

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-36 01 03  
«Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 621.22.018.8  
ББК 34.47  
Э41

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»  
«30» мая 2023 г., протокол № 13

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

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации предназначены к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной формы обучения.

Учебное издание

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 44 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, 2023

## Содержание

Основные правила безопасности при выполнении лабораторных работ .....	4
1 Лабораторная работа № 1. Разработка схемы строповки и способа крепления оборудования при монтаже .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Разработка конструкции фундамента и установочного чертежа на технологическое оборудование .....	11
3 Лабораторная работа № 3. Составление эксплуатационных документов на технологическое оборудование .....	19
4 Лабораторная работа № 4. Настройка инструмента вне станка .....	21
5 Лабораторная работа № 5. Составление структуры ремонтных циклов на оборудование .....	28
6 Лабораторная работа № 6. Проверка радиального и торцового биения шпинделя станка .....	37
7 Лабораторная работа № 7. Оценка границ устойчивости процесса резания .....	41
Список литературы .....	45

## **Основные правила безопасности при выполнении лабораторных работ**

1 На рабочем месте должно находиться только необходимое для работы на данном станке.

2 Перед пуском станка следует опробовать работу его механизмов вручную. При наличии обнаруженных дефектов станок не включать и принять меры по устранению неисправностей.

3 Обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны быть надежно закреплены.

4 При работе на сверлильных, фрезерных и других станках удерживать заготовку руками категорически запрещается.

5 Необходимо проверить исправность предохранительных ограждений, имеющихся на станке; они должны быть надежно закреплены.

6 Категорически запрещается снимать ограждения во время работы.

7 Проверить закрепления кулачков в патроне; нельзя допускать максимального расхождения кулачков.

8 Проверить обязательно, не оставлен ли ключ в патроне.

9 При работе на токарных станках не разрешается стоять напротив патрона, а при работе на шлифовальных станках – напротив шлифовального круга.

10 Трогать руками вращающиеся инструменты и изделия запрещается.

11 Перед началом работы на шлифовальных станках необходимо проверить шлифовальный круг (отсутствие или наличие трещин).

12 Перед заточкой инструмента на заточном станке проверить, надежно ли закреплен подлокотник. Зазор между подлокотником и абразивным кругом не должен превышать 3 мм (во избежание «подхвата» инструмента и разрыва круга).

13 На заточных и шлифовальных станках без предохранительных кожухов работать категорически запрещается.

14 При работе на заточных станках обязательно пользоваться очками.

15 Измерять деталь во время работы станка не разрешается.

16 Нельзя удалять стружку руками; следует пользоваться крючком, скребком.

17 Перед началом работы необходимо: убрать волосы (под головной убор), застегнуть костюм и обшлага рукавов халата, убрать галстук.

18 Перед началом работы убедиться в наличии заземления и надежности крепления шины к станку.

19 При работе на фрезерных и зуборезных станках запрещается вводить руки в зону движения режущего инструмента.

20 Категорически запрещается пуск станка без разрешения преподавателя или лаборанта.

# 1 Лабораторная работа № 1. Разработка схемы строповки и способа крепления оборудования при монтаже

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в выборе схем, способов строповки оборудования при выполнении погрузо-разгрузочных работ и крепления при монтаже.

## 1.1 Краткие теоретические сведения

Станки от завода-изготовителя к потребителю транспортируются в деревянных ящиках соответствующей конструкции, обеспечивающей надежную неподвижную установку станка внутри ящика. В случае транспортировки станков по воде упаковка ведется специальными защитными от коррозии средствами (так называемая морская упаковка). Для предохранения станка от повреждений при транспортировке на ящике указываются все предостерегающие знаки и надписи, как, например, «верх», «не кантовать» и т. д. Обводку канатом или стропами ящика со станком проводят по указанным на ящике местам.

На рисунке 1.1 представлены примеры упаковки, обводки и подъема некоторых станков. После поступления на завод-потребитель станок распаковывается и транспортируется на место установки.

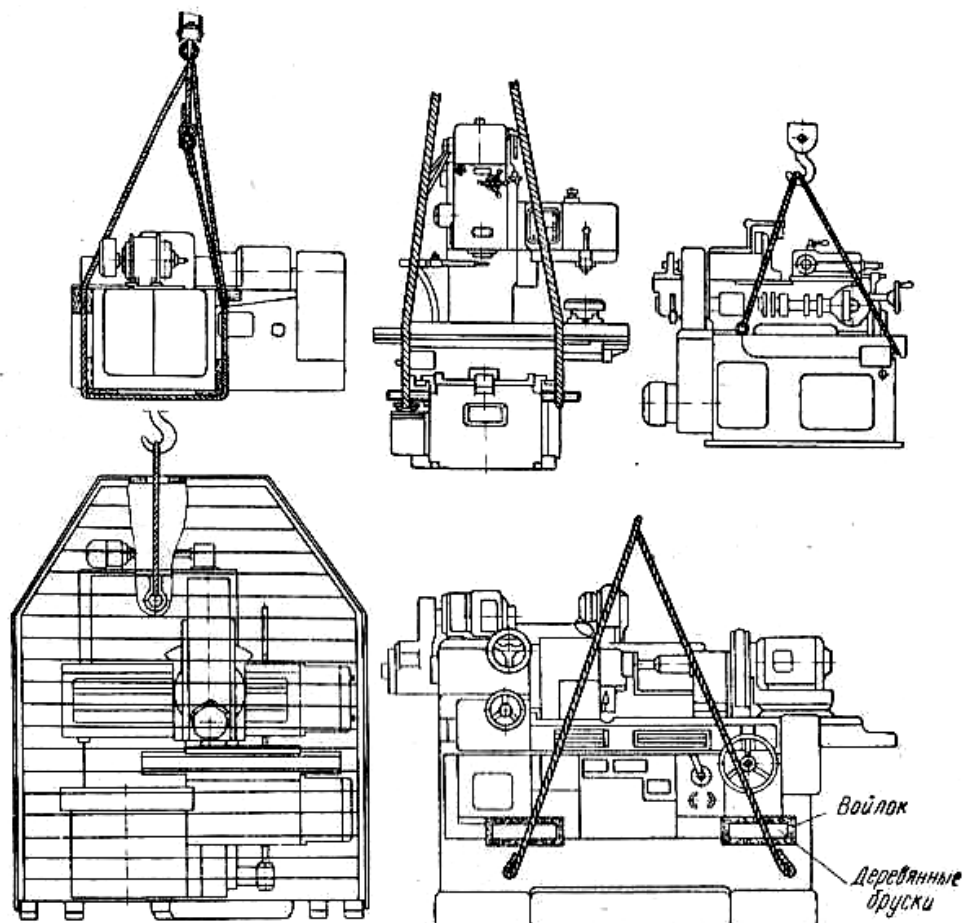
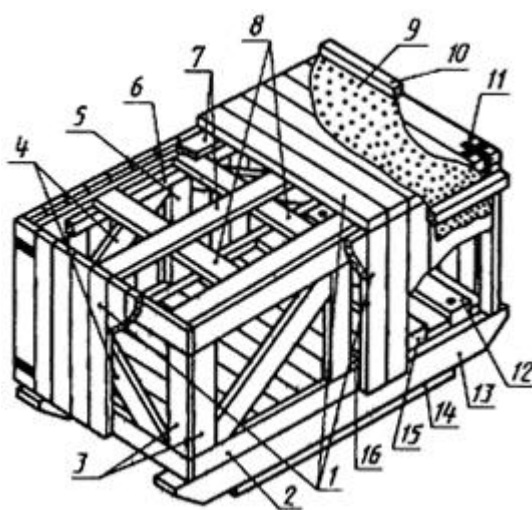


