

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

*Методические рекомендации
к курсовому проектированию
для студентов специальности
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 621.01
ББК 34.63
Т74

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
«30» августа 2022 г., протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, доц. В. А. Логвин

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 38 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение	4
1 Цели и задачи выполнения курсового проекта	5
2 Объем и содержание курсового проекта	5
3 Пояснительная записка	6
3.1 Требования к оформлению записки	6
3.2 Введение	8
3.3 Назначение и конструкция технологического оборудования	8
3.4 Основные узлы и движения технологического оборудования	9
3.5 Разработка структурных схем приводов технологического оборудования	9
3.6 Анализ возможности реализации основных способов формообразования поверхностей	11
3.7 Уравнения кинематического баланса, передаточные отношения и диапазоны регулирования приводов	11
3.8 Система управления технологическим оборудованием	14
3.9 Устройства для крепления заготовок и инструмента	17
3.10 Мероприятия по мерам безопасности при работе на технологическом оборудовании	19
3.11 Заключение	19
4 Графическая часть курсового проекта	22
4.1 Чертеж внешнего вида технологического оборудования	22
4.2 Кинематическая схема технологического оборудования	23
4.3 Сборочный чертеж узла технологического оборудования	23
4.4 Обозначение чертежей	23
Список литературы	24

Введение

Уровень развития станкостроения определяется достижениями в области производительности труда, эффективностью производства при обеспечении необходимой точности и качества технологического оборудования.

Использование совершенных методов проектирования, изготовления, сборки и утилизации технологического оборудования имеет первостепенное значение. Качество технической системы, надежность, долговечность и экономичность в эксплуатации зависят не только от совершенства ее конструкции, но и от технологии ее изготовления.

Инженер, создавая новые модели технологического оборудования, принимает непосредственное участие на этапе изготовления новых технических систем, и от его знаний и опыта во многом зависит их работоспособность и качество.

Основные предпосылки, определяющие важнейшие направления развития технологического оборудования в станкостроении:

- разработка способов обработки на основе новых физических явлений и процессов;

- совершенствование существующего и разработка нового высокопроизводительного оборудования для отделочной обработки, обеспечивающего заданную точность и качество;

- совершенствование существующего и разработка нового высокопроизводительного оборудования для выполнения получистовой и чистовой обработки лезвийным режущим инструментом;

- комплексная автоматизация технологического оборудования, основанная на разработке новых и совершенствовании имеющихся автоматизированных и полуавтоматизированных станков, станков с ЧПУ, средств активного контроля, быстродействующей технологической оснастки, групповых методов обработки;

- развитие технологического оборудования, основанного на процессах формообразования пластическим деформированием и поверхностно пластическим деформированием для отделочных операций;

- совершенствование технологического оборудования, основанного на электрофизических и электрохимических процессах.

1 Цели и задачи выполнения курсового проекта

Курсовой проект по технологическому оборудованию является самостоятельной работой в подготовке инженеров по специальности «Технологическое оборудование машиностроительного производства» и определяет способность студентов самостоятельно решать различные конструкторские задачи, позволяет в целом оценить уровень профессиональной подготовки будущих специалистов.

Выполнение курсового проекта преследует цель научить студентов разрабатывать структурные схемы прогрессивного технологического оборудования для реализации способов формообразования различных поверхностей деталей и на их основе кинематические схемы, используя современные достижения науки и техники; ориентироваться в различных способах и признаках по классификации технологического оборудования; подбирать зажимные устройства для установки и закрепления заготовок и инструментов на исполнительных звеньях технологического оборудования; разрабатывать инструкции по охране труда для работы на технологическом оборудовании.

Следует отметить, что в курсовом проекте на основе имеющейся кинематической схемы станка необходимо разработать структурные схемы всех приводов для реализации основных способов формообразования поверхностей, обеспечивающих формообразующие, установочные, делительные и вспомогательные движения с соответствующим анализом для применения прогрессивных конструкций приспособлений и режущих инструментов.

2 Объем и содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, графической части и приложений.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- введение;
- назначение и конструкция основных узлов станка;
- анализ имеющихся приводов станка и виды движений, осуществляемые ими;
- разработка на основе имеющейся кинематической схемы станка структурных схем всех приводов по воспроизводству образующих и направляющих линий поверхностей деталей, а также установочных, делительных и вспомогательных движений;
- анализ возможности реализации основных способов формообразования поверхностей для указанного оборудования;
- составление уравнений кинематического баланса для максимальных и минимальных значений скоростей движений исполнительных звеньев технологического оборудования по реализации необходимых законов этих движений с определением диапазонов регулирования и передаточных отношений всех передач и кинематических цепей;

- описать систему управления станком;
- описать устройства, применяемые на данном технологическом оборудовании, для крепления различных видов заготовок и инструментов;
- разработать основные мероприятия по охране труда при работе на данном оборудовании;
- заключение.

Объем графической части проекта составляет три листа формата А1 и содержит следующие материалы:

- чертеж внешнего вида станка (1 лист);
- кинематическая схема станка (1 лист);
- сборочный чертеж узла станка (1 лист).

Приложения должны содержать:

- спецификацию сборочных единиц станка для общего вида;
- спецификацию для сборочного чертежа узла станка.

3 Пояснительная записка

3.1 Требования к оформлению записки

Пояснительная записка пишется от руки черными, синими или фиолетовыми чернилами, печатается на принтерных устройствах ПЭВМ на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105–95.

Первым листом пояснительной записки является лист, определяющий содержание записки, с основной надписью, выполненной по форме 2 ГОСТ 2.104–68. Все последующие листы выполняются с основной надписью 2а того же ГОСТа. В графу 2 основной надписи записывается код (обозначение) документа. Порядок кодирования чертежей и пояснительной записки см. в подразд. 4.4.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строки – не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки – не менее 10 мм.

Текст записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь в пределах всей записки порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзаца. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Заголовки следует писать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 8 мм.

Формулы пишутся в записке на отдельной строке симметрично основному тексту. Расчеты, выполненные по приведенной формуле, записываются на следующей строке. Промежуточные результаты не записываются.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует приводить с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться словом «где» без двоеточия после него.

