относящуюся не только к характеру взаимодействия материала, но и к предельным размерам обработки (технологическая схема).

Пример технологической схемы круглопильного станка с ручной подачей приведен на рис. 2.

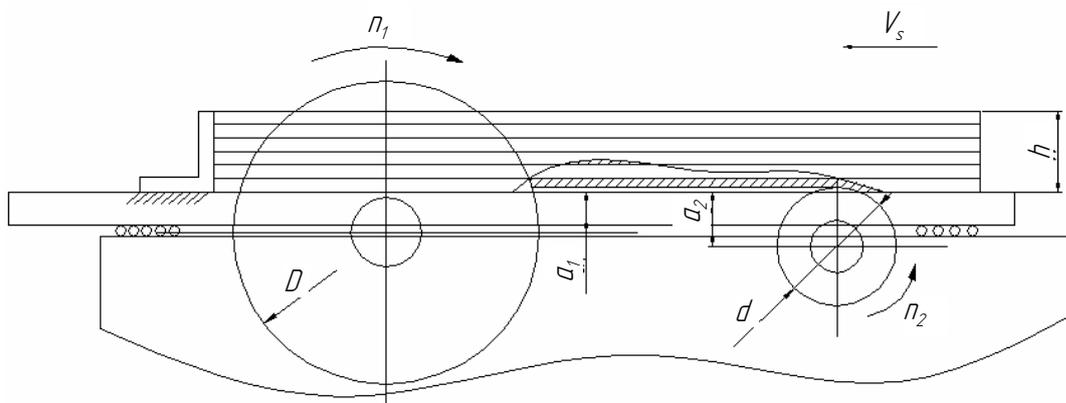


Рис. 2. Технологическая схема круглопильного станка F45

Согласно представленной на рис. 2 схеме, в зависимости от высоты распиливаемого материала h и внешнего диаметра инструмента D выполняется настройка пильного инструмента по высоте путем установки оси вращения пилы относительно стола a_1 . Указываются направления скоростей главного движения и скоростей подачи материала с целью последующего расчета толщины стружки.

Анализ технологических схем деревообрабатывающих машин производится с целью выявить:

- достоинства и недостатки базирования заготовки или заготовок в процессе обработки (например, перемещение плиты, щита в горизонтальной плоскости – с базированием по пласти, или в вертикальной плоскости – с базированием по кромке);

- размеры рабочих органов механизмов главного движения (например, размеров круглых пил в станках для продольной распиловки досок при нижнем или верхнем расположении пил относительно материала);

- удобство загрузки заготовок и съема обработанных деталей, изделий.

Кинематические схемы машин должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 2.703-68 [2]. Вычерчивают схемы, как правило, в виде развертки. Допускается изображение и в аксонометрической проекции. Все элементы должны быть изображены условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.770-68 [3] (СТ СЭВ 2519-80) или для оригинальных элементов – упрощенно, внешними их очертаниями.

Пример кинематической схемы станка ЦДК4-2 представлен на рис. 3.

При выполнении кинематических схем машин следует учитывать следующие положения.

1. Схема должна быть представлена в наиболее простом виде. Чем проще схема, тем менее трудоемок процесс выполнения силовых и кинематических расчетов.

2. На схеме должны быть представлены все данные, необходимые для выполнения кинематических расчетов (для определения скоростей резания и подачи).

3. По возможности необходимо представлять схемы в двух плоскостях с целью лучшего восприятия принципа работы деревообрабатывающего станка.

Требования к изображению пневмо- и гидросхем достаточно подробно изложены в соответствующей литературе [4], [5], [6].

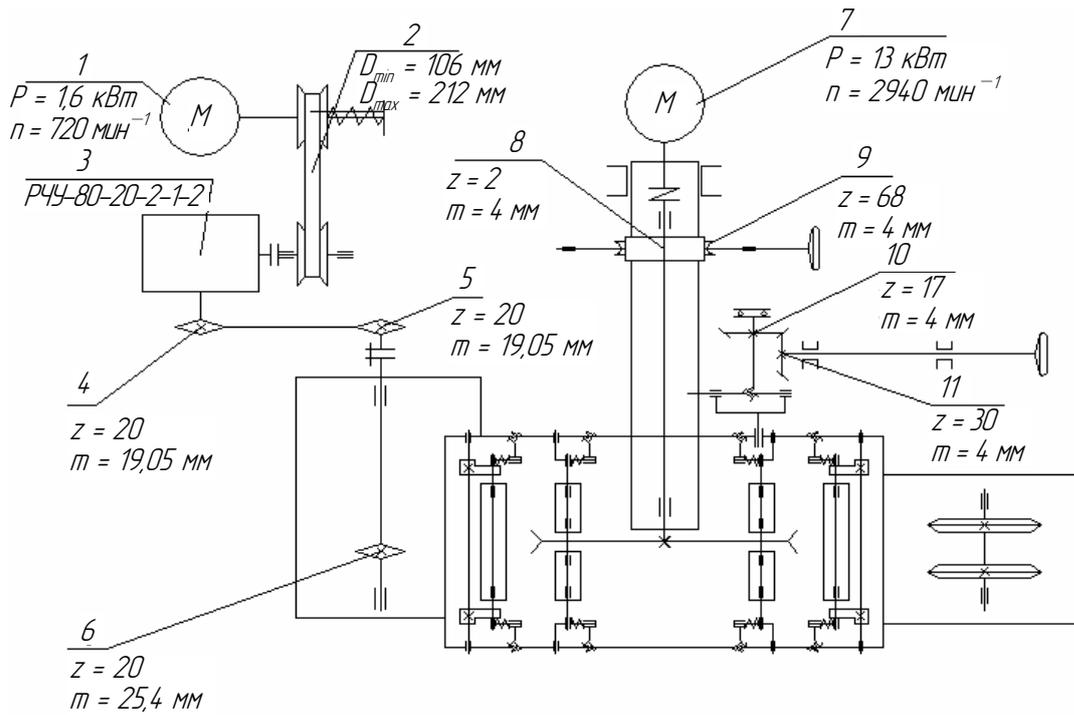


Рис. 3. Кинематическая схема станка ЦДК4-2

1.2. Варианты задания по составлению и анализу структурных, технологических и кинематических схем машин

1. Окорочный станок.
2. Лесопильная рама двухэтажная.
3. Лесопильная рама одноэтажная.
4. Ленточнопильный станок столярный.
5. Ленточнопильный станок бревнопильный.
6. Круглопильный станок для продольного распиливания.
7. Круглопильный станок для поперечного распиливания.
8. Круглопильный станок для форматной обработки.
9. Фуговальный станок.
10. Рейсмусовый станок односторонний.
11. Рейсмусовый станок двухсторонний.
12. Фрезерный станок с нижним расположением шпинделя.
13. Фрезерный станок с верхним расположением шпинделя.
14. Фрезерно-брусующий станок.
15. Фрезерно-обрезной станок.
16. Стругальный станок.

17. Луцильный станок
18. Копировальный станок.
19. Шипорезный станок.
20. Сверлильный станок.
21. Многошпиндельный сверлильно-присадочный станок.
22. Сверлильно-фрезерный станок (типа СВПГ-2).
23. Дисковый стружечный станок.
24. Барабанный станок.
25. Шлифовальный широколенточный станок.
26. Шлифовальный узколенточный станок.
27. Шлифовальный цилиндрический станок.
28. Шлифовальный дисковый станок.
29. Четырехсторонний продольно-фрезерный станок с сосредоточенной схемой механизма подачи.
30. Четырехсторонний продольно-фрезерный станок с распределенной схемой механизма подачи.
31. Кромкооблицовочный станок.
32. Пятикоординатный обрабатывающий центр.
33. Токарный станок.

1.3. Методика решения задачи

В структурной схеме необходимо отметить достаточность механизмов, устройств и элементов для уяснения уровня механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций.

В технологической схеме следует представить:

- 1) обрабатываемый материал как основу технологической схемы;
- 2) рабочие органы механизмов подачи и резания во время взаимодействия с обрабатываемым материалом;
- 3) базируемые поверхности;
- 4) характеристики рабочих органов и обрабатываемого материала с целью последующего выполнения технологических расчетов деревообрабатывающего станка или автоматической линии.

Кинематические схемы механизмов, используемые на станках, необходимо представить в соответствии с ГОСТ 2.703-68. Проверкой достаточности схемы следует считать возможность выполнения кинематических расчетов для всех приводных рабочих органов станка.

Практическая работа № 2
КИНЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

2.1. Особенности выполнения
кинематических расчетов

Кинематические расчеты выполняются при определении: а) угловой скорости (или частоты вращения) и скорости рабочего инструмента механизма главного движения; б) скорости подачи материала (прямая задача) или параметров промежуточных элементов передач по известным их значениям входных и выходных элементов (обратная задача).

2.1.1. Скорость резания. При вращательном движении рабочего инструмента в большинстве случаев скорость резания V практически равна скорости главного движения механизма резания V_e , м/с, которая определяется по формуле

$$V \approx V_e = 0,5 \cdot D \cdot \omega, \quad (1)$$

где D – диаметр окружности резания инструмента или рабочего шкива непосредственного привода инструмента (для ленточно-пильных, ленточно-шлифовальных и других аналогичных станков), м;

ω – угловая скорость инструмента или рабочего шкива, с^{-1} .

В свою очередь

$$\omega = \frac{\omega_{\text{эл}}}{U} (1 - 0,01 \cdot K_p), \quad (2)$$

где $\omega_{\text{эл}}$ – угловая скорость вала электродвигателя, с^{-1} ;

U – передаточное число (в механизмах главного движения в большинстве случаев $\omega > \omega_{\text{эл}}$, соответственно $U \leq 1$);

K_p – коэффициент скольжения.

Поскольку скорость вращения вала электродвигателя, как правило, задается в с^{-1} , то можно записать

$$\omega_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{эл}}}{30}, \quad (3)$$

а скорость резания, м/с, может быть также определена из соотношения

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \ 000}, \quad (4)$$

где $n_{эл}$, n – частота вращения вала электродвигателя и рабочего органа рассматриваемого механизма соответственно, мин^{-1} ;

D – диаметр резания, мм.

Средняя скорость резания в лесопильных рамах и станках с шатунно-кривошипной передачей в механизме главного движения, м/с, определяется следующим образом:

$$V = \frac{H \cdot n}{30}, \quad (5)$$

где H – ход пильной рамки лесопильной рамы или ножевого суппорта шпонострогального станка, м;

n – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} .

Максимальная скорость резания V_{\max} , м/с, при указанных условиях:

$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot H \cdot n}{60}. \quad (6)$$

2.1.2. Скорость подачи. В вальцовых механизмах подачи скорость подачи определяется по формуле

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_b \cdot n_b}{1000}, \quad (7)$$

где d_b – диаметр подающего вальца, мм;

n_b – частота вращения вальца, мин^{-1} ;

$$n_b = \frac{n_{эл}}{U_{\text{общ}}} (1 - 0,01 \cdot K_{\text{общ}}), \quad (8)$$

где $U_{\text{общ}}$ – общее передаточное число, определяемое как произведение частных передаточных чисел кинематических пар: $U_{\text{общ}} = U_1 U_2 U_3 \dots U_n$ (в данном случае при $\omega < \omega_{эл}$ $U_{\text{общ}} > 1$);

$K_{\text{общ}}$ – коэффициент скольжения в элементах привода механизмов подачи, %.

Если подача материала производится конвейерным (гусеничным, цепным и т. п.) органом подачи, то скорость подачи, м/мин, определяется зависимостью

$$V_s = \frac{z_{зв} \cdot t_{зв} \cdot n_{зв}}{1000}, \quad (9)$$

где $z_{зв}$ – число зубьев ведущей звездочки конвейера, шт.;

$t_{зв}$ – шаг звездочки, мм;

$n_{зв}$ – частота вращения звездочки, мин^{-1} .

При выполнении кинематических расчетов вначале рекомендуется представить расчетную зависимость в общем виде. Такое выражение должно отражать структуру передачи движения от привода (например, электродвигателя) к рабочим органам.

При плавном, бесступенчатом регулировании скорости подачи частотным преобразователем (инвертером) частота вращения ведущей звездочки или вальца без учета потерь на скольжение магнитного поля, мин^{-1} , определяется зависимостью

$$n = 60 \cdot f / (p \cdot U_{\text{общ}}), \quad (10)$$

где f – частота вращения магнитного поля (от 0 до f_{max});

p – число пар полюсов двигателя (для асинхронных короткозамкнутых – 1, 2, 3 или 4).

Для *передач ременных* передаточное число составит

$$U_p = \frac{D_{2p}}{D_{1p}}, \quad (11)$$

где D_{2p} , D_{1p} – соответственно диаметры ведомого и ведущего шкивов, мм.

Следует учитывать, что расчетный диаметр шкива клиноременной передачи меньше наружного диаметра приблизительно на толщину клинового ремня.

Для *передач фрикционных* (вариаторов) – в общем случае

$$U_{\phi} = \frac{D_{2\phi}}{D_{1\phi}}, \quad (12)$$

где $D_{2\phi}$ и $D_{1\phi}$ – диаметры ведомого и ведущего колеса фрикционной передачи соответственно.

Для вариаторов с раздвижными ведомым и ведущим конусами (шкивами) со стандартными или широкими клиновыми ремнями:

$$U_{\text{вар}}^{\text{max}} = \frac{D_{2в}^{\text{max}}}{D_{1в}^{\text{min}}}; \quad (13)$$

$$U_{\text{вар}}^{\text{min}} = \frac{D_{2в}^{\text{min}}}{D_{1в}^{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $U_{\text{вар}}^{\max}$ и $U_{\text{вар}}^{\min}$ – максимальное и минимальное передаточные число вариатора соответственно;

$D_{1В}^{\min}$ ($D_{2В}^{\min}$) и $D_{1В}^{\max}$ ($D_{2В}^{\max}$) – минимальный и максимальный диаметры ведущего (ведомого) диска вариатора соответственно.