Рисунок 1.1 – Примеры упаковки и строповки станков

Основными требованиями, предъявляемыми к таре для перевозки станков и другого оборудования, являются: прочность, простота конструкции, возможность выполнения погрузочно-разгрузочных работ как вручную, так и с применением средств механизации, обеспечение сохранности при транспортировании и длительном хранении. Степень защиты оборудования от повреждений определяется видом упаковки, предохраняющей оборудование от ударов, толчков и воздействия окружающей среды. Основным и наиболее универсальным видом упаковки для оборудования, перевозимого по железной дороге, речным, морским и автомобильным транспортом, являются деревянные ящики, плотные или решетчатые, разового или многоразового использования, выполненные в соответствии с ГОСТ 10198–91 (рисунок 1.2). Транспортировать оборудование на короткие расстояния (до 300 км) автомобильным транспортом можно без упаковки. В этом случае оборудование укрывается специальным чехлом или пленкой.



1 – доски обшивки; 2 – продольный брус; 3 – угловые стойки; 4 – раскосы; 5 – промежуточная стойка; 6 – опорная планка; 7 – продольные брусья крышки; 8 – поперечные брусья крышки; 9 – водонепроницаемый материал; 10 – планка; 11 – металлический угольник; 12 – торцовый брус; 13 – полоз; 14 – подползная доска; 15 – крепежный брус; 16 – доска дна

Рисунок 1.2 – Пример исполнения ящика для упаковки оборудования

В качестве примера на рисунке 1.3 представлен деревянный сборно-разборный ящик с узлами станка, установленными с помощью болтов 7. Ящик состоит из салазок 5, включающих опорные брусья, пол и щиты боковые 8, торцовые 1 и верхний 9. Каждый щит собирается из стоек 3 и брусьев 4 с раскосами 2, образующих жесткую раму, на которую прибиваются обшивные доски. Для защиты от попадания влаги щиты в зависимости от назначения и условий транспортирования груза покрывают с наружной или внутренней стороны рубероидом марок РКК, РКП или РПП по ГОСТ 10923, полиэтиленовой пленкой марок М и Т толщиной не менее 0,3 мм по ГОСТ 10354, толем по нормативно-технической документации, пергамином по ГОСТ 2697 или упаковочной бумагой марок БУ-Б и БУ-Д по ГОСТ 51510. Для надежной защиты от влаги

оборудование закрывается чехлом из полимерной пленки, а для поглощения влаги в чехол укладывается силикагель. Соединение между собой щитов и салазок осуществляется посредством стяжек 11, обеспечивающих сборку-разборку ящика в минимальное время.

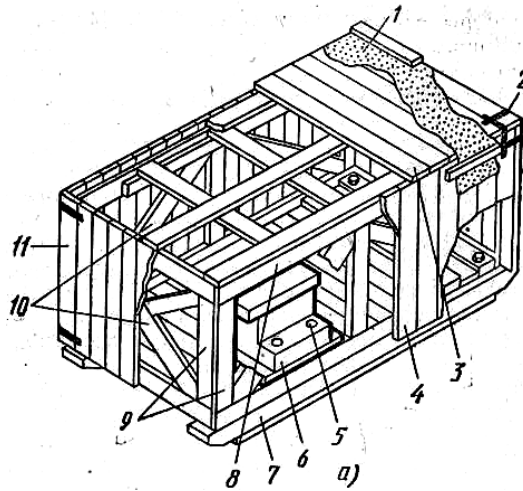


Рисунок 1.3 – Пример расположения оборудования внутри тары

На внешней стороне щитов ящика наносятся предупредительные знаки ГОСТ Р51474–99, представленные в таблице 1.1 определяющие особенности и условия транспортировки.