Пример – Максимальная частота вращения шпинделя n_{\max} , мин⁻¹, в приводе главного движения рассчитывается по формуле

$$n_{\max} = n_{эл} u_1 u_2 \dots u_i,$$

где $n_{эл}$ – частота вращения электродвигателя, мин⁻¹;

$u_1, u_2 \dots u_i$ – передаточные отношения всех передач кинематической цепи привода.

Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенные точкой.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 2.1 – Внешний вид станка 2Н135.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблицы в соответствии с рисунком 1.

Таблицы слева и справа, снизу и сверху ограничивают линиями. Линии формата не могут служить линиями таблицы.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу в зависимости от ее размера помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны документа на отдельной странице.

Таблица 1 – Параметры кинематических цепей приводов

Наименование привода	$n_{эл}, \text{МИН}^{-1}$	$n_{\max}, \text{МИН}^{-1}$	$n_{\min}, \text{МИН}^{-1}$	u_{\max}	u_{\min}	D
Главного движения						
Подачи						
Ускоренного перемещения						
Деления						

Рисунок 1 – Таблица для оформления цифрового материала

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы в соответствии с рисунком 1.

Если все показатели в графах таблицы выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью в соответствии с рисунком 1.

3.2 Введение

Во введении рассматриваются особенности современного этапа развития станкостроения как базовой отрасли хозяйственного комплекса, в том числе перспективы развития данного вида технологического оборудования, по материалам которого выполняется курсовой проект.

3.3 Назначение и конструкция технологического оборудования

Раздел начинается с определения группы, типа, характерных размеров и модернизации, к которой относится заданная в работе модель технологического оборудования по классификации ЭНИМС. К какой группе по степени специализации относится данная модель станка, и к какому классу по степени точности согласно ГОСТ 8–82Е. К какой группе по степени автоматизации и массе относится данная модель станка.

Назначение и конструкция основных узлов станка. Дается описание работы и назначения основных узлов станка. При этом указываются, какие движения или функции выполняет узел и к какой системе технологического оборудования его отнести. Определяются основные и вспомогательные исполнительные поверхности узлов станка, а также виды сопряжений для формирования несущей системы станка. Здесь же анализируются форма и взаимное расположение направляющих с определением вида трения в них и устройств защиты. При необходимости такой анализ сопровождается эскизами.

Направляющими называют поверхности двух сопрягаемых корпусных деталей, обеспечивающие движение одной детали относительно другой по прямой или окружности. Форма направляющих в поперечном сечении может быть: прямоугольной (рисунок 2, а), треугольной (рисунок 2, б), V-образной (разновидность треугольной) (рисунок 2, в), трапецевидной типа ласточкиного хвоста (рисунок 2, г), цилиндрической.

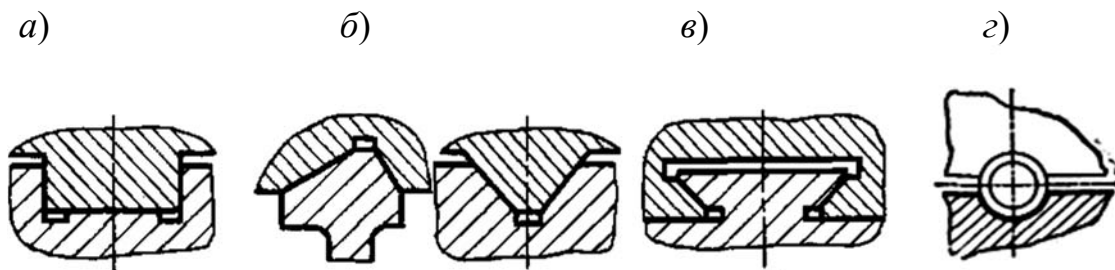


Рисунок 2 – Формы направляющих

3.4 Основные узлы и движения технологического оборудования

Анализ имеющихся приводов технологического оборудования и видов движений, осуществляемых ими. Анализ приводов станка является одним из важных этапов в разработке технологического оборудования, от которого зависят возможности реализации основных способов формообразования поверхностей, формообразующих, установочных, делительных и вспомогательных движений.

В результате анализа устанавливают: источник движения и его вид; передачи и длину кинематической цепи; исполнительное звено и закон его движения, какую линию оно реализует – образующую или направляющую; какой привод совершает главное движение, движение подачи и т. д.

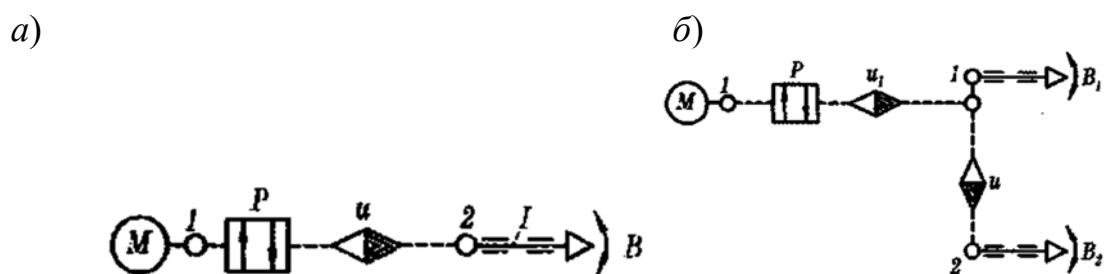
3.5 Разработка структурных схем приводов технологического оборудования

Источником движения в современных станках в основном служит электрический двигатель. К исполнительным звеньям движение передаётся по кинематическим цепям, состоящим из отдельных передач (звеньев) – кинематических пар. Кинематические цепи служат также для изменения скорости и направления движения исполнительных звеньев; для согласования движения узлов станка

и преобразования одного вида в другой, например, вращательного в поступательное или, наоборот, для суммирования движения. Движения в станках осуществляются чаще всего с помощью механических кинематических связей, а иногда и с помощью немеханических кинематических связей (электрических, гидравлических, пневматических).

Кинематическая цепь станка, в общем случае, состоит из различных передач – ременной, зубчатой, червячной и других, расположенных в определённой последовательности. Каждая кинематическая цепь имеет определённое назначение, которому соответствует её название, например, цепь главного движения, цепь движения подач или цепь движения деления. Часто термин «движение» опускают и называют цепь подач, цепь деления и т. п.