Так, для прирезного станка типа ЦДК-5 при плавном, бесступенчатом регулировании скорости подачи вариатором выражение для определения угловой скорости ведущей звездочки конвейера или частоты вращения этой звездочки $n_{\text{зв}}$, мин^{-1} , может быть представлено в виде

$$n_{\text{зв}} = n_{\text{эл}} \frac{1}{\frac{U_{\text{вар}}^{\max}}{1} \frac{1}{U_{\text{общ}}}} (1 - 0,01 \cdot K_{\text{общ}}). \quad (15)$$

Диапазон регулирования угловой скорости или частоты вращения выходного вала вариатора:

$$C = \frac{U_{\text{вар}}^{\max}}{U_{\text{вар}}^{\min}} = \frac{D_{2В}^{\max} \cdot D_{1В}^{\max}}{D_{1В}^{\min} \cdot D_{2В}^{\min}}, \quad (16)$$

и при соответственно равных диаметрах ведомого и ведущего конусов:

$$C = \left(\frac{D_{1В}^{\max}}{D_{1В}^{\min}} \right)^2. \quad (17)$$

Для конусного вариатора:

$$U_{\text{вар.к}}^{\max} = \frac{D_{2В}}{D_{1В}^{\min}}; \quad (18)$$

$$U_{\text{вар.к}}^{\min} = \frac{D_{2В}}{D_{1В}^{\max}}. \quad (19)$$

Диапазон регулирования угловой скорости или частоты вращения выходного вала вариатора в этом случае равен

$$C = \frac{U_{\text{вар.к}}^{\max}}{U_{\text{вар.к}}^{\min}} = \frac{D_{1В}^{\max}}{D_{1В}^{\min}}. \quad (20)$$

При выборе типа вариатора можно руководствоваться следующими значениями диапазонов регулирования C скорости

выходного вала [7]. Для клиноременных вариаторов со стандартным ремнем $C = 1,3-1,8$; с широким ремнем и одним регулируемым шкивом $C = 2,5-3,0$; с широким ремнем и двумя регулируемыми шкивами $C = 6-9$. Для конусных вариаторов $C = 2-3$.

Для передач зубчатых и цепных

$$U_3 = U_{ц} = \frac{z_2}{z_1}, \quad (21)$$

где z_2 и z_1 – соответственно число зубьев ведомого и ведущего элементов зубчатой или цепной передачи.

Для червячной передачи

$$U_ч = \frac{z}{z_ч}, \quad (22)$$

где z – число зубьев червячного колеса;

$z_ч$ – число заходов червяка.

При выполнении кинематических расчетов следует проверить передаточные числа промежуточных передач, которые должны быть согласованы с рекомендуемыми значениями, представленными в работе [8]:

- а) закрытая зубчатая передача (редуктор): с цилиндрическими колесами – 3–6; с коническими колесами – 2–4;
- б) открытая зубчатая передача – 3–6;
- в) червячная закрытая передача – 8–50;
- г) цепная передача – 2–6;
- д) ременная передача: с плоским ремнем – 2–4; с клиновым ремнем – 2–5.

2.2. Варианты заданий по выполнению кинематических расчетов

Согласно [9], необходимо представить кинематическую схему станка с указанием всех необходимых характеристик.

Требуется определить:

- 1) частоты вращения рабочих органов механизмов;
- 2) скорости главного движения V , подачи V_s и резания V_e ;

Согласно табл. 1, необходимо выбрать станок для изучения. Студент самостоятельно находит (из различных источников)

частоту вращения вала двигателя механизма, который задает преподаватель.

Таблица 1

Индивидуальные задания

Номер варианта	Деревообрабатывающий станок	Частота вращения вала двигателя n , мин ⁻¹
1	ЦДК4-3	
2	ЛС80-1	
3	ЦА-2	
4	ФСА	
5	СФ6-2	
6	С26-2М	
7	ЦДК5-3	
8	СР6-9	

2.3. Методика выполнения кинематических расчетов

1. Необходимо начертить кинематическую схему станка. Схему механизма нужно начертить по отдельности для каждого привода.

2. Требуется определить передаточные числа передач, из которых состоят приводы.

3. Зная частоту вращения вала двигателя и используя зависимость (9), необходимо найти частоту вращения рабочего органа механизма (для ориентировочных расчетов можно принять $K_p \approx 0$).

4. Скорости главного движения и подачи определяются на основании зависимостей (4), (5), (7). Скорость резания находится как геометрическая сумма векторов скоростей главного движения и подачи. Для этого необходимо представить функциональную схему обработки материала и указать на ней векторы полученных скоростей. После чего определить скорость резания, используя зависимость

$$V_e = \sqrt{V^2 + V_s^2 + 2V \cdot V_s \cdot \cos \lambda}, \quad (23)$$

где λ – угол между векторами скоростей главного движения и подачи, град.

5. Представить на функциональной схеме в свободно выбранном масштабе вектор скорости резания.

Практическая работа № 3
СИЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ В МЕХАНИЗМАХ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

**3.1. Силы взаимодействия, возникающие в механизмах
подачи вальцового и конвейерного типов
при обработке древесины**

Выполняемые для механизмов подачи расчеты преследуют цель установления необходимой мощности электродвигателя или крутящего момента гидромотора, силовых характеристик гидро- или пневмоцилиндров привода механизма подачи. Одновременно для вальцовых и конвейерных механизмов захватно-фрикционного типа определяется необходимая сила прижима рабочего органа подачи.

Для выполнения силовых расчетов составляется схема сил, на которой показываются (пример представлен на рис. 4, с. 21):

а) максимальная результирующая сила резания (ее составляющие, параллельно (F_{\parallel}) и перпендикулярно (F_{\perp}) направленные относительно скорости подачи), действующая со стороны рабочего инструмента на заготовку;

б) силы прижима рабочих органов подачи, прижимных и прочих элементов станка к подаваемому материалу ($F_{\text{в}}$);

в) силы веса обрабатываемого материала (G);

г) силы трения скольжения ($F_{\text{ск}}$) материала по прижимным (неподвижным), базирующим и направляющим устройствам и элементам станка;

д) силы трения качения вращающихся рабочих и прижимных органов подачи ($F_{\text{к}}$);

е) тяговые усилия, действующие со стороны рабочих органов подачи на материал (T).

Составляется выражение для определения суммы сил сопротивления подаче $\Sigma F_{\text{с}}$. При этом последовательно суммируются: а) силы, действующие со стороны рабочего инструмента; б) силы трения скольжения $\Sigma F_{\text{ск}}$ – учитывается сила веса заготовки, приходящаяся на заходную или выходную части станка; в) силы трения качения $\Sigma F_{\text{к}}$ вальцов и роликов по материалу.

Выражение

$$\Sigma F_{\text{с}} = F_{\parallel} + \Sigma F_{\text{ск}} + \Sigma F_{\text{к}} \quad (24)$$

составляется для наихудших условий подачи материала органами подачи, расположенными до или после рабочего инструмента. Значения касательной силы (силы резания) F_t определяются по мощности электродвигателя механизма главного движения (резания), а нормальной силы F_n – по функции касательной силы F_t .

Составляется выражение для определения суммарного тягового усилия ΣT , создаваемого приводными подающими органами механизма подачи – вальцами, конвейером, и для наихудших условий подачи (по аналогии с определением ΣF_c). Тяговое усилие подающего рабочего органа определяется как произведение прижимного усилия на коэффициент сцепления его с материалом.

Записывается уравнение тяговых возможностей механизма подачи:

$$\alpha \Sigma F_c = \Sigma T, \quad (25)$$

где α – коэффициент запаса, $\alpha = 1,2-1,8$.

Раскрываются левая и правая части уравнения. Полученное уравнение с одним неизвестным – силой прижима подающего органа – решается относительно этого неизвестного.

Составляется выражение для определения общей силы сопротивления подаче $\Sigma F_{c.общ}$ с учетом найденной величины силы прижима рабочего органа. Учитываются все органы подачи, расположенные как до, так и после рабочего инструмента.

Находится мощность привода механизма подачи, кВт:

$$P_{пр} = \frac{\alpha \Sigma F_c \cdot V_s}{60\,000 \cdot \eta_{пр}}, \quad (26)$$

где ΣF_c – суммарная сила сопротивления подаче, Н;

V_s – скорость подачи, м/мин;

$\eta_{пр}$ – КПД механизма подачи.

Представим на рис. 4 схему подачи вальцового типа с односторонним расположением вальцов.

Для данной схемы определим суммарную силу сопротивления подачи (из условия взаимодействия заготовки с одним вальцом, обеспечивающим прижим заготовки к направляющему столу):

$$\Sigma F_c = F_{||} + \Sigma F_{ск} + \Sigma F_k = F_{||} + (F_b + G + F_{\perp})f + F_b \cdot k/r, \quad (27)$$

где f – коэффициент трения скольжения заготовки по направляющим;

k – коэффициент трения качения вальца по заготовке, мм;

r – радиус вальца, мм.

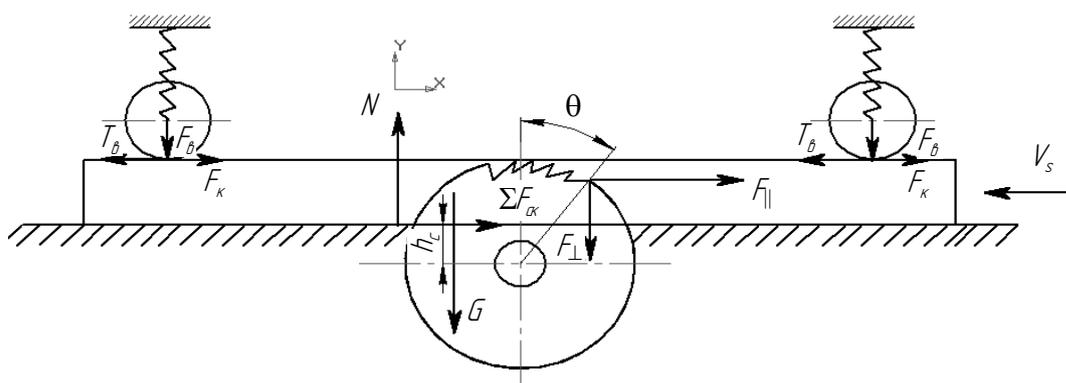


Рис. 4. Схема подачи пальмового типа с односторонним расположением вальцов

Далее

$$\sum T = T = F_B \cdot \mu, \quad (28)$$

где μ – коэффициент сцепления вальца с заготовкой.

Затем на основании равенства (25) следует записать:

$$\alpha[F_{\parallel} + (F_B + G + F_{\perp})f + F_B \cdot k/r] = F_B \cdot \mu; \quad (29)$$

$$F_B = \frac{\alpha[F_{\parallel} + (G + F_{\perp})f]}{\mu - \alpha(f + k/r)}. \quad (30)$$

Очевидно, что для обеспечения подачи материала в станке необходимо соблюдение соотношения $\mu - \alpha(f + k/r) > 0$ (при равенстве нулю $P_B = \infty$), т. е. должно быть $\mu / \alpha > f + k/r$. В частности, в соответствии с табл. 2–4 при подаче сосновых заготовок рифлеными вальцами при влажности заготовок 12% $\mu = 0,42$, при 65% $\mu = 0,48$; при подаче гладкими вальцами соответственно будет $\mu = 0,25$ и $0,3$. Соотношение k/r очень мало ($\approx 0,01$) и потому может не учитываться. Поскольку коэффициент трения древесины о металл находится в пределах $f = 0,3–0,5$, подача заготовок в рассматриваемом случае или вообще не будет осуществляться, или будет неравномерной, с проскальзыванием вальцов относительно материала.

Необходимые данные следует брать из таблиц, представленных в приложении 1.

При двустороннем расположении вальцов относительно заготовки (рис. 5), пренебрегая силой трения скольжения, зависимости (27)–(30) примут вид:

а) давление вальцов до инструмента:

$$\sum F_c = F_{\parallel} + F_k + F_{k1} = F_{\parallel} + (G + F_{\perp} + 2 \cdot F_B)k/r; \quad (31)$$

$$\sum T = F_B \cdot \mu; \quad (32)$$

$$F_B = \frac{\alpha[F_{\parallel} + (G + F_{\perp})k/r]}{Z \cdot \mu - x \cdot \alpha \cdot k/r}, \quad (33)$$

где Z – количество приводных валцов до инструмента с максимальным коэффициентом сцепления μ ($Z = 1$);

x – количество валцов до инструмента ($x = 2$);

б) давление валцов после инструмента (аналогично предыдущему расчету):

$$\sum F_c = F_{\parallel} + 2 \cdot F_k + 2 \cdot F_{k1} = F_{\parallel} + (G + F_{\perp} + 4 \cdot F_B)k/r; \quad (34)$$

$$\sum T = 2 \cdot F_B \cdot \mu; \quad (35)$$

$$F_B = \frac{\alpha[F_{\parallel} + (G + F_{\perp})k/r]}{2(\mu - 2 \cdot \alpha \cdot k/r)}. \quad (36)$$

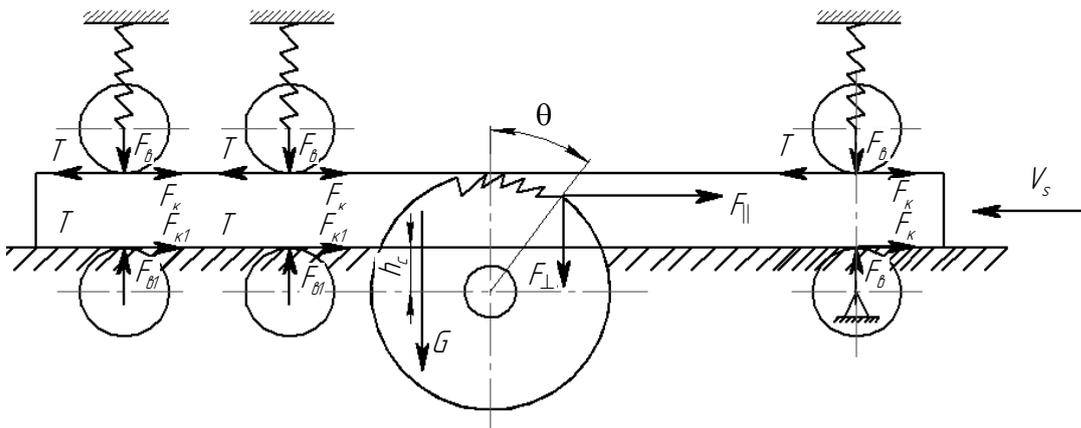


Рис. 5. Схема подачи вальцового типа с двусторонним расположением валцов (верхние – приводные, нижние – не приводные)

Таким образом, для уменьшения величины усилия прижима материала вальцом F_B , способствующего, в частности, снижению вероятности деформирования достаточно тонких и несколько покоробленных заготовок в фрезерующих станках, снижению износа подающих и направляющих устройств станка, необходимо:

1) обеспечить наибольшее значение коэффициента сцепления μ вальца с материалом путем выбора соответствующей конструкции рифлей или, например, применения валцов с обрешиненной поверхностью, имеющей коэффициент сцепления $\mu = 0,8-0,85$;

- 2) максимально снизить силы трения скольжения, уменьшив f ;
- 3) не только обеспечить наличие нижних вальцов, но и сделать их приводными;

4) увеличить общее количество вальцов

Рассмотрим конвейерный механизм подачи захватно-фрикционного типа с верхним его расположением (рис. 6).