Таблица 1.1 – Предупредительные знаки







Номер и наименование знака	Изображение знака	Назначение знака
1	2	3
1 Хрупкое. Осторожно	Пример расположения	Хрупкость груза. Осторожное обращение с грузом
2 Беречь от солнечных лучей		Груз следует защищать от солнечных лучей
3 Беречь от влаги		Необходимость защиты груза от воздействия влаги
4 Беречь от излучения		Любой из видов излучения может влиять на свойства груза или изменять их (например, непроявленные пленки)
5 Ограничение температуры	Примеры расположения...°C ...°C ...°C <sub>min</sub> ...°C <sub>max</sub>	Диапазон температур, при которых следует хранить груз или манипулировать им

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
6 Герметичная упаковка		При транспортировании, перегрузке и хранении открывать упаковку запрещается
7 Крюками не брать		Запрещение применения крюков при поднятии груза
8 Место строповки		Указывает место расположения канатов или цепей для подъема груза
9 Здесь поднимать тележкой запрещается		Указывает места, где нельзя применять тележку при подъеме груза
10 Верх		Указывает правильное вертикальное положение груза
11 Центр тяжести		Место центра тяжести. <i>Примечание</i> – Пример расположения знака указывает место тяжести груза. Знак наносят, если центр тяжести не совпадает с геометрическим центром тяжести
12 Тропическая упаковка		Знак наносят на груз, когда повреждения упаковки при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании или хранении могут привести к порче груза вследствие тропического климата. Обозначения: Т – знак тропической упаковки; 00 - 00 – месяц и год упаковывания
13 Штабелировать запрещается		Не допускается штабелировать груз. На груз с этим знаком при транспортировании и хранении не допускается класть другие грузы
14 Поднимать непосредственно за груз		Подъем следует осуществлять только непосредственно за груз, т. е. поднимать груз за упаковку запрещается
15 Открывать здесь		Упаковку открывают только в указанном месте
16 Защищать от радиоактивных источников		Проникание излучения может снизить или уничтожить ценность груза



## Окончание таблицы 1.1

1	2	3
17 Не катить		Груз не следует подвергать качению
18 Штабелирование ограничено		Ограничена возможность штабелирования груза
19 Зажимать здесь		Указывает места, где следует брать груз зажимами
20 Не зажимать		Упаковку следует зажимать по указанным сторонам груза
21 Предел по количеству ярусов в штабеле		Максимальное количество одинаковых грузов, которое можно штабелировать один на другой, где п - предельное количество ярусов
22 Вилочные погрузчики не использовать		Запрещено применение вилочных погрузчиков

Знак № 8 «Место строповки» наносят непосредственно на тару с двух противоположных сторон. Допускается на неупакованные грузы наносить знак № 8 на ярлыки или непосредственно на груз. Знак № 11 «Центр тяжести» наносят на соседние боковую и торцовую поверхности. На грузы, транспортируемые в открытом подвижном составе, знак № 11 дополнительно наносят на верхней и нижней сторонах упаковки. Поскольку при транспортировании ящик несет основную нагрузку, размеры его брусьев и досок определяются соответствующими расчетами.

Многооборотная тара требует возврата ее на завод-изготовитель оборудования. Для экономии места порожний ящик разбирается и складывается в штабель. Отдельные детали ящика крепятся проволокой 21 (рисунок 1.4). По прибытии на завод ящик снова собирается. Для отгрузки крупногабаритных станков применяют облегченную упаковку «под колпаком». При такой конструкции тары основную нагрузку несет не упаковка, а сам станок. Ящик только предохраняет станок от механических повреждений и коррозии. В этом случае в станину станка ввертываются рым-болты, которые выводят за упаковку. За них проводится строповка при погрузочно-разгрузочных работах.

**Задание**

Варианты заданий представлены в таблице 1.2.

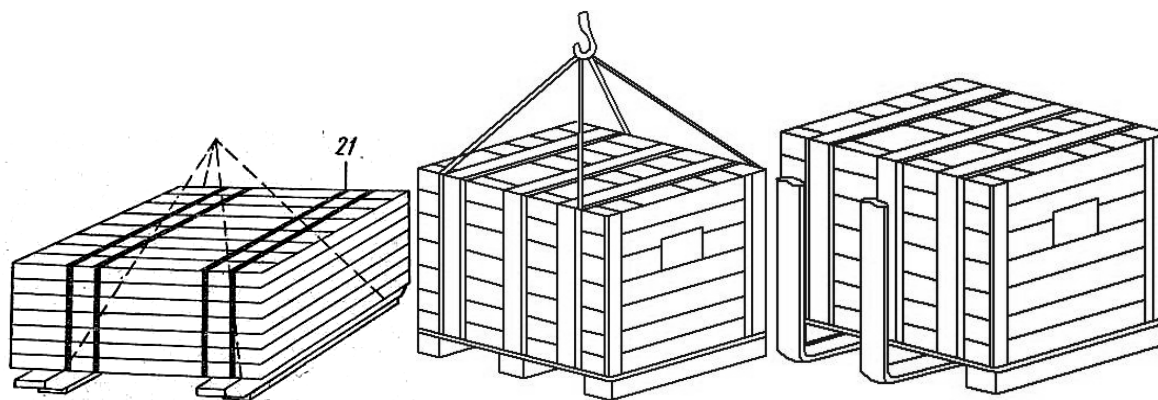


Рисунок 1.4 – Примеры строповки тары при погрузо-разгрузочных работах

Таблица 1.2 – Варианты задания для разработки схемы строповки и расчета параметров фундамента

Вариант	Модель станка	Используемая часть оборудования для крепления	Категория грунта	Приспособление, используемое для крепления при монтаже	Расстояние и условия транспортировки
1	5B13	Несущая система	II	Анкерный болт	500 км, море
2	8Ф130	Резьбовые отверстия	II	Фундаментный болт	1000 км, суша
3	TM1	Основание станины	I	Виброизолирующая опора	1500 км, суша, море
4	5E32	Приливы на станине	III	Анкерный болт	500 км, море
5	16K20T1	Отверстия в станине	IV	Фундаментный болт	1000 км, суша
6	3Д7118Ф1	Несущая система	IV	Фундаментный болт	1500 км, суша, река
7	16Д25	Отверстия в станине	II	Фундаментный болт	1000 км, суша
8	5П23БП	Несущая система	III	Анкерный болт	1500 км, суша, река
9	2K522	Отверстия в станине	II	Фундаментный болт	1000 км, суша
10	MH25H24	Несущая система	II	Фундаментный болт	5000 км, суша, море

### ***Перечень используемого оборудования***

Различные виды технологического оборудования, рулетка, микрокалькулятор.

### ***Порядок проведения работы***

1 Проводится анализ параметров и требований по выданному заданию.

2 Следует выбрать вид тары и предупредительные знаки исходя из условий транспортировки.

3 Следует выбрать грузозахватные приспособления в зависимости от используемой части оборудования для крепления.