Кинематические цепи, обеспечивающие исполнительные движения рабочих звеньев, называют структурными (рисунок 3).



а – простая; б – сложная с двумя исполнительными звеньями

Рисунок 3 – Структурные схемы кинематических групп

Звенья настройки таких параметров движения, как траектория, скорость и иногда путь, на структурных схемах обозначают знаком $\text{---}\diamond\text{---}$ с буквой u , а звено настройки направления движения – знаком $\text{---}\blacktriangleleft\text{---}$. Заштрихованная часть знака указывает на фактическое направление движения через звено настройки. Реверсирование движений в структурных схемах обозначается знаком $\text{---}\perp\uparrow\downarrow\perp\text{---}$. Кинематические цепи движений обозначаются цифрами 1, 2, 3, а соответствующие им звенья настройки имеют индекс u_1, u_2, u_3 и т. д;

- $\text{---}\diamond\text{---}$ кинематическая цепь с механизмами, имеющими передаточное отношение u ;
- $\text{---}\diamond\text{---}$ изменение направления движения по кинематической цепи;
- $\text{---}\overset{1}{\blacktriangleleft}\text{---}$ стрелка указывает направление передачи движения по кинематической цепи. Цифра около стрелки \rightarrow номер кинематической цепи;
- $\text{---}\overset{u}{\diamond}\text{---}$ элемент кинематической цепи с постоянным передаточным отношением. Индекс при « $u_{\text{пост}}$ » – (const) указывает на то, что кинематическое звено имеет постоянное, неизменяемое передаточное отношение.

Сокращения в структурных схемах:

Р.М. – реечный механизм;

С.М. – суммирующий механизм;

М – электродвигатель;

К – число заходов;

Р – реверсивный механизм;

В – ведомый вал;

О – соединение валов.

Остальные обозначения – общепринятые в кинематических цепях.

3.6 Анализ возможности реализации основных способов формообразования поверхностей

Студенты на основе классификации оборудования по технологическим признакам проводят анализ возможности реализации основных способов формообразования поверхностей. При этом устанавливают, какое движение, каким исполнительным звеном выполняется, и какое количество необходимых согласованных движений требуется для реализации данного способа на заданном станке. Устанавливается, как выбор способа формообразования влияет на форму режущей кромки инструмента и количество движений.

3.7 Уравнения кинематического баланса, передаточные отношения и диапазоны регулирования приводов

Для определения формулы настройки по кинематической схеме намечают расчетную кинематическую цепь, по которой составляют уравнение, названное Г. М. Головиным «Уравнением кинематического баланса». Определяют передаточное отношение для каждой из имеющихся в цепи передач.

Связь между электродвигателем главного привода станка через систему постоянных передач и коробку скоростей и шпинделем выражается уравнением кинематического баланса

$$n_{\min} = n_{\varepsilon} / u_{\text{пост}} u_{\text{к.с.}},$$

где n_{ε} – частота вращения электродвигателя, мин^{-1} ;

$u_{\text{пост}}$ – произведение передаточных отношений всех пар передач, постоянно участвующих в кинематических цепях рассматриваемого конечного и исходного движений;

$u_{\text{к.с.}}$ – переменное передаточное отношение коробки скоростей или гитары.

Из этой формулы можно определить передаточное отношение для настройки коробки скоростей или гитары.

Например, уравнение кинематического баланса цепи главного движения при минимальной частоте вращения станка 16К20 имеет вид:

$$n_{\min} = 1460 \cdot 140/268 \cdot 51/39 \cdot 21/55 \cdot 15/60 \cdot 18/72 \cdot 30/60 \approx 12,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Опишем упрощенную кинематическую схему токарно-винторезного станка (рисунок 4). От электродвигателя M движение передается шпинделю через зубчатые колеса $Z_1 - Z_2$, находящиеся в постоянном зацеплении, и сменные зубчатые колеса $a - b$, подбираемые в зависимости от заданной скорости резания (частоты вращения шпинделя n). Эта цепь называется скоростной или главной, т. к. имеет наибольшую величину скорости движения. Начальным звеном является электродвигатель, конечным – шпиндель. Электродвигатель имеет постоянную частоту вращения n_3 , шпиндель – различную частоту вращения n , которая получается в результате установки сменных зубчатых колес $a - b$ с различным передаточным отношением. Расчетные перемещения этой цепи: n_3 , мин⁻¹, вала электродвигателя → n , мин⁻¹, шпинделя (стрелка обозначает термин «соответствует»).

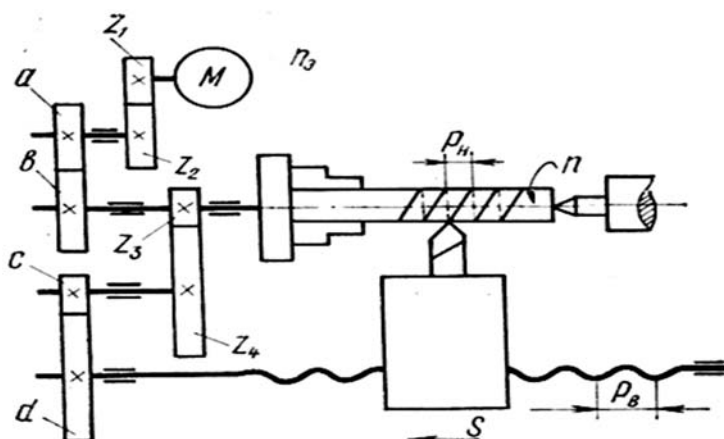


Рисунок 4 – Упрощенная кинематическая схема токарно-винторезного станка

Уравнение кинематического баланса скоростной цепи имеет следующий вид:

$$n_3 \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{a}{b} = n.$$

Однотипные станки с одинаковой кинематической структурой могут иметь различное количество передач и расчетных кинематических цепей, если параметры создаваемого исполнительного движения будут настраиваться на одном станке посредством гитар, а на другом – элементами настройки другого типа.

Для того чтобы составить уравнение кинематического баланса расчетной цепи, необходимо знать расчетные перемещения ее рабочих звеньев. Эти перемещения определяются в зависимости от того, где располагается определяемый элемент настройки – во внутренней или во внешней кинематической связи.