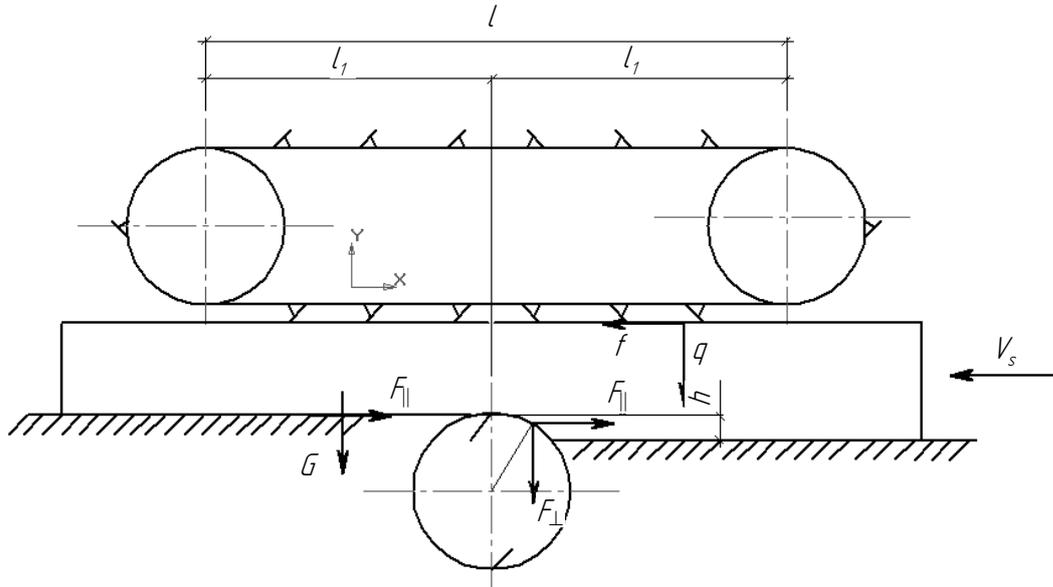


Рис. 6. Схема подачи захватно-фрикционного типа

Для гарантированной подачи заготовок выходной частью конвейера принимается $l_2 > l_1$.

Количество захватных элементов:

1) по длине:

а) во входной части конвейера – $n_{l1} = l_1 / t_l$;

б) в выходной части – $n_{l2} = l_2 / t_l$,

где t_l – шаг захватных элементов по длине конвейера, мм;

2) по ширине: $n_B = B / t_B$,

где B – ширина рабочей части конвейера, согласованная с шириной обрабатываемых заготовок, мм;

t_B – шаг захватных элементов по ширине конвейера, мм;

3) общее:

а) на участке l_1 : $n_1 = n_{l1} \cdot n_B$;

б) на участке l_2 : $n_2 = n_{l2} \cdot n_B$.

Тогда для наилучших условий подачи

$$\sum F_c = F_{\parallel} + \sum F_{\text{ск}} = F_{\parallel} + (n_1 \cdot F_q + G + F_{\perp})f; \quad (37)$$

$$\sum T = n_1 \cdot F_q \cdot \mu, \quad (38)$$

где T – тяговое усилие одного захватного элемента, Н;

F_q – усилие прижима захватного элемента к заготовке, Н;

μ – коэффициент сцепления захватного элемента с материалом.

На основании зависимости (25) представим усилие прижима:

$$F_q = \frac{\alpha[F_{\parallel} + (G + F_{\perp})f]}{n_1(\mu - \alpha \cdot f)}. \quad (39)$$

3.2. Варианты заданий по выполнению силовых расчетов

3.2.1. Станки с вальцовой подачей. В соответствии с табл. 2 и рис. 4 определить:

1) необходимую силу нажима вальца на материал F_B ;

2) соотношение величин $F_{\parallel} / \sum F_c, \sum F_{ck} / \sum F_c$;

3) мощность привода механизма подачи $P_{пр.п.}$.

Необходимо также проанализировать механизм подачи с целью выявления возможностей:

а) уменьшения величины усилия нажима вальца на материал F_B ;

б) повышения величины тягового усилия $\sum T$ механизма.

В расчетах принять:

$$F_{\parallel} = z_{\pi}(F_k \cdot \cos \theta + F_n \cdot \sin \theta) = z_{\pi} \cdot F_k (\cos \theta + m \cdot \sin \theta); \quad (40)$$

$$F_{\perp} = z_{\pi}(F_k \cdot \sin \theta + F_n \cdot \cos \theta) = z_{\pi} \cdot F_k (\sin \theta + m \cdot \cos \theta), \quad (41)$$

где z_{π} – количество пил, установленных на пильном валу и приводимых в движение от одного электродвигателя, шт.;

F_k – касательная сила (сила резания) для одной пилы, Н:

$$F_k = \frac{1000 \cdot P_{эл} \cdot \eta}{V \cdot z_{\pi}}, \quad (42)$$

η – КПД привода механизма резания;

V – скорость главного движения, м/с;

θ – кинематический угол встречи, град:

$$\theta = 0,5[\arccos(h_c + H) / R + \arccos(h_c / R)], \quad (43)$$

можно принять $h_c > d_{ш} / 2$, при диаметре прижимной шайбы $d_{ш}$:

$$d_{ш} = 5\sqrt{2R} \text{ мм}, \quad (44)$$

где R – радиус пилы, мм;

m – коэффициент, равный отношению радиальной силы к касательной силе резания [10].

Таблица 2

Станки с вальцовой подачей

Номер варианта	$P_{эл}$, кВт	η	$D = 2R$, м	ω , c^{-1} , или n , $мин^{-1}$	$z_{п}$, шт.	Порода древесины	W , %	L_i , м	B , мм	H , мм	α
1	7,5	0,9	0,36	380	1	Береза	12	1000	180	40	1,2
2	11	0,88	0,36	380	2	Сосна	12	1000	180	60	1,5
3	15	0,85	0,4	300	3	Бук	30	1000	220	60	1,8
4	18,5	0,88	0,45	300	4	Сосна	30	1200	250	50	1,5
5	22	0,85	0,5	260	3	Дуб	65	1200	220	40	1,2
6	7,5	0,85	0,315	(3600)	2	Сосна	30	1000	220	40	1,8
7	11	0,9	0,36	(3600)	2	Ель	30	1000	220	60	1,2
8	15	0,85	0,4	(2900)	3	Береза	65	1200	180	60	1,5
9	18,5	0,9	0,4	(2900)	3	Бук	65	1200	200	60	1,3
10	22	0,8	0,4	(2900)	4	Дуб	30	1200	250	50	1,8
11	5,5	0,9	0,36	380	1	Береза	65	800	180	32	1,5
12	7,5	0,88	0,36	380	2	Сосна	30	800	180	50	1,8
13	11	0,85	0,4	300	3	Бук	65	1000	220	50	1,2
14	15	0,88	0,45	300	4	Сосна	30	1200	250	60	1,8
15	18,5	0,85	0,5	260	3	Дуб	65	1200	200	50	1,5
16	5,5	0,88	0,315	(3600)	2	Бук	12	800	200	40	1,2
17	7,5	0,88	0,36	(3600)	2	Дуб	30	1000	180	40	1,5
18	11	0,85	0,4	(2900)	3	Сосна	65	1000	180	60	1,8
19	15	0,85	0,4	(2900)	3	Береза	65	1200	250	60	1,5
20	17,5	0,8	0,5	(2500)	4	Сосна	30	1200	220	80	1,2
21	7,5	0,85	0,36	380	1	Дуб	30	1000	180	50	1,5
22	11	0,9	0,32	380	2	Береза	65	1000	250	50	1,8
23	15	0,85	0,4	300	3	Сосна	12	1200	220	60	1,2
24	18,5	0,9	0,45	300	4	Сосна	30	1200	250	80	1,8
25	22	0,85	0,4	300	2	Береза	65	1200	220	60	1,5

Примечание: ω , n – угловая скорость, c^{-1} , и частота вращения, $мин^{-1}$, пильного вала; W – влажность заготовки, %; L_i – длина заготовки, мм; B – ширина заготовки, мм; H – толщина распиливаемого материала, мм.

3.2.2. Станки с конвейерной подачей. В соответствии с табл. 3, 4 и рис. 6 определить:

- 1) количество захватных нажимных элементов n , n_1 и n_2 ;
- 2) необходимую силу нажима захватного элемента q ;
- 3) соотношение величин $F_{\parallel} / \sum F_c$, $\sum F_{ск} / \sum F_c$;
- 4) мощность привода механизма подачи $P_{пр.п.}$.

Таблица 3

Станки с конвейерной подачей захватно-фрикционного типа

Номер варианта	$P_{эл}$, кВт	η	$D = 2R$, м	ω , c^{-1} , или (n , $мин^{-1}$)	Порода древесины ($W = 10-15\%$)	L_i , м	B , мм	H , мм	h , мм
1	3	0,92	0,1	600	Сосна	800	250	32	2,5
2	4	0,9	0,1	600	Береза	800	250	40	3,0
3	4	0,88	0,12	460	Ель	800	320	40	2,5
4	5,5	0,85	0,12	460	Бук	800	320	50	3,0
5	7,5	0,82	0,12	460	Дуб	800	360	50	3,0
6	3	0,9	0,12	(5800)	Береза	800	220	40	2,0
7	3	0,88	0,12	(5800)	Ель	800	220	40	2,0
8	4	0,85	0,12	(4400)	Бук	800	250	50	2,5
9	5,5	0,82	0,16	(4400)	Дуб	800	250	50	2,5
10	7,5	0,8	0,16	(4400)	Сосна	800	320	60	3,0
11	4	0,92	0,12	600	Ель	1000	250	32	2,0
12	4	0,9	0,12	460	Бук	1000	320	40	2,0
13	5,5	0,88	0,12	600	Дуб	1000	250	40	2,5
14	7,5	0,85	0,16	460	Сосна	1000	320	50	2,5
15	7,5	0,82	0,16	600	Береза	1000	250	50	2,5
16	3	0,9	0,1	(5800)	Бук	800	250	40	2,0
17	4	0,9	0,1	(4400)	Дуб	800	250	40	2,5
18	5,5	0,85	0,12	(5800)	Сосна	800	320	50	2,5
19	5,5	0,85	0,12	(4400)	Береза	800	320	50	3,0
20	7,5	0,8	0,12	(5800)	Ель	800	320	60	3,0
21	3	0,92	0,08	600	Дуб	800	220	40	1,5
22	3	0,9	0,1	(5800)	Сосна	800	220	32	2,0
23	4	0,88	0,1	600	Береза	800	250	40	2,0
24	4	0,85	0,12	(5800)	Ель	800	250	50	2,5
25	5,5	0,82	0,12	460	Бук	800	320	40	2,5

Примечание: h – припуск на обработку, мм.

Необходимо также дать анализ механизма подачи с целью выявления возможности: а) уменьшения величины усилия нажима захватного элемента на материал; б) повышения величины тягового усилия $\sum T$ механизма.

В расчете принять

$$F_{\parallel} = (F_k \cdot \cos \theta + F_n \cdot \sin \theta) = F_k (\cos \theta + m \cdot \sin \theta); \quad (45)$$

$$F_{\perp} = (F_k \cdot \sin \theta - F_n \cdot \cos \theta) = F_k (\sin \theta + m \cdot \cos \theta), \quad (46)$$

где F_k – касательная сила резания, Н:

$$F_k = \frac{1000 \cdot P_{эл} \cdot \eta}{V}, \quad (47)$$

θ – кинематический угол встречи, град:

$$\theta = 0,5 \arccos(1 - h/R). \quad (48)$$

Таблица 4

Дополнительные данные к табл. 2

Номер варианта	m	α	Параметры конвейера			μ
			l , мм	t_l , мм	t_b , мм	
1	0,2	1,2	1200	80	100	0,6
2	0,3	1,2	1200	100	100	0,8
3	0,4	1,3	1200	80	80	0,6
4	0,5	1,3	1200	100	80	0,8
5	0,6	1,3	1200	125	100	0,6
6	0,6	1,3	1400	80	80	0,8
7	0,5	1,3	1400	80	80	0,7
8	0,4	1,4	1400	100	100	0,8
9	0,3	1,4	1400	125	100	0,7
10	0,2	1,4	1400	100	80	0,8
11	0,3	1,4	1600	100	120	0,6
12	0,5	1,4	1600	80	120	0,7
13	0,3	1,5	1600	100	120	0,6
14	0,5	1,5	1600	80	120	0,7
15	0,3	1,5	1600	100	120	0,6
16	0,2	1,5	1200	80	80	0,6
17	0,4	1,5	1200	100	100	0,8
18	0,6	1,6	1200	80	100	0,6
19	0,4	1,6	1200	125	100	0,8
20	0,2	1,6	1200	100	100	0,6
21	0,4	1,2	1400	100	80	0,8
22	0,3	1,3	1200	80	100	0,7
23	0,6	1,4	1600	100	100	0,8
24	0,3	1,5	1200	80	120	0,7
25	0,4	1,6	1400	100	120	0,8

Практически $\mu > f$; в то же время μ мало вследствие большого количества захватов. Поэтому подача относительно тонких заготовок осуществляется без их деформирования в поперечном направлении и при малом износе базирующих устройств.