4 Представить схему строповки оборудования с тарой и при монтаже.

5 Проанализировать полученные результаты.

6 Составить отчет.

### ***Содержание отчета***

1 Название работы.

2 Содержание задания согласно таблице 1.2.

3 Расчеты необходимых параметров в соответствии с заданием.

4 Разработать вид упаковки и подобрать предупредительные знаки в соответствии с условиями транспортировки.

5 Представить схему строповки оборудования с тарой и при монтаже.

6 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

1 Какие виды тары используются при упаковке технологического оборудования?

2 Назовите основные схемы строповки технологического оборудования.

3 Зачем необходимо проводить расчет собственных частот монтажного объема при монтаже?

4 Для чего используются предупредительные знаки на упаковке?

## **2 Лабораторная работа № 2. Разработка конструкции фундамента и установочного чертежа на технологическое оборудование**

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в разработке конструкции фундамента и установочного чертежа на технологическое оборудование.

### ***2.1 Краткие теоретические сведения***

В цеху предприятия технологическое оборудование устанавливается на бетонном подстилающем слое пола или на фундамент в соответствии с конструкцией и размерам опорной площади. Оборудование устанавливается на фундамент по установочному чертежу, который приводится в паспорте. Практикой установлено, что станки мелко- и среднегабаритные устанавливают на бетонную подстилающую плиту пола цеха и в случае необходимости закрепляют анкерными болтами. На подстилающем слое пола цеха следует устанавливать станки с массой до 10 т (при соответствующем обосновании до 15 т) нормаль-

ной и повышенной точности с жесткими и средней жесткости станинами, для  $l/h < 8$  (где  $l$  – длина, м;  $h$  – высота сечения станины станка, м), а также высокоточные, виброизолирующие которых допускается осуществлять при помощи упругих опор, расположенных непосредственно под станиной станка. На устраиваемые на полу цеха утолщенные бетонные или железобетонные ленты допускается устанавливать станки с массой до 30 т. Станки, которые подвержены значительным динамическим нагрузкам, точные, а также тяжелые станки устанавливаются на отдельных фундаментах. Фундаменты в основном рассчитываются на удельное давление согласно СНиП 2.02.05–87. На рисунке 2.1 представлены виды исполнения фундаментов и организации индивидуального фундамента (рисунок 2.2).

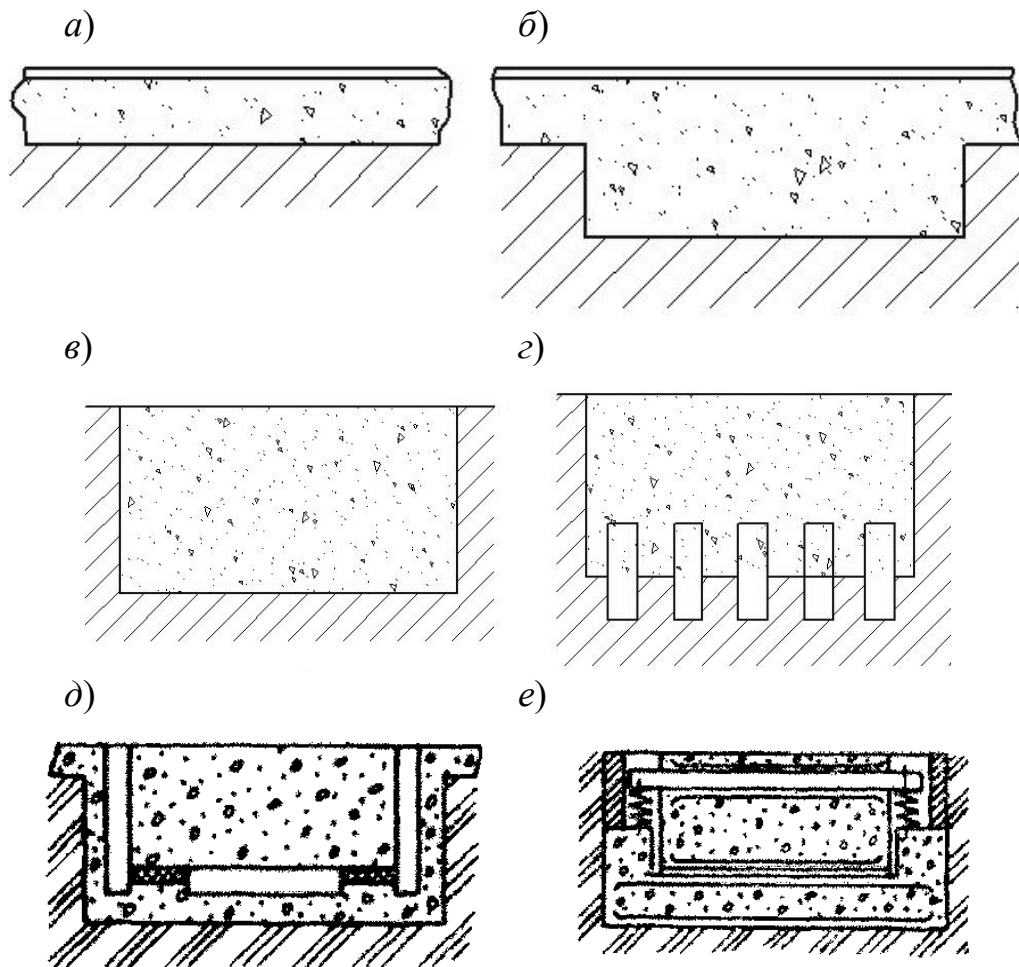


Рисунок 2.1 – Виды исполнения фундаментов

Для определения размеров фундаментов исходят из опорных площадей оборудования. В случае, если в пределах опорной площади удельные давления превышают норматив, площадь фундамента увеличивается. Высота фундамента задается исходя из того, что для тяжелых станков глубина его должна быть больше глубины промерзания грунта. Для станков весом до 10 т высота фундамента берется приблизительно 0,5...0,6 м; для более тяжелых – 1...1,5 м. По размерам фундамента можно определить его массу  $G_{cp}$ , кг, по формуле

$$G_{cp} = Q \cdot q = F \cdot h \cdot q,$$

где  $Q$  – объем фундаментной плиты, м<sup>3</sup>;  
 $F$  – опорная площадь фундаментной плиты на грунт, м<sup>2</sup>;  
 $q$  – плотность бетона, кг/м<sup>3</sup>;  
 $h$  – высота фундаментной плиты, м.