Если элемент настройки лежит во внутренней связи, то конечными звеньями могут быть подвижные исполнительные звенья. Абсолютные перемещения этих звеньев неизвестны, но известны их относительные перемещения, соответствующие относительным перемещениям в какой-либо механической передаче, которые по форме копируют заданное изделие и режущий инструмент. Для этого одному из элементов передачи (заготовке или режущему инструменту) сооб-

щают вполне определенное движение: один оборот – при вращении или перемещение L , мм – при прямолинейном движении; зная передаточные отношения между заготовкой и режущим инструментом (оно будет таким же, как и в передаче, которую по форме копируют изделие и режущий инструмент), определяют перемещение второго звена (режущего инструмента или заготовки).

Например, расчетные перемещения конечных звеньев цепи деления при фрезеровании цилиндрического колеса червячной фрезой, учитывая, что заготовка и режущий инструмент копируют движения в червячной передаче, запишутся следующим образом:

$$l_{об.фр.} \rightarrow k/z_{об.заг.},$$

где k – число заходов червячной фрезы;

$z_{об.заг.}$ – число зубьев нарезаемого колеса.

Расчетные и структурные цепи внешних связей обычно по своему составу отличаются друг от друга. Состав расчетных цепей для определения передаточного отношения передач скорости резания очень прост. Уравнением кинематического баланса связываются частота вращения двигателя в минуту с частотой вращения в минуту одного из исполнительных звеньев, участвующих в создании движения резания. В частности, для зубофрезерного станка расчетные перемещения в цепи скорости резания будут

$$n_{эл} \rightarrow n_{фр}.$$

Состав расчетных цепей подач зависит от выбора единиц, в которых измеряется подача и которые, в свою очередь, зависят от принятой технологии: оборотной, минутной или цикловой подач.

Так, расчетные перемещения в цепях подач будут следующие.

1 При минутной подаче $n_э$, мин⁻¹, электродвигателя $\rightarrow S_m$, мм/мин, поступательного перемещения исполнительного звена группы подачи; круговая подача для движения $n_э$, мин⁻¹, электродвигателя $\rightarrow n_m$, мин⁻¹, подвижного исполнительного звена группы подачи.

2 При оборотной подаче:

– линейная подача (один оборот подвижного исполнительного звена группы резания) $\rightarrow S_0$ (перемещение подвижного исполнительного звена группы подачи) или один двойной ход подвижного исполнительного звена группы резания $\rightarrow S_0$ (перемещение подвижного исполнительного звена группы подачи);

– круговая подача (один оборот подвижного исполнительного звена группы резания) $\rightarrow S_0/\pi D$ (обороты подвижного исполнительного звена группы подачи) или один двойной ход подвижного исполнительного звена группы резания $\rightarrow S_0/\pi D$ (обороты подвижного исполнительного звена группы подачи).

3 При цикловой подаче (один оборот распределительного вала) $\rightarrow n_э/60 S_ц$ (оборотов двигателя).

Кинематическая структура станка зависит не только от выбранного способа соединения, но и от вида источника движения, формы режущего инструмента и скрытых передач станка.

Для обеспечения требуемой скорости резания V частота вращения шпинделя n у станков с главным вращательным движением или числа двойных ходов n_d у станков с главным возвратно-поступательным движением необходимо изменять в определенном диапазоне

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}.$$

Диапазон регулирования D является показателем кинематических возможностей коробки скоростей и зависит от диаметра обрабатываемых деталей.

$$n_{\max} = \frac{1000V_{\max}}{\pi d_{\min}}; \quad n_{\min} = \frac{1000V_{\min}}{\pi d_{\max}}.$$

При главном вращательном движении частота вращения шпинделя зависит от скорости резания V , м/мин, и диаметра обрабатываемой заготовки d , мм:

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi d}.$$

Отсюда следует, что диапазон регулирования частоты вращения шпинделя зависит только от отношений предельных скоростей резания и предельных диаметров.

3.8 Система управления технологическим оборудованием

Станки могут быть одинаковыми или близкими по компоновке, кинематической структуре, конструкции, но совершенно различными по своим системам управления. Развитие систем управления оказывает все большее влияние на кинематическую структуру и конструкцию станков. Системы управления станками бывают с ручным управлением (селективные и преселективные), с дистанционным управлением (от пульта с проводной связью и беспроводные), программируемые (путевые, кулачковые, гидравлические по давлению, копировальные, цикловые и ЧПУ).

Избирательное переключение (селективное управление) обеспечивается, например, устройством (рисунок 5, а). Благодаря шаровому шарниру 2 рукоятку 1 можно поворачивать в двух плоскостях. Поворот в одной плоскости используется для перемещения ползуна 4 с вилкой вдоль валика 3 или ползуна 5 вдоль валика 6, т. е. для переключения блоков 7 и 8. В нейтральном положении блоков пазы, служащие для соединения ползунов с рычагом, совмещены. Это позволяет

перевести конец рычага из одного паза в другой поворотом рукоятки в плоскости, перпендикулярной к валу. При такой системе можно менять положение блоков в любой последовательности, избегая ненужных включений.