Для весьма острых захватных элементов $\mu \geq 1$; для затупленных $\mu = 0,4-0,5$, обрезиненных $\mu = 0,75-0,95$.

Практическая работа № 4
РАСЧЕТ ЛИНИЙ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

4.1. Общие сведения о линиях машин

Согласно ГОСТ 28910-91 «Линии автоматические. Термины и определения», следует отличать нижеуказанные понятия:

Автоматическая линия (АЛ): совокупность технологического оборудования, установленного в последовательности технологического процесса, соединенного автоматическим транспортом, оснащенного автоматическими загрузочно-разгрузочными устройствами и одной общей или несколькими взаимосвязанными системами управления.

Полуавтоматическая линия (ЛП): совокупность технологического оборудования, установленного в последовательности технологического процесса, соединенного автоматическим транспортом, оснащенного автоматическими загрузочно-разгрузочными устройствами и одной общей или несколькими взаимосвязанными системами управления, включающая также технологическое и транспортное оборудование для выполнения части операций с непосредственным участием оператора в каждом цикле работы линии.

Несблокированная автоматическая линия (несблокированная АЛ): автоматическая линия, в которой автоматический транспорт и система управления обеспечивают в определенных пределах независимый цикл работы каждой единицы встроенного технологического оборудования.

Сблокированная автоматическая линия (сблокированная АЛ): автоматическая линия, в которой автоматический транспорт и система управления объединяют работу встроенного технологического оборудования общим циклом.

Перенастраиваемая автоматическая линия (ПАЛ): автоматическая линия, технологическое и транспортное оборудование которой за счет автоматического или ограниченного по времени и трудоемкости ручного регулирования или замены элементов технологической оснастки, автоматического транспорта и автоматических загрузочно-разгрузочных устройств позволяет проводить обработку деталей одного или нескольких наименований в заранее установленном диапазоне их размеров.

Однопредметная автоматическая линия (однопредметная АЛ): автоматическая линия, предназначенная для производства изделий одного типоразмера.

Многопредметная автоматическая линия (многопредметная АЛ): автоматическая линия, предназначенная для производства изделий нескольких типоразмеров или наименований.

Участок автоматической линии (участок АЛ): часть автоматической линии, технологическое и транспортное оборудование в которой объединены общим технологическим назначением или компоновочным решением.

Система автоматических линий (САЛ): совокупность автоматических линий, установленных в последовательности технологического процесса, соединенных автоматическим транспортом и накопительными устройствами и оснащенных взаимосвязанными системами управления.

Система автоматических линий комплексной обработки (САЛКО): совокупность автоматических линий, установленных в последовательности технологического процесса, включающего получение заготовок и готовых изделий.

Система линий (СЛ): совокупность автоматических и полуавтоматических линий, установленных в последовательности технологического процесса, соединенных транспортом и накопительными устройствами и оснащенных взаимосвязанными системами управления.

Исследования производительности автоматов и автоматических линий в условиях эксплуатации обычно ставят две основные цели [12]:

1) определить резервы повышения производительности в данных конкретных условиях производства;

2) дать исходные параметры для проектирования новых автоматов и автоматических линий путем обобщения опыта эксплуатации действующих конструкций и сравнительного анализа работоспособности однотипных механизмов и устройств.

Если анализируются резервы повышения производительности в данных конкретных условиях эксплуатации, необходимо учитывать все виды потерь.

Если анализируются и сравниваются возможные конструктивные, структурные и другие варианты автоматов и линий, которые отличаются длительностью рабочих и холостых ходов, интенсивностью режимов обработки, надежностью в работе механизмов

и устройств, следует учитывать только цикловые и собственные внецикловые потери, анализировать надежность и долговечность машин.

Исследованию работоспособности должно предшествовать тщательное ознакомление с технологическими процессами обработки (методы и маршруты, режимы, необходимая точность и другие требования к качеству обрабатываемых изделий и т. д.), конструкцией всех машин и механизмов, организацией эксплуатации и т. д.

Следующим этапом исследований являются фактические наблюдения и замеры, прежде всего фотографирование работы оборудования и хронометраж его простоев. Во время фотографирования фиксируют все затраты фонда времени: производительные (работа) и непроизводительные (простои) технического и организационного характера, продолжительность и методы устранения неполадок, а также количество изделий, выпущенных в каждую смену, и продолжительность цикла. Наблюдение по возможности проводят непрерывно в течение достаточно продолжительного периода времени (12–18 смен и более). В протоколах наблюдений отражают время и причину каждого простоя, методы устранения неполадок и т. д., т. е. они содержат всю информацию, характеризующую работоспособность автомата или линий в исследуемом периоде.

Хронометраж простоев какого-либо вида проводят обычно на дальнейших стадиях исследования, когда определены эксплуатационные характеристики, выяснено, где находятся наибольшие резервы повышения производительности, и необходимо узнать, какую величину роста производительности обеспечит проведение тех или иных мероприятий.

Однако в некоторых случаях уже в начале исследования определены вопросы, на которые необходимо обратить внимание. К числу таких вопросов для автоматов и автоматических линий механической обработки относится, например, исследование стойкости инструмента и надежности типовых механизмов. На этом же этапе исследований могут выполняться и другие замеры, например длительности отдельных элементов рабочего цикла, режимов обработки, износа инструмента, стабильности перемещений механизмов, температуры масла в гидросистемах и т. д.

Фактические наблюдения за работой автоматов и автоматических линий дают значительный объем информации, обработка

которой позволяет делать выводы о работоспособности, уровне системы эксплуатации, резервах повышения производительности и точности и др. Обработка информации позволяет получить некоторые параметры работы и в первую очередь баланс затрат планового фонда времени работы, который дает первое представление о работоспособности автомата или автоматической линии. Для получения баланса затрат фонда времени все простои группируют по функциональным признакам и данные из всех протоколов наблюдений сводят в единую таблицу.

В качестве примера в табл. 5 приведены данные о распределении планового фонда времени при эксплуатации типовой автоматической линии из агрегатных станков, представленных схематично на рис. 7.

Таблица 5

Распределение фонда времени автоматической линии

Элементы затрат планового фонда времени		К общему времени, %
Простои из-за станка 1	Простои из-за инструмента ($Q_{1ин}$)	5,5
	Простои из-за привода механизмов ($Q_{1пр}$)	1,0
	Простои из-за брака ($Q_{1бр}$)	0,5
	<i>Всего</i> ($Q_{ст1}$)	7,0
Простои из-за станка 2	Простои из-за инструмента ($Q_{2ин}$)	1,5
	Простои из-за привода механизмов ($Q_{2пр}$)	0,8
	Простои из-за брака ($Q_{2бр}$)	0,7
	<i>Всего</i> ($Q_{ст2}$)	3,0
Простои из-за станка 3	Простои из-за инструмента ($Q_{3ин}$)	3,0
	Простои из-за привода механизмов ($Q_{3пр}$)	5,5
	Простои из-за брака ($Q_{3бр}$)	3,5
	<i>Всего</i> ($Q_{ст3}$)	12,0
Простои организационные	Организационные плановые простои ($Q_{пл}$)	5,1
	Организационные внеплановые простои ($Q_{внепл}$)	4,9
	<i>Всего</i> ($Q_{орг}$)	10,0
<i>Итого</i>	Простои из-за станков ($\sum Q_{ст}$)	22,0
	Простои организационные ($Q_{орг}$)	10,0
	Общее время простоев ($Q_{общ}$)	32,0
	Работа (Q_p)	68,0
	Время наблюдений (Q)	100

Большинство эксплуатационных характеристик действующих автоматов и линий можно определить по двум документам: фактической циклограмме и балансу затрат фонда времени. Рассмотрим расчет важнейших характеристик работоспособности.

Автоматическая линия



Рис. 7. Схема автоматической линии из агрегатных станков

Коэффициент использования автоматической линии согласно [12]

$$K_{\text{исп}} = \frac{Q_p}{Q}. \quad (49)$$

Так, для линии из агрегатных станков коэффициент использования (согласно данным из табл. 5) составляет

$$K_{\text{исп}} = \frac{Q_p}{Q} = \frac{68}{100} = 0,68.$$

Коэффициент использования можно определить непосредственно и без формул как процент времени работы машины в балансе затрат планового фонда времени.

2. Коэффициент технического использования с учетом только собственных простоев согласно [12]

$$K_{\text{тех}} = \frac{1}{1 + \sum Q_{\text{ст}} / Q_p}. \quad (50)$$

Для линии из агрегатных станков величина собственных простоев составляет (в относительных единицах, см. табл. 5):

$$\sum Q_{\text{ст}} = 7,0 + 3,0 + 12,0 = 22,0;$$

$$K_{\text{тех}} = \frac{1}{1 + 22,0/68,0} = 0,76.$$

3. Коэффициент загрузки равен отношению суммы работы и простоев линии по техническим причинам к общему плановому фонду времени и характеризует обеспеченность линии заготовками, инструментом и т. д. Согласно [12]

$$K_3 = \frac{Q_p + \sum Q_{\text{ст}}}{Q_p + \sum Q_{\text{ст}} + \sum Q_{\text{орг}}} = \frac{K_{\text{ис}}}{K_{\text{тех}}}, \quad (51)$$

где K_3 – коэффициент загрузки;

$\sum Q_{\text{орг}}$ – дополнительные простои по внешним, организационно-техническим причинам (отсутствие заготовок, несвоевременный приход и уход рабочих и т. д.).

Для линии из агрегатных станков (по табл. 5)

$$K_3 = 0,68 / 0,76 = 0,89.$$

4. Внецикловые потери определяют как простои, приходящиеся на единицу изделий:

$$\sum t_{\text{пр}} = \sum T_{\text{общ}} / n, \quad (52)$$

где $\sum T_{\text{общ}}$ – общее время простоев, мин;

n – количество изделий, полученный за расчетный период времени, шт.

Однако при обработке данных наблюдений за длительный период времени подсчет суммарной длительности простоев $\sum t_{\text{пр}}$ и количества обработанных изделий n представляет значительные трудности.

$$n = T_p / T, \quad (53)$$

где T_p – чистое время работы машины за период наблюдения, мин;

T – длительность рабочего цикла, мин.

Таким образом, получаем

$$\sum t_{\text{пр}} = \sum T_{\text{общ}} / n = (\sum Q_{\text{общ}} / Q_p) T. \quad (54)$$

Величина простоев и работы берется, как и в предыдущих случаях, непосредственно из баланса затрат фонда времени. Так, общие внецикловые простои линии, согласно табл. 5, составляют $\sum Q_{\text{общ}} = 32\%$.

Данные по величине T берут из протоколов наблюдения или специальных замеров.

Предположим, что для линии из агрегатных станков, согласно протоколу наблюдений, $T = 96 \text{ с} = 1,6 \text{ мин}$. Таким образом, $\sum t_{\text{пр}}$, мин/шт., составит

$$\sum t_{\text{пр}} = 32,0 / 68,0 \cdot 1,6 = 0,75.$$

Аналогичным образом можно определить потери всех видов с необходимой дифференциацией их вплоть до потерь по конкретным механизмам и инструментам. Так, потери из-за брака на третьем станке, мин/шт., составят

$$t_{\text{бр}} = Q_{\text{бр}} / Q_p \cdot T = (3,5 / 68,0) \cdot 1,6 = 0,08.$$

5. Фактическая производительность автомата или автоматической линии с учетом всех потерь, шт./мин:

$$\Pi_{\phi} = (1/T)K_{ис}; \quad (55)$$

$$\Pi_{\phi} = (1/1,6) \cdot 0,68 = 0,425.$$

Для определения резервов повышения производительности необходимо прежде всего построить баланс производительности, для чего в одном масштабе откладывают производительность автомата или автоматической линии с учетом различных видов потерь:

$$\Pi_{т} = 1 / t_{р}; \quad (56)$$

$$\Pi_{ц} = 1 / T = 1 / (t_{х} + t_{р}), \quad (57)$$

где $\Pi_{т}$ – технологическая производительность, характеризующая возможности технологического процесса, положенного в основу автомата или автоматической линии;

$t_{р}$ – время наиболее продолжительной операции в цикле обработки, мин;

$\Pi_{ц}$ – цикловая производительность, определяемая продолжительностью цикла обработки;

$t_{х}$ – холостые ходы рабочего цикла.

Чтобы построить баланс производительности, необходимо знать циклограмму работы автомата или автоматической линии, из которой берут значения величины рабочего цикла T , рабочих и холостых ходов $t_{р}$ и $t_{х}$, и баланс затрат фонда времени, показывающий относительную величину работы и простоев различных видов линии.