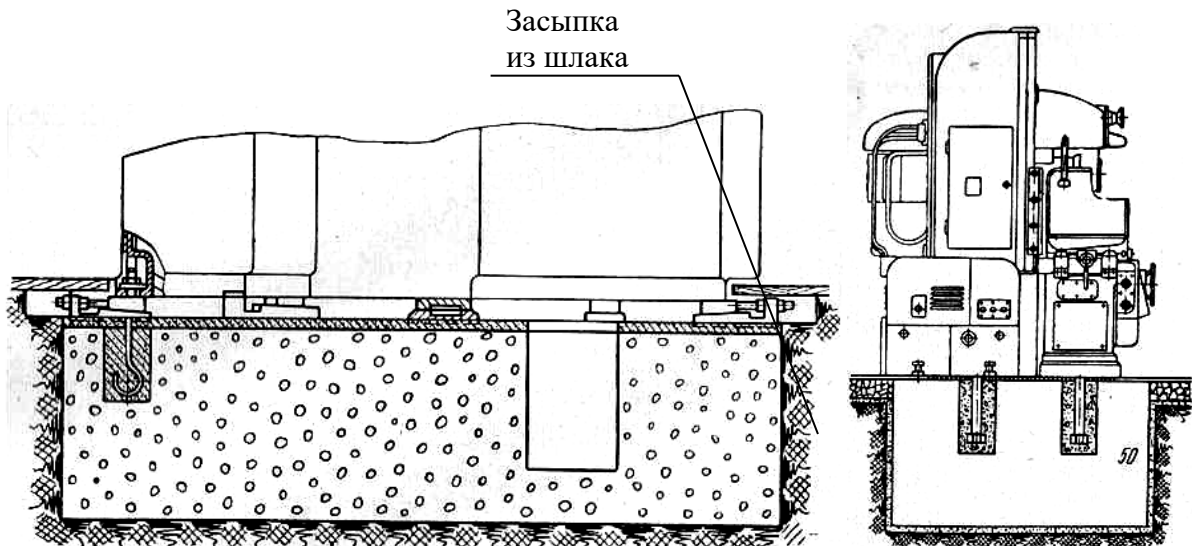


Рисунок 2.2 – Примеры организации индивидуального фундамента

Массу станка, устанавливаемого на фундаментную плиту, принимают согласно паспорта станка из документов заводской инструкции. Масса обрабатываемой заготовки принимается исходя из максимальных габаритных размеров обрабатываемого изделия. Таким образом, общую нагрузку на грунт фундамента  $P$ , Н, определяют согласно зависимости

$$P = (G_{\phi} + G_{ст} + G_3)g,$$

где  $G_{\phi}$  – масса фундаментальной плиты, кг;  
 $G_{ст}$  – масса станка, кг;  
 $G_3$  – максимальная масса заготовки, кг;  
 $g$  – ускорение свободного падения на широте установки оборудования, м/с<sup>2</sup>.

Кроме указанных нагрузок, если привод станка установлен отдельно на плите фундамента, необходимо учесть натяжение ремня. Проверочный расчет фундамента ведется из предположения, что грунт под фундаментом представляет собой упругое основание, сопротивляющееся нагрузке от фундамента, а также предполагается, что силы, приложенные к фундаменту, проходят через центр тяжести фундаментной плиты, создавая благоприятные условия для упругого равномерного сжатия грунта под фундаментом. Если обозначим давление на грунт при действии статической нагрузки  $P$  через  $p$ , Н/м<sup>2</sup>, то расчетная формула для определения нагрузки на фундамент примет вид:

$$P = p \cdot F,$$

где  $F$  – опорная площадь фундаментной плиты на грунт, м<sup>2</sup>.

В свою очередь допускаемое давление на грунт уравнивается упругой деформацией грунта, пропорциональной удельному давлению и равной

$$p = f \cdot C_2,$$

где  $C_2$  – коэффициент упругого равномерного сжатия грунта (для свайных оснований применяются  $2C_2$ , Н/м<sup>3</sup>);

$f$  – упругая деформация грунта, м.

Значения  $p$  и  $C_2$  представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Допустимые статические удельные давления на грунт и коэффициент упругого равномерного сжатия грунта

Категория грунта	Наименование грунта	Допустимое давление при действии статической нагрузки $p$ , Н/м <sup>2</sup>	Коэффициент упругого равномерного сжатия $C_2$ , Н/м <sup>3</sup>
I	Слабые грунты (глина и суглинок в пластическом состоянии на границе пластичности, средней плотности супесь и пылеватый песок, насыщенные водой, а грунты II и III категории с прослойкой ила или торфа)	До $14,7 \cdot 10^4$	До $3 \cdot 10^7$
II	Средней прочности грунты (глина и суглинок в твердом и пластичном состоянии на границе раскатывания, супесь сухая и влажная, пылеватый песок, влажный, мелкий и средней крупности)	$(14,7 \dots 34,15) \cdot 10^4$	$(3 \dots 6) \cdot 10^7$
III	Прочные грунты (глина и суглинок в твердом состоянии, имеющие минимальную естественную влажность, песок крупный и гравелистый, гравий и галька, сухие лесс и лессовидный суглинок)	$(34,15 \dots 59,0) \cdot 10^4$	$(6 \dots 10) \cdot 10^7$
IV	Скальные основания	Более $59,0 \cdot 10^4$	Более $10^8$

Аналогично рассчитывают нагрузку для фундамента станка, состоящего из нескольких частей, при этом необходимо массу станка соответственно распределить на все части фундамента. Далее рекомендуется проверить фундамент со станком на резонанс, определяя значение собственных колебаний фундамента со станком и сверяя полученную частоту фундамента с частотой возмущающей силы в минуту, которая появляется, например, от ударных действий двойных ходов движущихся частей строгального станка, от работы затыловочного суппорта или долбяка зуборезного станка и других источников. Частота собственных (вертикальных) колебаний фундамента со станком  $f_6$ , Гц, определяется согласно зависимости

$$f_0 = \sqrt{\frac{C_2 \cdot F \cdot g}{G}},$$

где  $C_2$  – коэффициент упругого равномерного сжатия грунта, Н/м<sup>3</sup>;  
 $F$  – площадь основания фундамента на грунте, м<sup>2</sup>;  
 $G$  – масса монтажного объема (фундамента, станка и заготовки), кг;  
 $g$  – ускорение свободного падения на широте установки оборудования, м/с<sup>2</sup>.