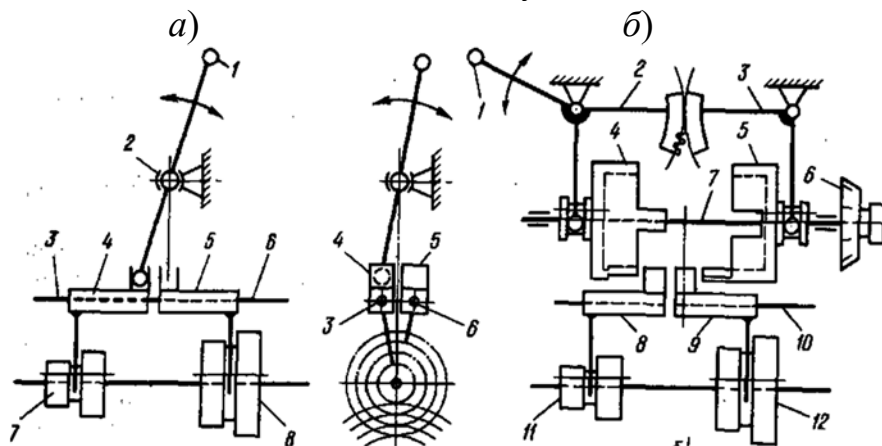
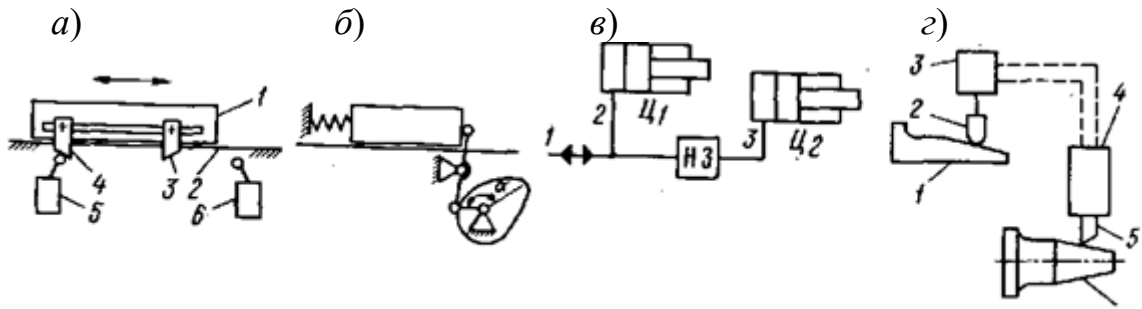


Рисунок 5 – Устройства селективного (а) и преселективного (б) управления

Устройство предварительного набора скорости (преселективное управление) позволяет во время работы станка выполнить подготовительные действия для переключения передач, подготовить систему к быстрому изменению комбинации включенных передач. Для фактического перехода на новую скорость достаточно одного движения рукоятки или нажима кнопки. В устройстве, показанном на рисунке 5, б, от рукоятки 1 поворачиваются два угловых рычага 2 и 3, связанных между собой зубчатыми секторами и передвигающих по шлицевому валу 7 чашеобразные селекторы 4 и 5. Лимбом 6 поворачивают селекторы и устанавливают определенное сочетание их торцовых выступов и вырезов напротив хвостовиков ползунов 8 и 9. При сближении селекторов от рукоятки 1 они передвигают ползуны по валику 10, устанавливая блоки 11 и 12 зубчатых колес в заданное положение. Два подготовительных движения – разведение и поворот селекторов – совмещены с обработкой, сближение селекторов осуществляют по окончании обработки. Преселективное управление уменьшает вспомогательное время.

Дистанционное управление осуществляется с пульта, который может быть значительно удален от электрических, гидравлических, пневматических исполнительных устройств, переключающих муфты или передвигающих блоки зубчатых колес.

Для полной или частичной автоматизации цикла работы станка чаще всего используют *путевую систему управления*. Она состоит в том, что подвижная часть станка, например каретка 1 (рисунок 6, а), в конце заданного пути воздействует упором 4 на электрическое или другое устройство, например на конечный выключатель 5. Это служит командой для выключения данного и включения следующего движений. Конечные выключатели 5 и 6 расположены на неподвижной части, например на станине 2. Упор 3 выключает движение в противоположном направлении. Перестановкой упоров 3 и 4 по продольному пазу каретки настраивают длину пути и исходное положение каретки.



a – с путевой системой управления; *б* – с управлением от кулачка; *в* – с управлением по давлению; *г* – с копировальной системой управления

Рисунок 6 – Схемы устройств

Управление по пути с применением электрических, гидравлических и других средств достаточно просто, т. к. может быть сосредоточено по станку и управляющие элементы могут быть приближены к его подвижным частям. Надежность системы заключается в том, что в случае неисправности следующее движение не начнется, если не завершено предыдущее движение. Путевая система управления без жесткого упора не обеспечивает достаточной точности пути и требует запаса хода из-за различных перебегов. Для переналадки необходимо много времени на выполнение пробных движений и коррекцию положения упоров.

В автоматах и полуавтоматах достаточно часто применяют *кулачковую систему управления*, основанную на использовании кулачковых распределительных валов. Время одного оборота распределительного вала равно времени цикла. Каждое движение занимает определенное время, составляющее часть времени цикла. Поэтому каждому движению соответствует определенный угол поворота распределительного вала, т. е. угол α на движущем кулачке (рисунок 6, б).

Достоинство управления от кулачков в том, что они позволяют автоматизировать сложный цикл, для чего на вал устанавливают несколько кулачков, каждый из которых может иметь профиль, состоящий из различных участков, при этом не требуется промежуточной аппаратуры. Кулачок обеспечивает точный путь движения ведомого звена. Недостаток кулачковых механизмов – ограниченность длины хода.

Управление по давлению (обычно в комбинации с путевым управлением) используют в гидрофицированных станках. Масло от насоса поступает по магистрали 1 (рисунок 6, в) и подается к цилиндру Ц_1 и к гидравлическому устройству – напорному золотнику НЗ по трубопроводам 2 и 3 соответственно. НЗ не пропускает масло до тех пор, пока давление перед ним не достигнет настроенного (заданного) уровня. Поэтому сначала срабатывает цилиндр Ц_1 . Его поршень после окончания хода останавливается, давление в трубопроводе растет, напорный золотник открывается, пропуская масло в цилиндр Ц_2 . Напорный золотник заменяет сразу конечный выключатель, электрическое реле, электромагнит и гидравлический распределитель. Вместо напорного золотника

можно поставить реле давления, которое действует как конечный выключатель (в путевой системе) и вырабатывает электрический сигнал. В этом случае цилиндр $Ц_2$ должен питаться через гидравлический распределитель, включаемый реле давления. Управление по давлению применимо при остановке на постоянном жестком упоре, но оно незаменимо при зажиме заготовок неодинакового размера (когда поршень цилиндра $Ц_1$ проходит до остановки разный путь и путевая система неприменима).

Чтобы обеспечить движение инструмента относительно заготовки по заданной траектории, применяют *копировальные системы управления*. Они воспроизводят (в натуральную величину или в некотором масштабе) форму образца – копира, шаблона или образцовой детали. В этих системах устройство 3 со щупом (рисунок 6, 2) электрически (гидравлически, механически) связано с приводом 4 инструмента 5. Все движения щупа 2 относительно копира 1 повторяются инструментом 5 относительно заготовки 6. Рассмотренные системы управления применяют в неавтоматизированных станках или в автоматах, используемых в крупносерийном и массовом производстве.