Рассмотрим построение баланса производительности автоматической линии из агрегатных станков, у которой баланс затрат фонда времени приведен в табл. 5, продолжительность рабочего цикла линии $T = 1,6$ мин. Время рабочего хода определяется как время обработки на лимитирующей позиции (предположим, что $t_{р} = 54 \text{ с} = 0,9$ мин):

$$\Pi_{т} = 1 / t_{р} = 1 / 0,9 = 1,11 \text{ шт./мин} = 533 \text{ шт./смену};$$

$$\Pi_{ц} = 1 / T = 1 / 1,6 = 0,625 \text{ шт./мин} = 300 \text{ шт./смену}.$$

Фактическая производительность линии равна цикловой производительности, умноженной на коэффициент использования автоматической линии:

$$\Pi_{\phi} = \Pi_{ц} \cdot K_{исп} = 0,625 \cdot 0,68 = 0,425 \text{ шт./мин} = 204 \text{ шт./смену}.$$

Разность между теоретической и фактической производительностью:

$$\Sigma \Delta П = П_{ц} - П_{ф} = 0,625 - 0,425 = 0,2 \text{ шт./мин} = 96 \text{ шт./смену.}$$

Эту суммарную величину необходимо разделить между простоями четырех видов, шт./смену, пропорционально их удельному весу согласно балансу затрат фонда времени (см. табл. 5), т. е. пропорционально числам 7,0 : 3,0 : 12,0 : 10,0:

$$\Delta П_{ст1} = \Sigma \Delta П \cdot 7,0 / (7,0 + 3,0 + 12,0 + 10,0) = 21;$$

$$\Delta П_{ст2} = \Sigma \Delta П \cdot 3,0 / (7,0 + 3,0 + 12,0 + 10,0) = 9;$$

$$\Delta П_{ст3} = \Sigma \Delta П \cdot 12,0 / (7,0 + 3,0 + 12,0 + 10,0) = 36;$$

$$\Delta П_{орг} = \Sigma \Delta П \cdot 10,0 / (7,0 + 3,0 + 12,0 + 10,0) = 30.$$

Итого:

$$\Sigma \Delta П = \Delta П_{ст1} + \Delta П_{ст2} + \Delta П_{ст3} + \Delta П_{орг} = 0,2 \text{ шт./мин} = 96 \text{ шт./смену.}$$

Откладывая все эти данные в одном масштабе, получаем баланс производительности линии (рис. 8).

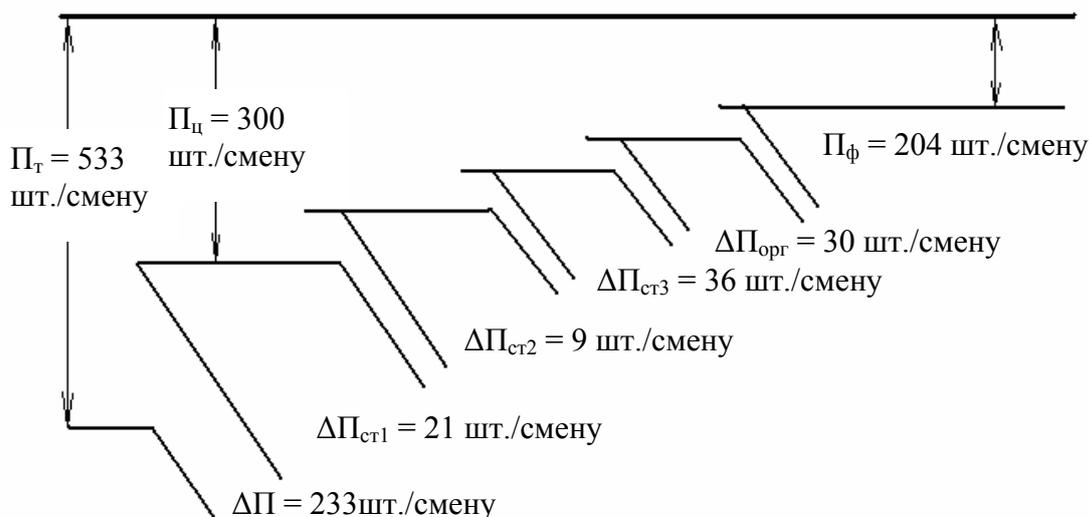


Рис. 8. Баланс производительности автоматической линии

Баланс показывает, что если бы линия не имела холостых ходов и внецикловых простоев, а заданный процесс обработки осуществлялся непрерывно, она обеспечила бы выпуск 533 изделий в смену (производительность технологического процесса, положенного в основу линии). Но так как процесс обработки прерывистый, с холостыми ходами, то даже при бесперебойной работе линия смогла бы обеспечить выпуск только 300 изделий в смену.

Таким образом, общий резерв повышения производительности автоматической линии за счет сокращения холостых ходов составляет 233 изделия в смену, т. е. больше, чем линия выпускает ($\Pi_{\phi} = 204$ шт./смену). Аналогично полное сокращение потерь по организационным причинам позволило бы получить дополнительно 30 изделий в смену.

Анализ баланса производительности наглядно показывает, по каким причинам вместо технологической производительности Π_T получаем значительно меньший выпуск Π_{ϕ} , где находятся максимальные резервы повышения производительности.

В условиях эксплуатации ни один из видов потерь сократить полностью практически не удастся, поэтому реальные резервы роста производительности зависят от того, во сколько раз можно сократить те или иные потери.

Исходная производительность автоматической линии Π_0 , шт./мин, в настоящее время определяется согласно [12]:

$$\Pi_0 = 1 / (T + \sum t_k), \quad (58)$$

где $\sum t_k$ – сумма всех потерь, мин/шт.

В результате внедрения технико-экономических мероприятий потери k -го вида сокращаются в β раз, производительность Π , шт./мин, составит

$$\Pi = \frac{1}{T + \sum_{i=1}^{i=k-1} t_{k-1} + t_k / \beta}, \quad (59)$$

где $\sum_{i=1}^{i=k-1} t_{k-1}$ – сумма всех потерь, оставшихся неизменными, мин/шт.;

t_k – потери k -го вида, мин/шт.;

β – коэффициент сокращения потерь k -го вида.

Преобразуем формулу (59), прибавив и отняв в знаменателе t_k :

$$\Pi = \frac{\Pi_0}{1 - \Pi_0 \cdot t_k (1 - \frac{1}{\beta})}. \quad (60)$$

Рост производительности составит

$$\Phi_k = \frac{\Pi}{\Pi_0} = \frac{1}{1 - \Pi_0 \cdot t_k (1 - \frac{1}{\beta})}. \quad (61)$$

Формула (61) позволяет определять рост производительности автоматической линии в результате сокращения потерь k -го вида в β раз.

Для примера приведем определение роста производительности линии согласно табл. 5 в результате сокращения простоев по инструменту у первого станка.

Потери по инструменту у первого станка составят при $Q_{\text{зин}} = 5,5\%$, $Q_p = 68\%$, $T = 1,6$ мин:

$$t_{\text{инн}} = (Q_{\text{инн}} / Q_p) \cdot T = (5,5 / 68,0) \cdot 1,6 = 0,129 \text{ мин/шт.}$$

Исходная производительность $\Pi_0 = \Pi_{\phi} = 0,425$ шт./мин.

Анализ показывает, что изменение системы эксплуатации позволяет сократить потери по инструменту в три раза ($\beta = 3$). Подставляя все значения в формулу (61), получаем

$$\Phi_{\text{зин}} = \frac{1}{1 - 0,425 \cdot 0,129(1 - 1/3)} = 1,038.$$

Таким образом, производительность можно повысить за счет инструмента на 3,8%.

Наилучшие результаты по повышению производительности автоматов или автоматических линий получают только при условии проведения комплексных мероприятий, т. е. одновременного сокращения всех видов потерь и в первую очередь потерь из-за неритмичной подачи заготовок. В противном случае сокращение собственных потерь (по инструменту, ремонту и регулировке механизмов) приводит лишь к возрастанию простоев из-за отсутствия заготовок без заметного повышения фактической производительности.

4.2. Варианты заданий для расчета линий деревообрабатывающих машин

В соответствии с табл. 5 и 6 и рис. 7 определить:

- 1) технологическую Π_r , цикловую $\Pi_{\text{ц}}$ и фактическую Π_{ϕ} производительности автоматической линии;
- 2) построить баланс производительности автоматической линии;
- 3) определить рост производительности при устранении организационно внеплановых простоев ($\beta \rightarrow \infty$).

Таблица 6

Данные для индивидуальных заданий

Номер варианта	$Q_{ст1}, \%$	$Q_{ст2}, \%$	$Q_{ст3}, \%$	$Q_{орг}, \%$		$t_p, с$	$T, с$
				$Q_{пл}, \%$	$Q_{внепл}, \%$		
1	5,0	3,7	10,4	4,8	10,0	73,5	84,0
2	4,6	8,4	11,7	3,7	5,0	72,0	90,0
3	2,8	2,5	20,0	2,0	7,0	100,0	110,0
4	6,4	2,5	12,0	1,0	10,0	70,0	84,5
5	3,7	9,0	23,7	6,9	12,0	62,8	90,8
6	2,0	12,0	20,5	3,2	13,0	68,9	100,7
7	1,0	4,6	13,8	4,6	14,0	100,0	170,0
8	6,9	8,7	18,3	2,7	12,5	80,0	160,0
9	3,2	3,6	14,0	6,9	16,0	185,7	250,0
10	4,6	2,9	13,0	5,1	13,0	70,0	130,5
11	2,7	1,0	18,4	3,9	14,4	105,7	155,5
12	6,9	4,6	16,0	2,5	11,0	120,5	163,2
13	5,1	2,8	22,0	9,0	10,0	120,5	173,7
14	3,9	2,6	24,8	12,0	15,5	30,4	94,7
15	2,5	8,9	18,0	4,6	15,0	93,5	122,0
16	9,0	1,0	17,9	8,7	14,4	105,3	175,0
17	12,0	4,8	16,9	3,6	18,8	130,5	173,0
18	4,6	3,8	13,3	2,9	12,7	136,7	199,5
19	8,7	9,0	11,1	1,0	18,4	130,4	174,7
20	3,6	14,7	17,4	4,6	18,8	84,5	110,4
21	2,9	3,0	17,9	2,8	16,6	84,3	110,3
22	1,0	10,0	18,4	2,6	16,9	110,4	180,0
23	4,6	2,5	22,5	3,7	14,4	84,5	130,4
24	2,8	9,0	23,3	2,0	11,1	49,5	100,0
25	2,6	12,0	6,6	1,0	16,1	104,6	163,5
26	4,9	4,6	26,9	6,9	15,0	103,5	194,0
27	5,0	8,7	19,3	3,2	14,5	200,0	250,4
28	3,7	3,6	22,2	4,6	14,0	200,0	222,2
29	8,7	5,9	16,6	2,7	14,9	210,4	280,5
30	9,9	10,9	5,0	6,9	12,2	184,4	235,1

Лабораторная работа № 1
ИЗУЧЕНИЕ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ
ЧЕТЫРЕХСТОРОННЕГО ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: исследовать влияние характеристик привода механизма резания станка Unimat 23EL на энергетические затраты процесса работы фрезерного узла.

Приборы и приспособления: станок Unimat 23EL (экспериментальная установка), штангенциркуль.

Общие сведения

Механизм резания является наиболее востребованной частью деревообрабатывающего оборудования. На сегодняшний день станки для деревообрабатывающих производств состоят из различных механизмов (резания, подачи, наладки и настройки), каждый из которых выполняет свои функции при обработке материала.

Механизм резания служит для обеспечения главного движения режущему элементу инструмента. Создание высоких напряжений сжатия в зоне резания, а также требования к качеству поверхности обработки обуславливают использование высоких скоростей резания, что объясняет особые условия работы механизмов резания у большинства станков – высокие угловые скорости вращения элементов привода (до 36 000 мин⁻¹). К оборудованию, содержащему большое количество механизмов резания, следует отнести четырехсторонние продольно-фрезерные станки (заготовка обрабатывается с четырех сторон за один проход). Оборудование проходного типа предназначено для осуществления процесса плоского и профильного фрезерования. На производстве представленные машины используются для получения погонажных изделий (доска пола, обшивка и др.), а также для предварительной чистовой обработки заготовок. Рассмотрим экспериментальную установку, созданную на базе четырехстороннего продольно-фрезерного станка Unimat 23EL.

Установка (далее станок) состоит из шкафа управления и станка, где на чугунной литой станине установлены два вертикальных, три горизонтальных и один универсальный фрезерные шпиндели (рис. 9).



Рис. 9. Общий вид установки на базе Unimat 23EL:
1 – шкаф управления; 2 – станок; 3 – компьютер

Техническая характеристика установки:

- 1) Суммарная установленная мощность двигателей – 40кВт;
- 2) Скорость подачи – 6–36 м/мин;
- 3) Рабочее давление в пневмосистеме – 6 бар;
- 4) Минимальная/максимальная ширина обрабатываемого материала – 20/230 мм;
- 5) Минимальная/максимальная высота обрабатываемого материала – 8/130 мм.

Ход работы

1. Изучить и начертить кинематическую схему вертикального фрезерного шпинделя станка Unimat 23E.
2. Замерить требуемые для кинематических расчетов размеры с использованием мерительного инструмента (средние диаметры шкивов, диаметр резания).
3. Определить частоту вращения инструмента n и вала двигателя n_d с целью обеспечения линейной скорости лезвия ножа инструмента 30, 40, 50 м/с.
4. Ввести значение скорости вращения инструмента в станок (рис. 10).



Рис. 10. Ввод скорости вращения шпинделя

5. Выполнить измерение частоты тока f , активной мощности P_a , активного тока I и выходного напряжения U , времени разгона t_p и торможения t_t инструмента на инвертере привода резания с использованием измерительной системы (компьютер – инвертор) в режимах разгона, холостого хода и торможения (рис. 11).

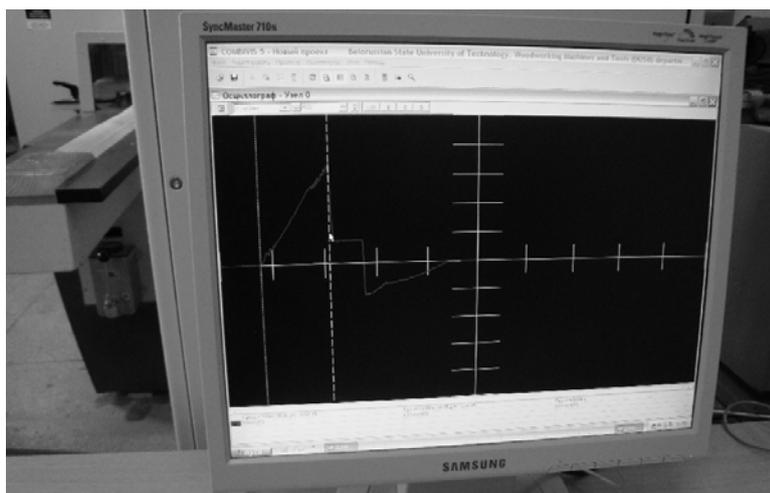


Рис. 11. Измерение параметров работы двигателя механизма резания

6. Начертить графики $P_a = f(t)$, $I = f(t)$, $U = f(t)$.