При работе оборудования частота вынужденных колебаний от работы оборудования должна отличаться от величины собственных колебаний монтажного объема не менее чем на 30 %. Поэтому изменяя объем и массу фундамента обеспечивают безрезонансную устойчивую работу монтируемого оборудования. Оборудование на фундаменте закрепляется фундаментными болтами (рисунок 2.3).

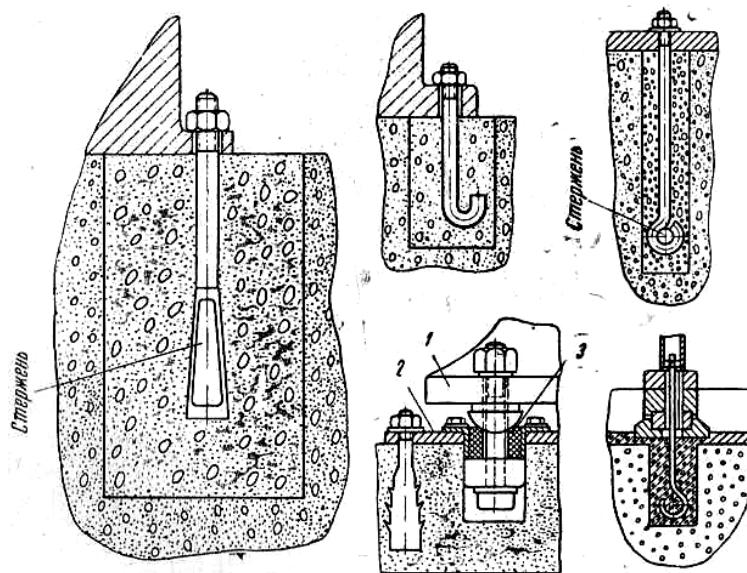


Рисунок 2.3 – Примеры схем организации элементов крепления в фундаментах

Для предохранения оборудования от влияния посторонних колебаний применяют упругие крепления оборудования к фундаменту в виде виброгасителей, один из вариантов которых представлен на рисунке 2.3: станок 1 укрепляется на фундаментной плите 2 с использованием подкладки 3 из упругого материала. Разработаны специальные упругие опоры для технологического оборудования. Для получения деталей с высокой точностью и качеством поверхности требуется изолировать высокоточные станки от вибраций и ударов, передающихся через грунт от соседнего оборудования, проходящего транспорта и т. п. Такая виброизоляция может осуществляться путем установки станков на полу цеха на виброизолирующих опорах или на ковриках типа КВ-1, КВ-2. На рисунке 2.4 приведены схемы бесфундаментной установки оборудования на виброизолирующие опоры и коврики (рисунок 2.5).

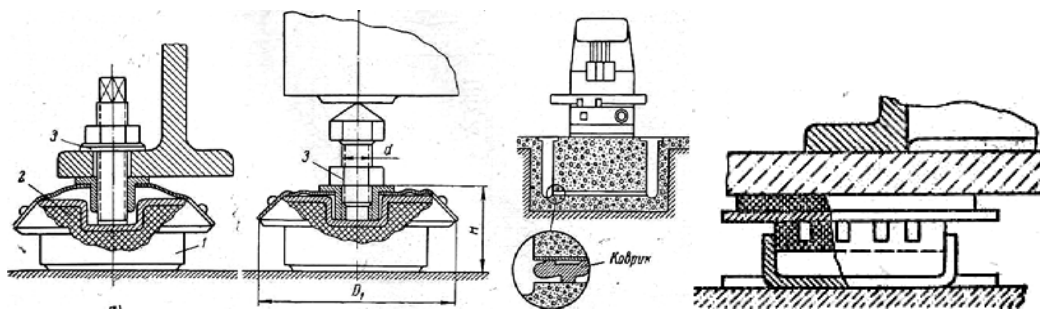
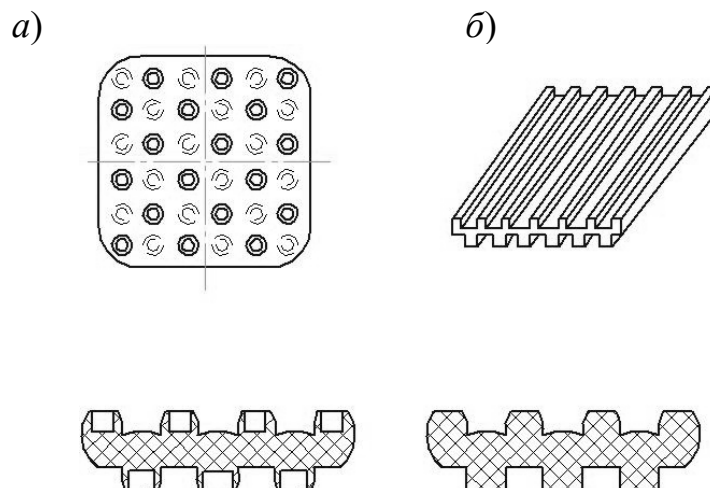


Рисунок 2.4 – Примеры конструкций виброизолирующих опор



*a* – KB-1; *б* – KB-2

Рисунок 2.5 – Конструкции виброизолирующих ковриков

Виброизолирующая опора представляет собой металлический стакан *1*, содержащий резиновую подушку *2* и регулируемую опору *3*.