Система программного управления позволяет легко программировать (задавать и менять) содержание цикла выполняемых действий. Под *циклом* работы станка понимают полностью или частично повторяющуюся совокупность действий, необходимых для обработки заготовки и выполняемых в определенной последовательности. В общем случае можно изменять состав и последовательность действий, параметры движений (траекторию, скорость, направление, исходное положение, путь). Системы программного управления обеспечивают автоматизацию универсального, часто переналаживаемого оборудования. Различают системы циклового программного управления (ЦПУ), числового программного управления (ЧПУ) и централизованного группового управления от электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Система ЧПУ работает по программе, заданной совокупностью цифр и букв, причем программируются технологическая и геометрическая информации.

Для систем ЧПУ характерна дискретность задания параметров, в том числе перемещений. *Дискретой* (ценой импульса, ценой шага) называют перемещение рабочего звена (например, стола) за один импульс, проходящий в системе управления к устройствам, управляющим двигателем, или от устройств, измеряющих фактическое перемещение. Следовательно, теоретически длина пути равна дискрете, умноженной на число дискрет, которое задано в программе.

3.9 Устройства для крепления заготовок и инструмента

Для установки заготовок, например, на токарно-винторезных станках в зависимости от их размеров и формы, применяют центры, патроны, планшайбы, оправки. В центрах (рисунок 7, а) обрабатывают длинные заготовки типа валов или заготовки, насаженные на оправки.

Задний центр может быть не вращающимся, той же конструкции, что и передний центр 8, или вращающимся 6. Оправки бывают цилиндрические, конусные и разжимные. Последняя состоит из втулки 7 с прорезями, которую натягивают на конус стержня 4 гайкой 5. Втулка разжимается и закрепляет надетую на нее заготовку. Для освобождения готовой детали служит гайка 3. Крутящий момент передается со шпинделя на оправку через поводковый патрон 1 и хомутик 2. Длинные, нежесткие заготовки поддерживаются люнетом – неподвижным (рисунок 7, б), установленным на станине, или подвижным, закрепленным на суппорте.

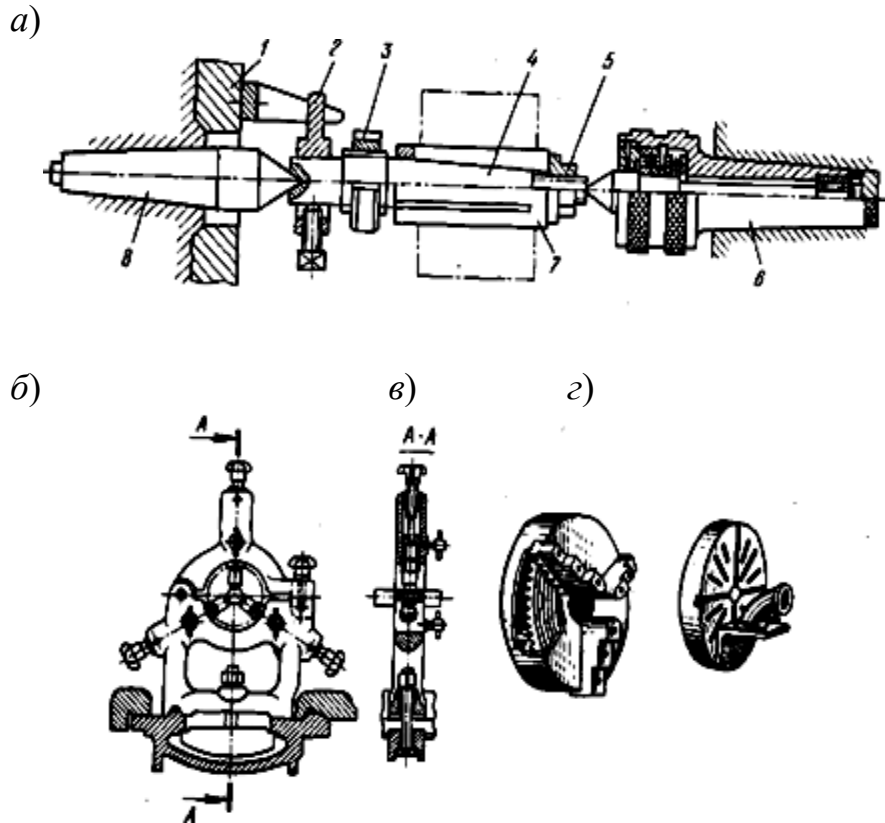


Рисунок 7 – Приспособления для установки заготовок

В патронах закрепляют сравнительно короткие заготовки. Чаще всего применяют трехкулачковые самоцентрирующие патроны с одновременно сдвигающимися кулачками (рисунок 7, в). Несимметричные заготовки выставляют в четырехкулачковом патроне, где каждый кулачок перемещается независимо от другого. Крупные, а также несимметричные заготовки закрепляют на планшайбе (рисунок 7, г) с помощью болтов, прихватов и других приспособлений. Для прутков используют цанговые патроны.

Инструменты закрепляют в резцедержателях суппорта (все виды призматических резцов) или в пиноли задней бабки (сверла и другие осевые инструменты).

3.10 Мероприятия по мерам безопасности при работе на технологическом оборудовании

Безопасность труда на станке обеспечивается производителем в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.009–80 и ГОСТ 12.2049–80. Например, при фрезеровании можно травмироваться при неправильной установке детали и фрезы, неправильном управлении станком во время работы, вылетом стружки. Это всё ведёт к возникновению следующих опасностей: ранение рук и пальцев; переломы костей; заматывание волос оправкой фрезы и скальпирование; поражение глаз отлетающей стружкой при обработке хрупких металлов. Но, кроме указанных, возможны и другие опасности, характерные для работы на металло-режущих станках.

В связи с этим необходимо соблюдать требования инструкций по охране труда, которые состоят из следующих разделов: мероприятия до начала работы; во время работы; в аварийных ситуациях; после окончания работы. В курсовом проекте студентом должны быть проработаны мероприятия по каждому разделу применительно к рассматриваемому станку.