7. Определить работу, затраченную двигателем на разгон привода (A_p) и на его торможение (A_t), для каждой скорости:

$$A = \int_0^T P_a(t) dt .$$

8. Найти приведенный к двигателю момент инерции J привода механизма резания станка Unimat 23E (определить для каждой скорости и найти средний):

$$J = \left(\frac{30}{\pi} \right)^2 \cdot \frac{P_{\text{max.т}} \cdot t_{\text{т}}}{\Delta n^2},$$

где $P_{\text{max.т}}$ – максимальная потребляемая мощность в режиме торможения двигателя, Вт;

Δn – изменение частоты вращения вала двигателя за время его торможения, мин^{-1} .

9. Отчет о проделанной работе представить согласно приложению 2.

Вопросы

1. На какие части подразделяются механизмы в деревообрабатывающем оборудовании по функциональному признаку?

2. Какие передачи используются в приводах деревообрабатывающего оборудования?

3. Как влияет инерционность привода механизма станка на время разгона и затрачиваемую при этом энергию?

4. Каким образом в станках изменяются частоты вращения приводных валов?

5. Что такое мощность холостого хода и от каких параметров она зависит?

6. Будет ли работа, затрачиваемая на разгон привода, равна работе, затрачиваемой на торможение привода? Пояснить ответ.

7. Что такое приведенный момент инерции привода?

8. Почему во время разгона привода сила тока не растет линейно?

9. Как влияет скорость вращения валов привода на мощность холостого хода и на время торможения?

Лабораторная работа № 2
ИЗУЧЕНИЕ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ
ЧЕТЫРЕХСТОРОННЕГО ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗРНОГО СТАНКА

Цель работы: научиться определять параметры механизма подачи и влияние давления прижима заготовки на потребляемую мощность при подаче заготовок.

Приборы и приспособления: установка на базе станка Unimat 23EL (экспериментальная модель); заготовка, штангенциркуль, весы с ценой деления 0,1 кг.

Общие сведения

Механизмы подачи деревообрабатывающих станков служат для относительного перемещения заготовок и инструмента и обеспечивают требуемую скорость подачи, определяющую производительность оборудования. Существует большое разнообразие кинематических схем механизмов подачи.

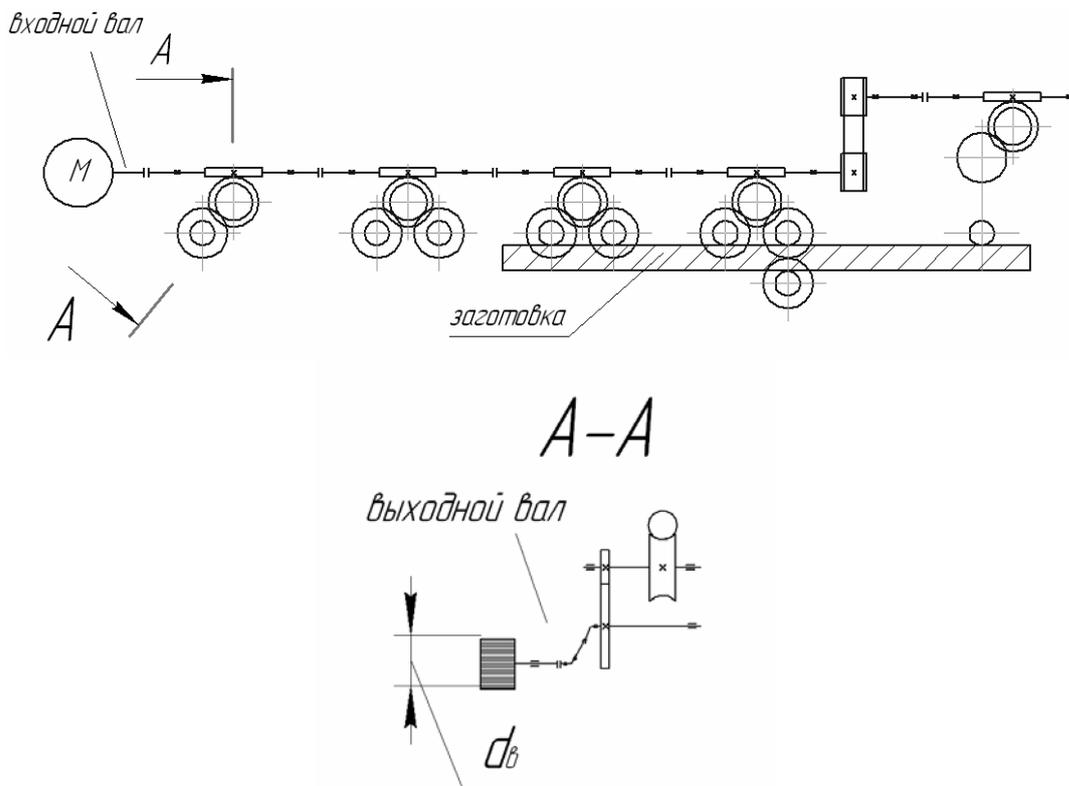


Рис. 12. Схема механизма подачи станка Unimat 23EL

Для четырехстороннего продольно-фрезерного оборудования следует выделить две основные схемы механизмов подачи: сосредоточенную и разветвленную. Каждая из указанных схем обладает своими достоинствами и недостатками. Так, простоте конструкции сосредоточенной схемы следует противопоставить меньший брак обработки при использовании разветвленной схемы механизма подачи.

Механизм подачи установки (станка) Unimat 23EL относится к разветвленной схеме (рис. 12).

Передача вращательного момента с вала двигателя на подающие вальцы происходит через муфты, редукторы, ременную и карданные передачи.

Ход работы

1. Изучить и начертить схему привода механизма подачи станка Unimat 23E.
2. Найти к. п. д. привода механизма подачи η .
3. Задать скорость подачи V_s из диапазона 6–36 мин⁻¹ (рис. 13).



Рис. 13. Выбор скорости подачи материала

4. Включить механизм подачи и замерить, согласно предыдущей методике, частоту тока на статоре f_c , Гц (рис. 14).
5. Из допущения, что частота тока на статоре равна частоте вращения выходного вала двигателя, определить частоту вращения выходного вала двигателя $f_d = f_c$, Гц.
6. Замерить средний внешний диаметр подающих вальцов d_b , мм.
7. Определить частоту вращения вальцов при заданной скорости подачи:

$$f_{\text{в}} = 1000 \cdot V_s / (\pi \cdot d_{\text{в}} \cdot 60),$$

где V_s – скорость подачи, м/мин.



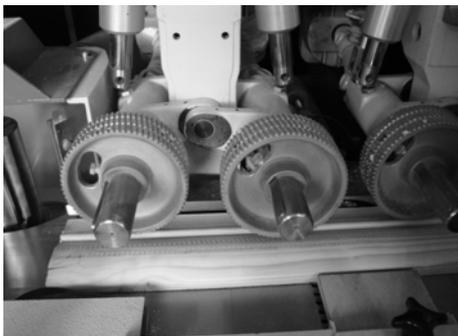
Рис. 14. Включение механизма подачи

8. Найти передаточные числа привода механизма подачи:

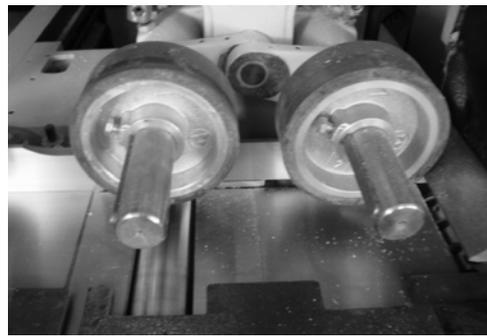
$$U = f_{\text{д}} / f_{\text{в}}.$$

9. Начертить функциональную схему станка и указать силы, действующие на заготовку со стороны механизма подачи.

10. Составить сетку опытов, где в качестве переменных параметров выбрать характеристики подающих вальцов (рифленый и обрешиненный вальцы) (рис. 15) и давление прижатия заготовки ($p = 0,1; 0,2; 0,3$ МПа) (рис. 16). В качестве постоянных факторов выбрать характеристики обрабатываемого материала (ширина b , длина l , высота H , порода древесины, влажность W) и скорость подачи V_s .



a



б

Рис. 15. Типы вальцов:
a – рифленые вальцы; *б* – гладкие вальцы



Рис. 16. Установка давления прижимных вальцов

11. Замерить вес заготовки, используя весы с ценой деления 0,1 кг.

12. Выполнить измерение активной мощности P_a на инвертере привода подачи при пропускании заготовки (при нулевом припуске на обработку), используя измерительную систему.

Предварительно необходимо задать высоту установки подающих вальцов равной высоте заготовки.

13. Аналогично выполнить измерение активной мощности P_{axx} без заготовки.

14. Представить графически зависимости, Вт:

$$\Delta P_a = P_a - P_{axx} = f(p); \Delta P_a = f(F_N),$$

где $F_N = 0,25 \cdot \pi \cdot p \cdot d_{ц}^2$, Н;

$d_{ц}$ – диаметр прижимного цилиндра, м.

15. Определить запас тяговой силы для каждого типа вальца и представить его в виде зависимости

$$\Delta T = \Sigma T - \Sigma F_c,$$

где ΣT – суммарная тяговая сила, Н:

$$\Sigma T = F_N \cdot \mu;$$

μ – коэффициент тяговой способности;

ΣF_c – суммарная сила сопротивления подаче, Н:

$$\Sigma F_c = \frac{60 \cdot \Delta P_a \cdot \eta}{V_s}.$$

15. Результат и анализ работы отразить в виде отчета, представленного в приложении 3.

Вопросы

1. Какие механизмы подачи заготовок используются в станках проходного типа?
2. Какие типы схем механизмов подачи применяются в четырехсторонних продольно-фрезерных станках?
3. От чего зависит коэффициент сцепления?
4. На что расходуется активная и реактивная мощность двигателя?
5. Какими зависимостями связана сила прижима заготовки и давление подающих вальцов?
6. Описать методику расчета КПД привода с разветвленной схемой.
7. Достоинства и недостатки кинематических схем деревообрабатывающих станков.
8. Что влияет на тяговую силу механизма подачи?

Лабораторная работа № 3

НАСТРОЙКА ПИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ФОРМАТНО-РАСКРОЕЧНОГО СТАНКА

Цель работы: разобраться в конструкции форматно-раскroечного станка (ФРС) и научиться выполнять настройку подрезного узла на примере станка F45 фирмы Altendorf.

Приборы и приспособления: набор ключей, штангенциркуль, обрабатываемый материал (облицованный ДСтП или МДФ), станок F45 фирмы Altendorf.

Общие сведения

Форматно-раскroечный станок F45 (производство фирмы Altendorf, Германия) – одна из наиболее популярных моделей форматно-раскroечных станков.

Станок F45 предназначен для штучного и пакетного раскroя плитных материалов, в том числе облицованных ламинированными материалами. Он используется для тяжелых условий работы в крупносерийном и массовом производстве. Применяется в серийном мебельном и столярном производствах для изготовления корпусной мебели.

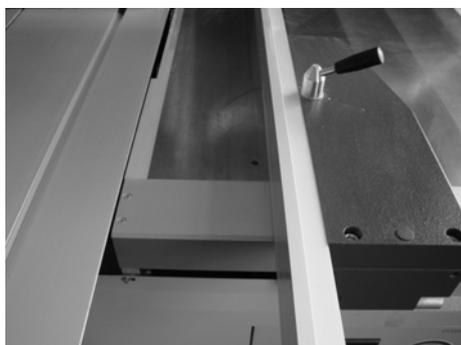
Длинная алюминиевая каретка и широкий поперечный стол позволяют устанавливать и перемещать относительно пильного механизма листы большого формата.

Общий вид станка представлен на рис. 17.

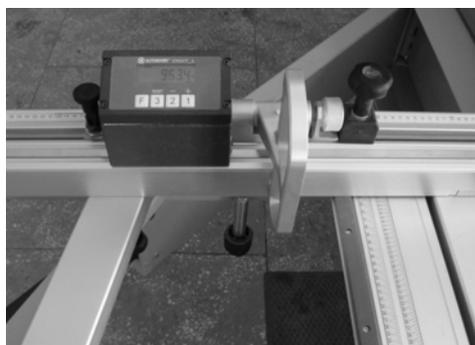


Рис. 17. Общий вид станка F45 фирмы Altendorf

Станок состоит из сварных конструкций, к которым крепятся приводы механизмов резания (основной и подрезной пилы), устройства, обеспечивающие безопасную эксплуатацию оборудования, облегченные направляющие и подвижная каретка.



а



б



в



г

Рис. 18. Особые функциональные возможности станка:

а – параллельный упор с цифровой индикацией;

б – угловой упор с цифровой индикацией;

в – привод каретки; *г* – система Rapido

Параллельный упор с цифровой индикацией (рис. 18, *а*) дает возможность с рабочей позиции проводить настройку. При этом все заданные данные находятся перед глазами оператора и нет больше необходимости ходить вокруг станка для настройки параллельного упора. К тому же обеспечена настройка с точностью $\pm 0,1$ мм.

Электронная измерительная система с цифровой индикацией регулировки позволяет выполнять быструю и точную настройку параллельного упора. Имеется возможность возобновить в любое время повторяющиеся параметры раскроя. Ширину пропила можно задать или прочесть прямо на дисплее, не принимая во внимание разность размера на упорной шине.