*Способы монтажа оборудования.* Монтаж оборудования влияет на основные показатели работоспособности: точность обработки и качество обрабатываемой поверхности, сохранение точности во времени, производительность. Для нормальной работы высокоточного оборудования большое значение имеет изготовление фундамента. Назначение фундамента – воспринимать массу технической системы и равномерно передавать её на грунт, воспринимать и гасить колебания, возникающие при работе оборудования, а также предохранять его от внешних колебаний. Поэтому станки устанавливают на твердое основание с большой площадью. Такое основание-фундамент изготавливают обычно из бетона или железобетона. Оборудование может быть смонтировано как на индивидуальных фундаментах, так и на общей бетонной плите. Обычно на индивидуальные фундаментах устанавливают тяжелое (массой более 5 т) и прецизионное (особо точное) оборудование. Индивидуальные фундамента бывают простыми – в виде толстой местной плиты и сложными – с металлическим каркасом, подземными туннелями и приямками. Толщину фундамента определяют в зависимости от качества грунта, массы и условий работы станка. Для крепления оборудования на фундаменте используют подливку из цементного жидкого



раствора, анкерные или заливные фундаментные болты различных форм. Фундаментные болты применяют тогда, когда только подливка цементного раствора оказывается недостаточной. На рисунке 2.6 представлены способы установки и закрепления оборудования на фундаменте.

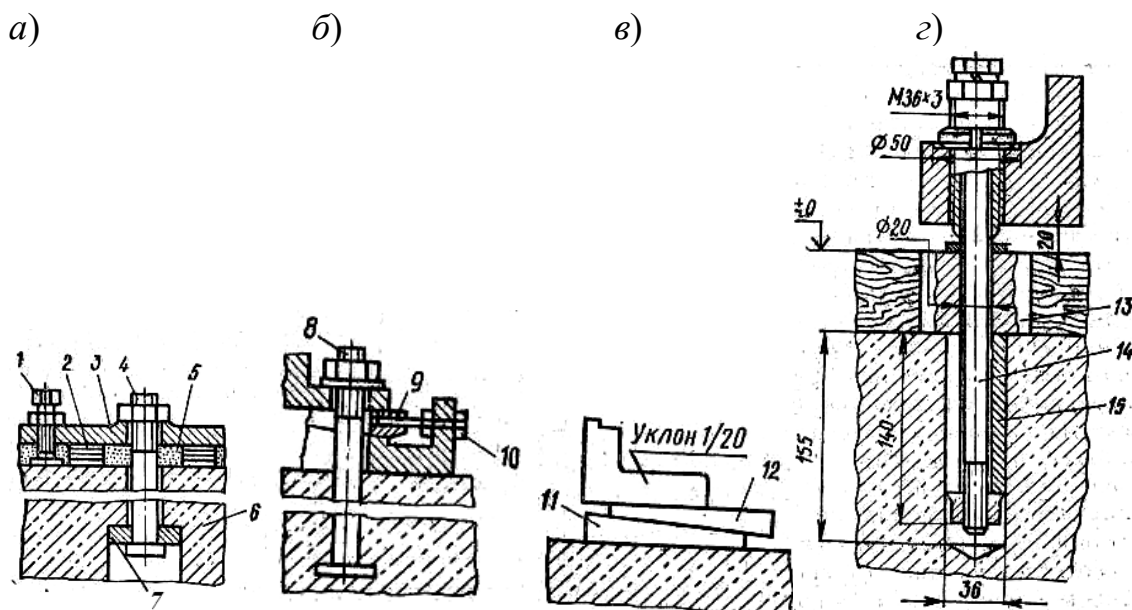


Рисунок 2.6 – Способы установки и закрепления оборудования на фундаменте

Анкерный болт 4 (см. рисунок 2.6, а), у которого плита 7 находится в отверстии фундамента б, при необходимости может быть опущен до упора его головки в дно отверстия, благодаря чему верхний конец болта не будет выступать и мешать перемещению оборудования. Винт 1 служит для изменения положения по высоте станка 3 и используется в сочетании с прокладками 2. Здесь же применена подливка цементного раствора 5 после выверки и установки. Хорошо приготовленный раствор обеспечивает плотное соединение опорной плоскости станины с поверхностью фундамента.

На рисунке 2.6, б представлен заливной болт 8, наглухо (после установки) залитый в фундамент. Этот болт нельзя вынуть из отверстия или опустить при перемещении оборудования. Глухие заливные болты применяют для соединения с фундаментом оборудования, которое работает спокойно, без ударов или толчков. Их заливают в фундаменте как до, так и после монтажа оборудования. В первом случае требуется очень точная (в пределах  $\pm 1$  мм) установка по шаблону болтов в фундаменте и их заливка цементным раствором, с тем чтобы обеспечить попадание болтов в соответствующие отверстия в станине станка. Во втором случае задача упрощается. В фундаменте заранее изготавливают отверстия (100 × 300 мм, глубиной 300...400 мм) под заливные болты. После монтажа и установки оборудования в отверстия станины и фундамента заводят болты и затем заливают их цементным раствором. Положение оборудования по высоте регулируют с помощью специальных башмаков, у которых клиновья часть 9 (см. рисунок 2.6, б) может перемещаться от винта 10, или (см. рисунок 2.6, в) с помощью подкладок 11 и клиньев 12. Горизонтальность опорных

поверхностей станин, шпинделей и прочих узлов определяют по уровню. Изготовление фундаментов для станков и вспомогательных устройств, например загрузочных, с разметкой необходимых отверстий под заливные и анкерные болты производится по фундаментному чертежу.

Для оборудования, устанавливаемого на бетонном подстилающем слое пола (плите), рекомендуются цанговые фундаментные болты (см. рисунок 2.6, з). В бетонном основании сверлят отверстие диаметром, равным диаметру цанги 15. Вместо деревянной шашки-кубика вставляют аналогичный по размерам металлический кубик 13 с отверстием, обеспечивающим проход фундаментного болта 14. После установки оборудования фундаментный болт затягивают. Цанга надежно обеспечивает крепление оборудования к фундаменту.

На рисунке 2.7 представлен установочный чертёж станка, разработываемый для выполнения монтажа.