Например, перечень мероприятий, который выполняется до начала работы.

1 Одеть и привести в порядок свою спецодежду:

а) застегнуть обшлага рукавов на пуговицы;

б) спрятать волосы под берет, косынку, завязанную без свисающих концов;

в) надеть защитные очки.

2 Осмотреть станок и проверить его работоспособность, исправность на холостом ходу; проверить, на месте ли все ограждения и исправны ли они; удостовериться в том, что нет утечек масла, присутствует заземление.

3 Проверить исправность рабочего и вспомогательного инструмента.

4 Проверить исправность защитного заземления.

3.11 Заключение

Для оценки качества станков пользуются системой технико-экономических показателей, наиболее важными из которых являются точность, производительность, надежность, экономическая эффективность, безопасность и удобство обслуживания. Имеют также значение универсальность, степень автоматизации, материалоемкость, габаритные размеры, патентная чистота, а также другие показатели и требования.

Точность станка характеризуется его способностью обеспечить размеры в пределах заданных полей допусков, соответствующую геометрическую форму, взаимное расположение поверхностей с допустимыми отклонениями, а также определенное состояние поверхностного слоя (твердость, шероховатость, остаточные напряжения) обработанных поверхностей детали. Например, отклонение от круглости при шлифовании может быть в пределах 0,2...0,3 мкм.

Геометрические погрешности отражают отклонения формы и взаимного расположения исполнительных поверхностей рабочих звеньев станка, несущих инструмент и заготовку, а также траекторией их движений без резания. Примером служит измерение отклонений от прямолинейности движения суппорта с инструментом на холостом ходу.

Кинематические погрешности свидетельствуют о несогласованности движений исполнительных звеньев станка, что важно при обработке сложных поверхностей, например, зубчатых колес, резьбы.

Динамические погрешности характеризуют относительные колебания инструмента и обрабатываемой заготовки (вибрации), а также неравномерность движений при резании.

Для станков общего назначения допустимые погрешности установлены ГОСТами на нормы точности. Допуски зависят от размера станка и класса его точности.

Производительность станка оценивают объемом снятого материала в единицу времени и также пользуются понятием *производительности резания*. Она измеряется в сантиметрах кубических в минуту. Чаще производительность оценивают числом деталей, которые можно изготовить в единицу времени при соблюдении требований к точности и качеству (*штучная производительность*). Отделочная обработка характеризуется *производительностью формообразования*, которая оценивается площадью поверхностей, обработанных в единицу времени.

Штучная производительность Q зависит от производительности резания (или формообразования) и затрат времени t_x на холостые хода и t_e на вспомогательные операции, не совмещенные во времени с обработкой, например на загрузку заготовок – выгрузку деталей. Если t_o – основное время (время резания), то продолжительность цикла обработки одной детали $T = t_o + t_x + t_e$. Тогда повышения производительности станка достигают увеличением скорости формообразующих движений, глубины резания, числа одновременно работающих инструментов, автоматизацией цикла работы.

Надежность станка является его свойством сохранять при рациональной эксплуатации точность и производительность в заданных пределах, а также сохранять параметры качества при соответствующем хранении и транспортировании. Надежность характеризуется рядом показателей.

Безотказность является свойством станка сохранять работоспособность в течение некоторого времени без вынужденных перерывов. Нарушение работоспособности называют *отказом*. Отказом является остановка станка, например, из-за поломки, или образования брака.

Долговечность является свойством станка сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и текущих ремонтов.

Ремонтопригодность отражает приспособленность станка к предупреждению, обнаружению и устранению причин возникновения отказов и поврежде-

ний. Долговечность важна для всех станков, но в определенных пределах. Чрезмерное ее увеличение нецелесообразно в связи с моральным старением конструкции в условиях ускорения технического прогресса.

Экономическая эффективность определяется сравнением приведенных затрат для нового и заменяемого станков. Приведенные затраты включают себестоимость продукции, изготавливаемой на станке, и единовременные капитальные вложения (стоимость оборудования, здания и пр.). Экономическая эффективность зависит в первую очередь от производительности станка. Повышение точности станка выгодно, т. к. благодаря этому устраняется ручная доводка, повышается долговечность или улучшаются другие эксплуатационные качества изготавливаемых деталей.

Безопасность и удобство обслуживания, соблюдение правил производственной санитарии регламентируются требованиями охраны труда (ГОСТ 12.2.009–80). Например, быстро движущиеся наружные части станка должны быть ограждены. Рабочую зону закрывают кожухами и экранами, снабжают отсасывающими устройствами. Ограничивают силы, необходимые для управления, и уровни шума механизмов.

Критерии работоспособности являются условиями, которые должны соблюдаться при конструировании и эксплуатации, чтобы детали, узлы и станок в целом выполняли свое назначение. К таким критериям относятся начальная точность, жесткость, виброустойчивость, прочность, износостойкость, теплостойкость.

Начальная точность зависит от правильного назначения допусков на чертежах и соблюдения их в процессе изготовления. Детали могут потерять точность при неправильной эксплуатации (например, появление забоин, коррозия). Начальная точность станка в целом характеризуется исходными геометрическими и кинематическими погрешностями.

Жесткость является способностью системы сопротивляться упругому деформированию (изменению размеров) под действием нагрузки. Станок является технической системой, состоящей из узлов, а узел – технической системой, состоящей из подузлов и деталей. Детали могут изгибаться, скручиваться, сжиматься. Однако больше всего снижают жесткость контактные деформации, возникающие в стыках, т. е. в поверхностных слоях соприкасающихся деталей. Жесткость зависит от размеров деталей, их формы, расположения опор и т. д. Для характеристики жесткости j , Н/мкм, недостаточно знать упругое перемещение δ , надо еще учесть силу P , вызвавшую такое перемещение: $j = P/\delta$.

Виброустойчивость – свойство станка противодействовать возникновению или усилению колебаний (вибраций). Колебания могут передаваться на станок извне, например, от рядом расположенных машин ударного действия (прессов). В станке источниками колебаний могут быть процесс резания, неуравновешенность быстровращающихся деталей, тихоходные соединения со скольжением и т. д.

Прочность – способность деталей сопротивляться их разрушению (поломкам), а также возникновению остаточных деформаций под действием сил. Прочность в значительной мере зависит от материала детали и термообработки, от характера нагрузки (постоянная или циклическая).