Угловой упор с цифровой индикацией установленного для раскроя размера (рис. 18, б) имеет специальные откидные упоры. Размеры, установленные на упорах в диапазоне от 150 до 3200 мм, указываются с точностью 0,1 мм (цифровая индикация). Необходимая калибровка, например при замене пильного диска, а также выбор размера откидного упора в зависимости от длины торцовки происходят в течение нескольких секунд с использованием пленочной клавиатуры. Приводом каретки (рис. 18, в) можно управлять только с помощью джойстика. Это облегчает работу на оборудовании.

Система Rapido (рис. 18, з) – инструментальная система к подрезным дискам с бесступенчатой настройкой ширины пропила в диапазоне 2,8–3,8 мм.

Настройка боковой базы, высоты подъема инструментов, угла их наклона, а также выбор требуемых режимов работы оборудования осуществляется с использованием пленочной клавиатуры и жидкокристаллического дисплея (рис. 19).



Рис. 19. Дисплей панели параметров

Настройка подрезного пильного узла у большинства форматно-раскроечных станков, в зависимости от механизма настройки и используемого подрезного инструмента, происходит по двум схемам (рис. 20).

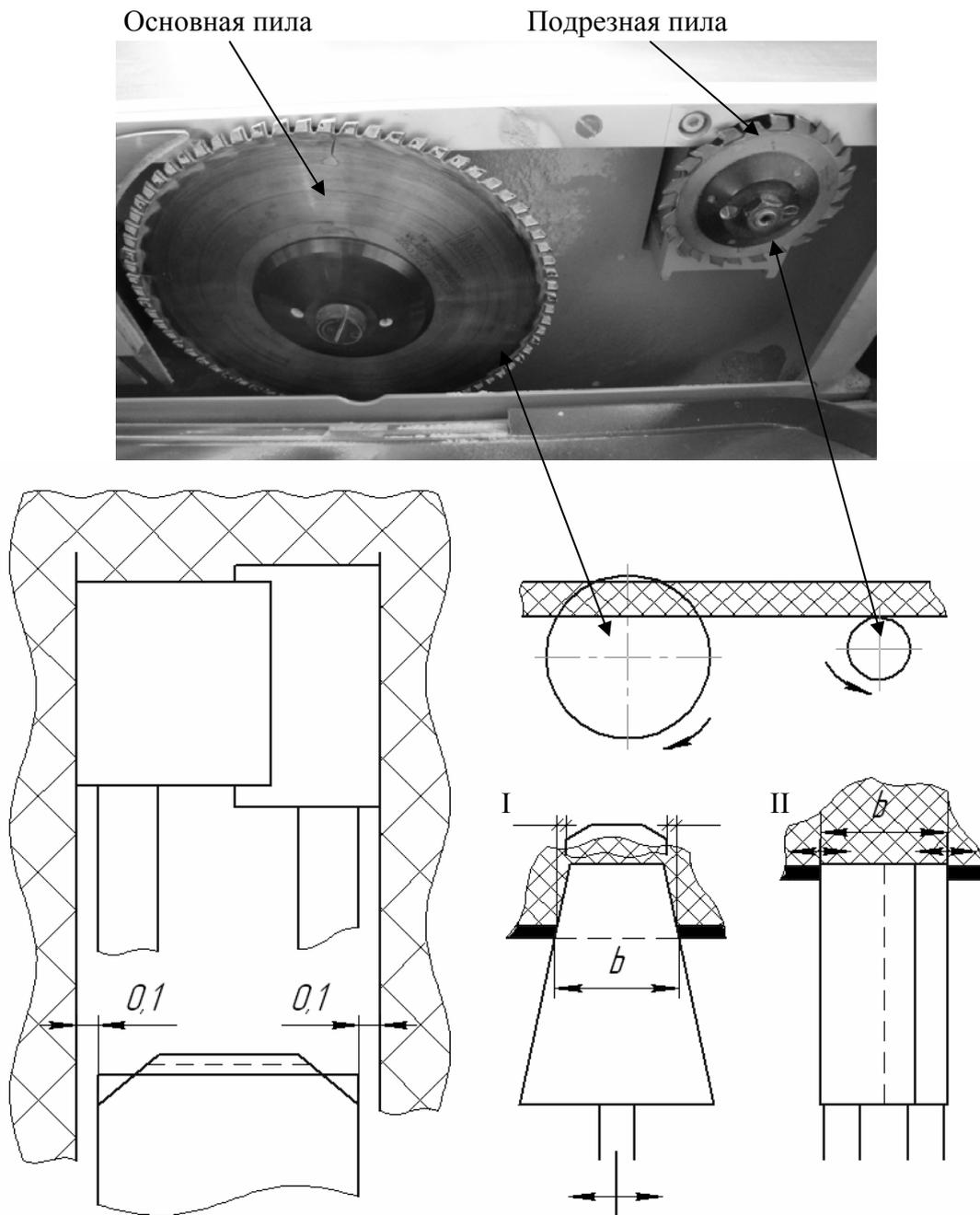


Рис. 20. Настройка подрезного инструмента:
 I – схема настройки подрезной пилы с трапецидальным зубом;
 II – схема настройки подрезной пилы составной

Достоинства первой схемы – меньшая себестоимость механизма настройки и инструмента, а также меньшая трудоемкость настройки; второй схемы – выше ресурс инструмента.

Станок имеет возможность комплектоваться различными вариантами специальной оснастки:

1. Подрезной агрегат.
 2. Привод механизма резания.
 3. Двухроликовая каретка.
 4. Параллельный упор.
 5. Угловой упор с цифровой индикацией (DIGIT_L).
 6. Устройство для параллельных распилов.
 7. Пневматическая прижимная балка.
 8. Лазерный луч-указатель линии пропила (LASER).
 9. Трехфазная розетка (SEKON).
 10. Распылитель (SPRAY).
- Технические характеристики F45 представлены в табл. 7.

Таблица 7

**Технические характеристики
форматно-раскроечного станка Altendorf F45**

Параметр	Значение	Ед. изм.
Размеры раскраиваемого материала	3000×3200	мм
Размеры подвижной каретки	3000×360	мм
Максимальная ширина реза по направляющей	1300	мм
Максимальный диаметр основной пилы	450×30	мм
Диаметр подрезной пилы	120×22	мм
Максимальный наклон пильного узла (точность ±0,1°)	46	°
Частота вращения подрезающей пилы	9000	об./мин
Мощность основного электродвигателя (автоматический тормоз)	5,5	кВт
Мощность электродвигателя подрезающего узла	0,75	кВт
Диаметр патрубка для аспирации на станине F45	120	мм
Диаметр патрубка для аспирации от верхней защиты пилы	80	мм
Масса станка	1500	кг

Ход работы

1. Изучить панель управления станка Altendorf F45 и зарисовать схему панели с указанием всех кнопок управления.
2. Замерить толщину обрабатываемого материала и настроить высоту выставки основной пилы (высота выставки пилы должна быть выше высоты заготовки на 10–15 мм).
3. Выполнить настройку подрезной пилы по основной пиле:
 - а) зайти в меню настройки подрезной пилы панели управления станком;

б) с использованием бруска определить нулевую высоту выступа подрезной пилы (опустить подрезку ниже уровня стола и ее плавным повышением определить показание высоты подрезки на панели во время касания бруска);

в) поднять подрезку на 1 мм выше ее нулевого положения и сохранить результат в станке;

г) распиливанием заготовки определить изменение смещения подрезки и ее ширину. После внесения изменений сохранить результаты изменения;

д) повторить пункт (г) до тех пор, пока ступенька от реза основной и подрезной пил не станет незаметной на двух плоскостях реза.

4. Начертить функциональную схему обработки материала на станке Altendorf F45 с указанием необходимых параметров.

5. Нарисовать схему настройки подрезной пилы с указанием направлений выполняемых настроек.

6. Результаты выполненной работы представить в виде отчета (приложение 4).

Вопросы

1. Назначение и область применения форматно-раскроечных станков.

2. Почему основная и подрезная пилы вращаются в разных направлениях?

3. В каких случаях использование подрезной пилы не рационально?

4. Какие типы подрезных пил существуют, каковы их достоинства и недостатки?

5. Описать методику настройки подрезной пилы.

6. Сколько механизмов настройки использовано в изучаемом оборудовании?

7. Какие функции выполняет трапециодальный и прямой зубья основной пилы?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Коэффициенты трения k гладких вальцов по древесине

Порода древесины	$W, \%$	Коэффициент k при $d_v, \text{мм}$			
		80	120	160	200
Сосна	12	0,50	0,58	0,63	0,69
	65	0,63	0,71	0,80	0,89
Береза	12	0,56	0,68	0,73	0,77
	65	0,67	0,78	0,84	0,90
Дуб	12	0,25	0,27	0,31	0,37
	65	0,37	0,41	0,47	0,53

Примечание. Для рифленых вальцов коэффициент трения качения принимается на 15% выше, чем для гладких.

Таблица 2

Коэффициенты сцепления μ гладких подающих вальцов с древесиной

Порода древесины	$W, \%$	Коэффициент μ при $d, \text{мм}$			
		80	120	160	200
Сосна	12	0,21	0,25	0,29	0,29
	65	0,27	0,30	0,34	0,34
Береза	12	0,24	0,27	0,30	0,27
	65	0,35	0,41	0,40	0,33
Дуб	12	0,28	0,35	0,34	0,27
	65	0,35	0,41	0,40	0,33

Таблица 3

Коэффициенты сцепления μ рифленых подающих вальцов с древесиной

Порода древесины	$W, \%$	Коэффициент μ при $d, \text{мм}$			
		80	120	160	200
Сосна	12	0,46	0,42	0,38	0,34
	65	0,52	0,48	0,44	0,39
Береза	12	0,47	0,43	0,39	0,35
	65	0,54	0,49	0,45	0,40
Дуб	12	0,41	0,37	0,35	0,31
	65	0,47	0,43	0,39	0,35

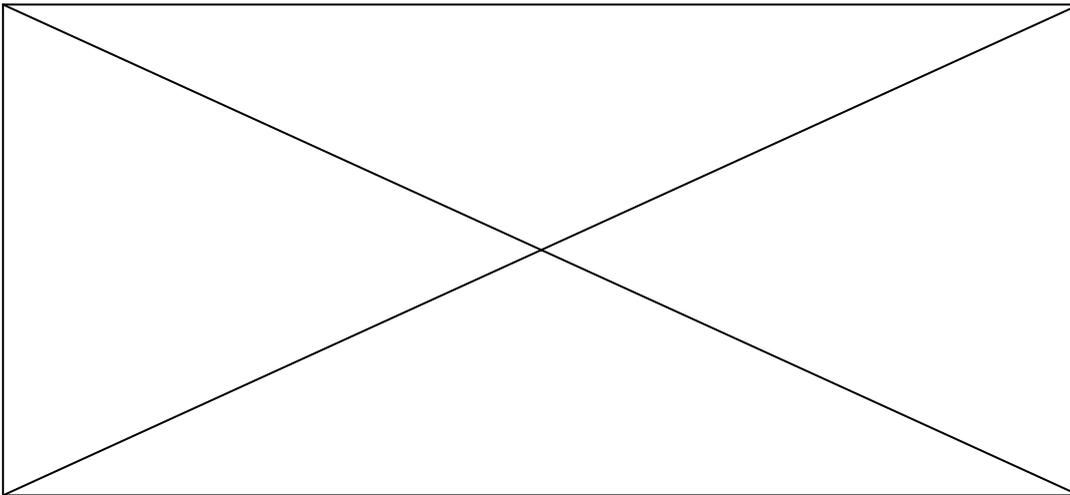
Примечание: коэффициент трения скольжения древесины по металлу (древесина – сталь) может быть принят $f = 0,3-0,5$. Меньшее значение принимается для сырой древесины, большее – для сухой.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Отчет о лабораторной работе № 1 ИЗУЧЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРИВОДА МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ СТАНКА UNIMAT 23EL

I. Цель работы: _____

II. Кинематическая схема вертикального привода:



III. Исходные данные:

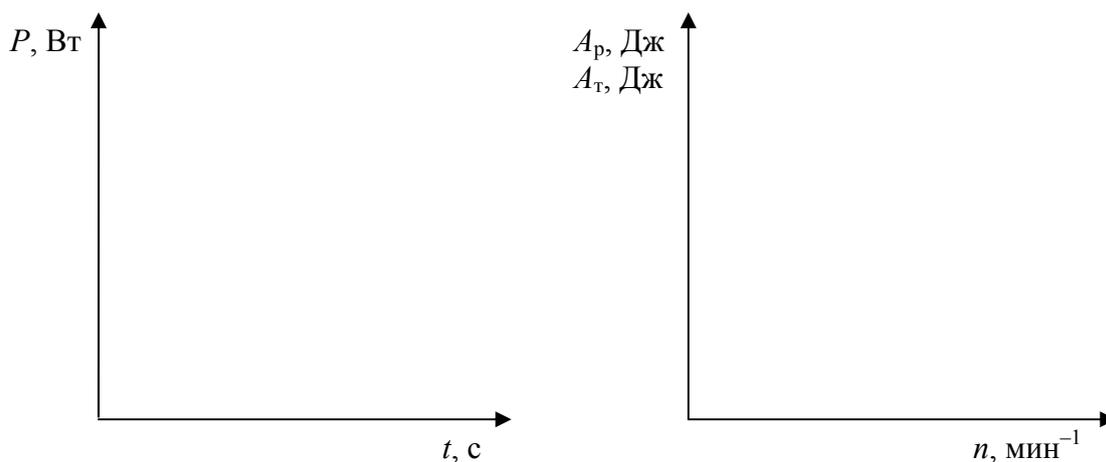
Диаметр инструмента $D =$ _____ мм.