Износостойкость – способность деталей противостоять изнашиванию, т. е. истиранию, разрушению поверхностей в подвижном соединении деталей вследствие трения. Соединения с трением качения гораздо более износостойки, чем соединения с трением скольжения. Изнашивание в последних в большой степени зависит от смазочного материала устойчивости формирования масляного клина и распределения нагрузки (от давления).

Теплостойкость – свойство станка сохранять работоспособность при тепловом воздействии. Источниками теплоты вне станка могут быть прямые солнечные лучи, близко расположенные радиаторы отопления. Зимой могут поступать массы холодного воздуха. В станке теплота образуется в процессе резания в работающих электрических и гидравлических устройствах (двигателях, трансформаторах, насосных установках), подвижных соединениях, особенно со скольжением, и т. д.

Тепловое воздействие вызывает изменение температуры, которое сопровождается изменением размеров деталей, т. е. температурными деформациями. Особенно нежелателен неравномерный нагрев, который приводит к непредсказуемому изменению формы деталей, взаимного расположения инструмента и заготовки. Сказывается также различное изменение размеров деталей станка, выполненных из разных материалов, вследствие разности коэффициентов линейного расширения. При нагреве понижается несущая способность слоя смазочного материала в подвижном соединении.

Принципиальная разница между технико-экономическими показателями и критериями работоспособности состоит в том, что первые отражают исходные требования потребителя, а правильный выбор вторых конструктором обеспечивает выполнение исходных требований. В итоге потребителя не интересует жесткость станка сама по себе, ему важна точность и производительность, которые зависят от жесткости. Поэтому данные о жесткости лишь косвенно могут характеризовать качество конструкции.

4 Графическая часть курсового проекта

4.1 Чертеж внешнего вида технологического оборудования

На чертеже внешнего вида станка в графической части проекта приводится достаточное количество видов для хорошего восприятия о конструкции всех основных узлов станка.

Технические требования на чертеже в отредактированном виде записываются по ГОСТ 18097–93Е в следующей последовательности:

- требования к точности станка по ГОСТ 8–82Е;
- требование к внешнему виду станка;

- диапазоны регулирования приводов с указанием числа ступеней при ступенчатом регулировании;
- источники движений и их мощность;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировке и клеймении;
- правила транспортирования и хранения;
- условия эксплуатации по ГОСТ 15150–69;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования к данному изделию, но не приведенные на чертеже (стандарт СТБ 1022–96, технические условия, инструкции и т. п.).

К чертежу внешнего вида прилагается спецификация.

4.2 Кинематическая схема технологического оборудования

Кинематическая схема должен соответствовать требованиям действующих стандартов ЕСКД.

Перед изображением исходный чертеж (синька) должен быть тщательно отредактирован согласно требованиям новых ГОСТов.

4.3 Сборочный чертеж узла технологического оборудования

В графической части курсового проекта выполняется сборочный чертеж узла станка. Чертеж выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Количество проекций, видов, разрезов и сечений должно быть достаточным для однозначного понимания устройства и порядка работы узла. На чертеже должны быть указаны:

- посадки сопрягаемых поверхностей;
- габаритные и присоединительные размеры;
- допуски формы и взаимного расположения поверхностей на поверхности, которыми узел присоединяется к несущей системе станка;
- требования к проверке работоспособности.

К сборочному чертежу узла станка прилагается спецификация.

4.4 Обозначение чертежей

В курсовом проекте принята следующая структура обозначения чертежей (рисунок 8).

КП.	000.	00.	00.	01.
Курсовой проект	Номер группы	Шифр (две последние цифры номера зачетной книжки)	Номер чертежа	Номер детали (позиции)

Рисунок 8 – Структура обозначения чертежей

Номера чертежей (предпоследняя группа цифр) присваивается следующим образом:

- чертеж общего вида – 01;
- кинематическая схема – 02;
- чертежи узла станка – 03.

В пояснительной записке на всех листах записывается обозначение общего вида и буквы ПЗ.

Обозначение записывается в графе 2 и 26 основной надписи по ГОСТ 2.104–68.

В спецификации общего вида и сборочного чертежа узла станка графа «Обозначение» заполняется только для деталей:

- КР.091.42.03.01 – корпус (поз. 1);
- КР.971.42.03.02 – плита (поз. 2);
- КР.971.42.03.03 – стойка (поз. 3) и т. д.

Стандартные изделия обозначений не имеют.

Список литературы

1 **Ефремов, В. Д.** Металлорежущие станки : учебник / В. Д. Ефремов, В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе ; под общ. ред. П. И. Ящерицына. – 2-е изд., стер. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 696 с.

2 **Сергель, Н. Н.** Металлорежущие станки: учебное пособие: в 2 ч. / Н. Н. Сергель. – Барановичи: БарГУ, 2009. – Ч. 1. – 257 с.

3 **Сергель, Н. Н.** Металлорежущие станки: учебное пособие: в 2 ч. / Н. Н. Сергель. – Барановичи: БарГУ, 2009. – Ч. 2. – 257 с.

4 **Ящерицын, П. И.** Металлорежущие станки : учебник / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов; под общ. ред. А. И. Кочергина. – Минск : БГАТУ, 2001. – 446 с.

5 Металлорежущие станки. Альбом общих видов. Кинематических схем и узлов / Под общ. ред. А. М. Кучера. – Москва : Машиностроение, 1972. – 308 с.

6 **Вардашкин, Б. Н.** Станочные приспособления : справочник / Б. Н. Вардашкин ; под ред. Б. Н. Вардашкина и А. А. Шатилова. – Москва : Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.

7 **Горошкин, А. К.** Приспособления для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. – Москва : Машиностроение, 1979. – 303 с.

8 Краткий справочник металлиста / П. Н. Орлов [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – 960 с.

9 Технологическое обеспечение машиностроительного производства: учебное пособие / Под ред. Ж. А. Мрочака. – Москва: ИКТИ РАН, 2013. – 462 с.

10 Технологическое обеспечение машиностроительного производства : учебное пособие / В. А. Логвин [и др.] ; под ред. Ж. А. Мрочака. – Минск : РИВШ, 2021. – 560 с.