Передаточное число привода механизма резания $U =$ _____

IV. Получаемые данные:

Номер	Данные		Полученные данные										
	$V_e,$ м/с	$h,$ мм	$P_{\max.p},$ Вт	$P_{\max.t},$ Вт	$f,$ Гц	$P_a,$ Вт	$I,$ А	$U,$ В	$t_p,$ с	$t_t,$ с	$A_p,$ Дж	$A_t,$ Дж	$J,$ кг · м ²
1													
2													
3													

V. Построение графиков:



ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ: _____

Работу выполнил студент:

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Факультет _____ Кафедра _____ Курс __ Группа _____ Дата _____

Работу принял:

(Фамилия и инициалы) _____ (Подпись) _____ (Дата)

Работа защищена

(Подпись) _____ (Дата)

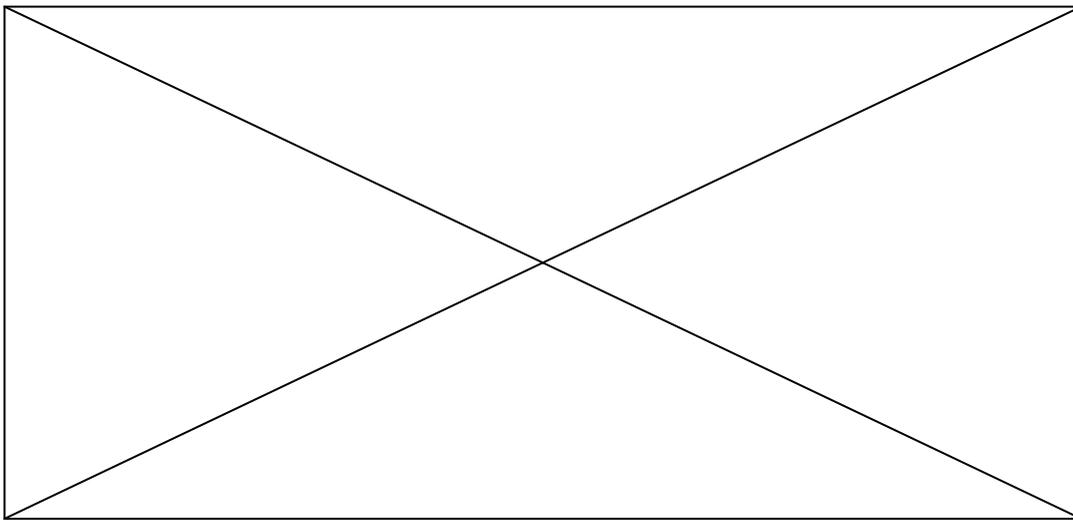
(оценка)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Отчет о лабораторной работе № 2
**ИЗУЧЕНИЕ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ
ЧЕТЫРЕХСТОРОННЕГО
ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗРНОГО СТАНКА**

I. Цель работы: _____

II. Кинематическая схема:



III. Исходные данные:

Диаметр валцов $d_v =$ _____ мм.

Диаметр прижимного цилиндра $d_{ц} =$ _____ мм.

Скорость подачи $V_s =$ _____ м/мин.

Частота вращения вала двигателя $f_d =$ _____ Гц.

Частота вращения выходного вала $f_b =$ _____ Гц.

Передаточное отношение привода механизма подачи $i =$ _____

Размеры обрабатываемого материала (Д / Ш / В) _____ мм.

КПД привода механизма подачи $\eta =$ _____

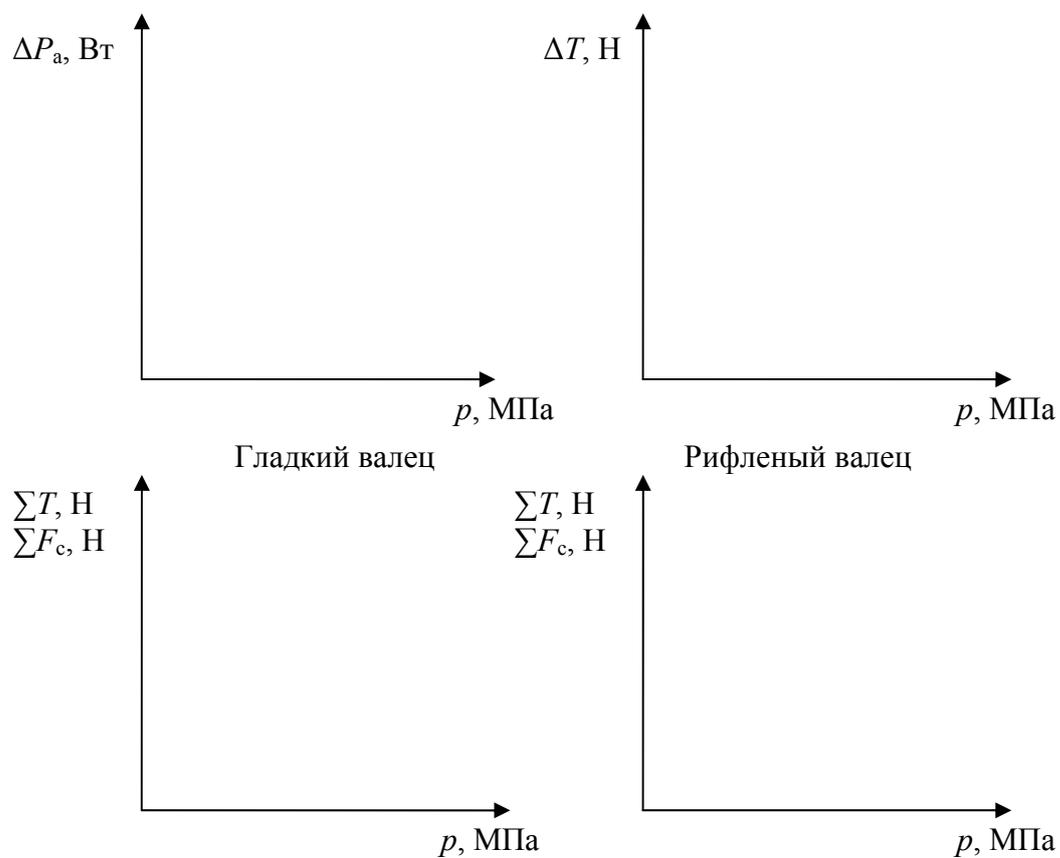
Вес заготовки $G =$ _____ Н

Порода материала заготовки _____

IV. Сетка опытов:

Исходные данные				Опытные данные					
Номер	p , МПа	F_N , Н	Тип валяцов	P_a , Вт	P_{axx} , Вт	ΔP_a , Вт	ΣT , Н	ΣF_c , Н	ΔT , Н

V. Построение графиков:



ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ: _____

Работу выполнил студент:

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Факультет _____ Кафедра _____ Курс _____ Группа _____ Дата _____

Работу принял:

_____ (Фамилия и инициалы) _____ (Подпись) _____ (Дата)

Работа защищена

_____ (Подпись) _____ (Дата)

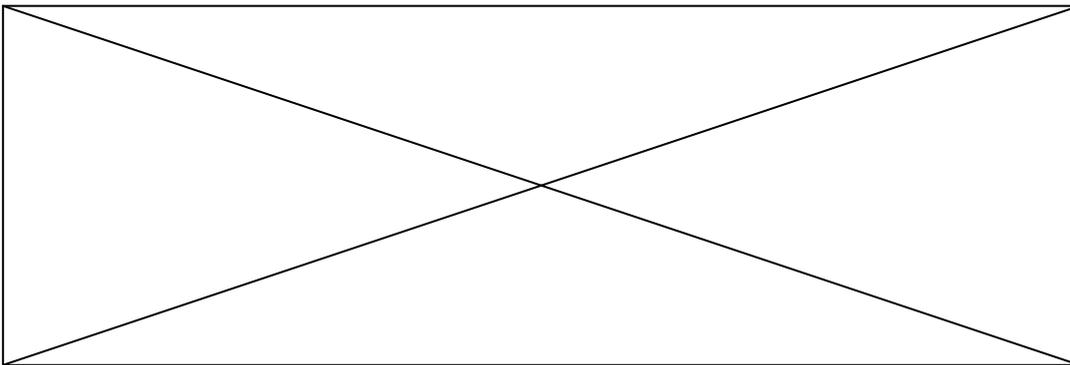
_____ (оценка)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Отчет о лабораторной работе № 3 **НАСТРОЙКА ПИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ФОРМАТНО-РАСКРОЕЧНОГО СТАНКА**

I. Цель работы: _____

II. Панель управления станком F45 фирмы Altendorf:



III. Исходные данные:

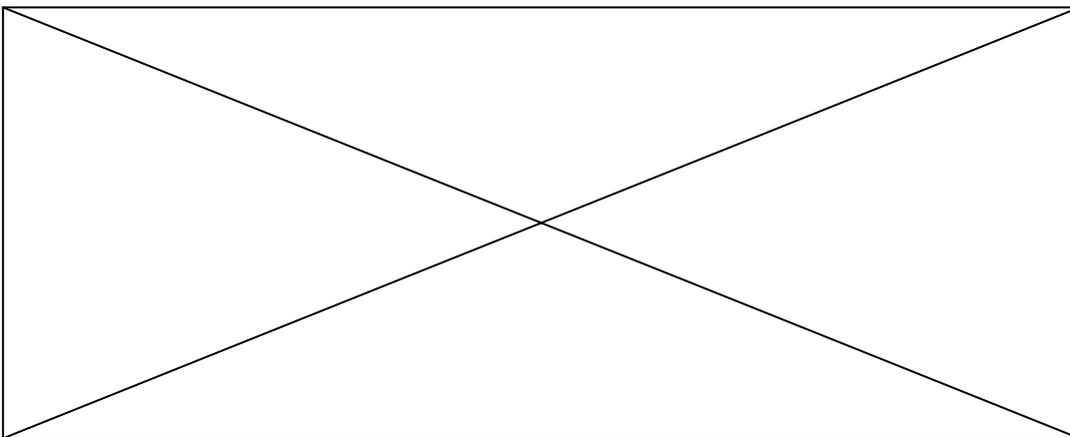
Высота обрабатываемого материала $H =$ _____ мм.

Диаметр основной пилы $D =$ _____ мм.

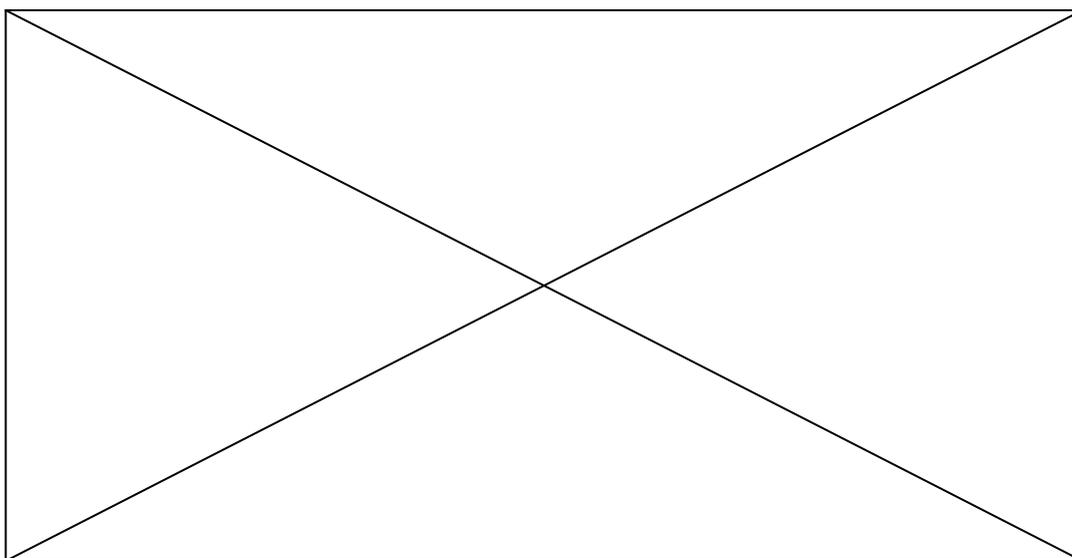
Диаметр подрезной пилы $d =$ _____ мм.

Высота выставки пилы _____ мм.

IV. Функциональная схема



V. Схема настройки подрезной пилы



ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ: _____

Работу выполнил студент:

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Факультет _____ Кафедра _____ Курс __ Группа ____ Дата _____

Работу принял:

(Фамилия и инициалы)

(Подпись)

(Дата)

Работа защищена

(Подпись)

(Дата)

(оценка)

ЛИТЕРАТУРА

1. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению: ГОСТ 2.701-84. – Введ. 01.07.85 – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 12 с.
2. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения кинематических схем: ГОСТ 2.703-68. – Введ. 01.01.71 – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1971. – 6 с.
3. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики: ГОСТ 2.770-68. – Введ. 01.01.71 – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1971. – 13 с.
4. Амалицкий, В. В. Оборудование отрасли: учебник / В. В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 584 с.
5. Маковский, Н. В. Теория и конструкции деревообрабатывающих машин / Н. В. Маковский. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 552 с.
6. Амалицкий, В. В. Оборудование и инструмент деревообрабатывающих предприятий / В. В. Амалицкий, В. И. Санев. – М.: Экология, 1992. – 480 с.
7. Пронин, Б. А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы) / Б. А. Пронин, Г. А. Ревков. – М.: Машиностроение, 1980. – 320 с.
8. Проектирование механических передач / С. А. Чернавский [и др]. – М.: Машиностроение, 1976. – 608 с.
9. Бурносков, Н. В. Проектирование и производство деревообрабатывающего оборудования. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие / Н. В. Бурносков, С. А. Гриневич. – Минск: БГТУ, 2008. – 126 с.
10. Бершадский, А. Л. Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 303 с.
11. Гришкевич, А. А. Резание древесины и дереворежущий инструмент: лабораторный практикум / А. А. Гришкевич. – Минск: БГТУ, 2008. – 157 с.
12. Волкевич, П. И. Автоматы и автоматические линии: курс лекций / П. И. Волкевич [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://grigor.volnet.ru/NewFiles/lect26.html>. – Дата доступа: 15.04.2011.

**ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ
СТАНКИ
И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ**

Составители: **Кравченко** Анатолий Сергеевич
Гаранин Виктор Николаевич

Редактор *О. П. Приходько*
Компьютерная верстка *О. П. Приходько*
Корректор *О. П. Приходько*

Подписано в печать 08.11.2011. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,7. Уч.-изд. л. 3,8.
Тираж 150 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.