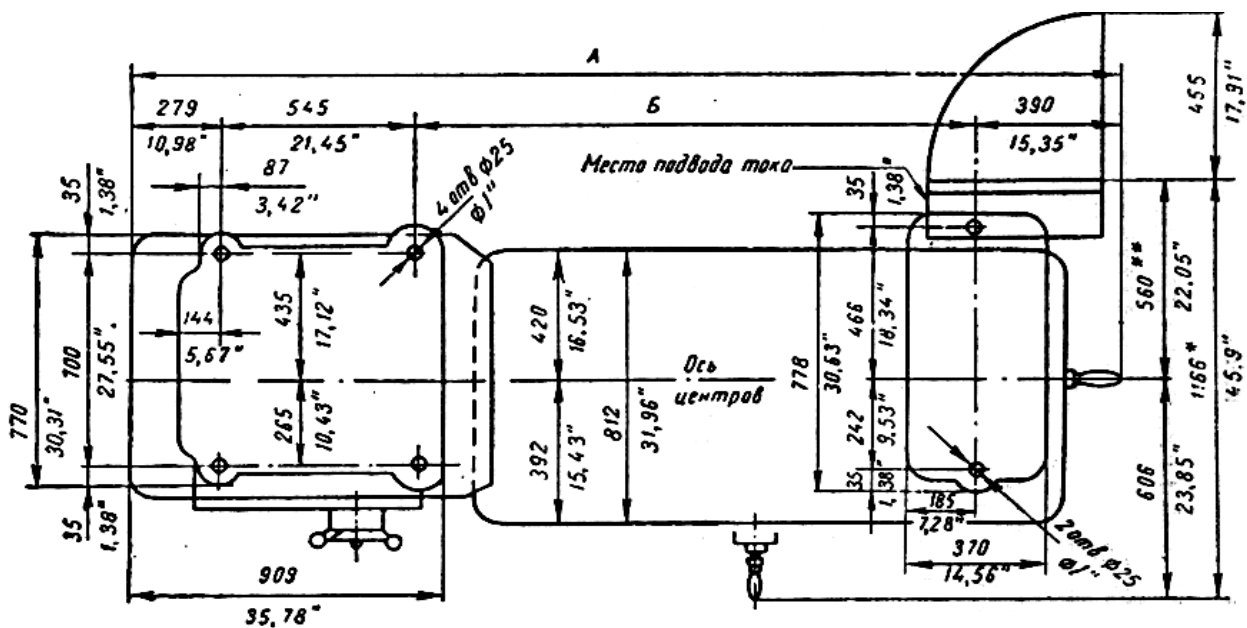


Рисунок 2.7 – Установочный чертёж станка

### Задание

Варианты заданий представлены в таблице 1.2.

### Перечень используемого оборудования

Различные виды технологического оборудования, рулетка, микрокалькулятор.

### Порядок проведения работы

- 1 Проводится анализ параметров и требований по выданному заданию.
- 2 Следует выбрать вид тары и предупредительные знаки исходя из условий транспортировки.
- 3 Следует выбрать грузозахватные приспособления в зависимости от ис-

пользуемой части оборудования для крепления.

- 4 Определить площадь опорных поверхностей оборудования.
- 5 Подобрать способ монтажа и крепления оборудования в цеху.
- 6 Рассчитать величину монтажного объема.
- 7 Рассчитать нагрузку на основание.
- 8 Рассчитать частоту собственных колебаний (вертикальных) монтажного объема.
- 9 Проанализировать полученные результаты.
- 10 Разработать установочный чертёж станка согласно задания.
- 11 Составить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Содержание задания согласно таблице 1.2.
- 3 Расчеты необходимых параметров в соответствии с заданием.
- 4 Разработать установочный чертёж станка согласно задания.
- 5 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назовите основные параметры, которые необходимо рассчитывать при монтаже.
- 2 Назовите основные критерии, по которым необходимо осуществлять выбор способа монтажа оборудования.
- 3 Какие устройства используются для предотвращения возникновения вибраций при работе оборудования?
- 4 Как влияет конструктивная форма оборудования на выбор способа установки его в цеху?
- 5 Назовите основные преимущества установки оборудования на бетонном подстилающем слое пола.
- 6 На что влияет способ монтажа?

## **3 Лабораторная работа № 3. Составление эксплуатационных документов на технологическое оборудование**

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в разработке эксплуатационных документов на оборудование при его изготовлении.

### ***3.1 Краткие теоретические сведения***

Паспорт является основным документом, который передается вместе со станком заводом-изготовителем потребителю и содержит технические данные и характеристики, необходимые для эксплуатации станка, сведения о его ком-

плектации. В паспорте приведены основные размеры станка, перемещения и скорости рабочих органов, характеристики электродвигателей и другие данные, установочный чертеж станка.

Паспорта станков необходимы технологам при планировке цеха, для разработки технологических процессов, при назначении режимов обработки и проектирования оснастки. Паспорт используется механиками при установке, эксплуатации и модернизации станка. Паспорт входит в руководство по эксплуатации, которое содержит, кроме того, описание устройства станка, схему размещения органов управления, спецификацию зубчатых колес, схему расположения и перечень подшипников качения, описание порядка установки, пуска, наладки, регулирования, смазки станка. В руководстве по эксплуатации автоматической линии должны быть также операционный чертеж обрабатываемой детали, технологическая схема, циклограмма работы линии, схемы обработки.

### **Задание**

Варианты заданий с моделями оборудования представлены в таблице 1.2.

### ***Перечень используемого оборудования***

Различные виды технологического оборудования, рулетка, микрокалькулятор.

### ***Порядок проведения работы***

- 1 Проводится анализ параметров и требований по выданному заданию.
- 2 Разработать основные разделы паспорта в соответствии с заданием.
- 3 Проанализировать полученные результаты.
- 4 Составить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Содержание задания согласно таблице 1.2.
- 3 Расчеты необходимых параметров в соответствии с заданием.
- 4 Разработать и заполнить основные разделы паспорта согласно задания.
- 5 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назовите основные разделы, которые необходимо представить в паспорте на оборудование.
- 2 Назовите основные критерии, по которым необходимо заполнять разделы паспорта на оборудование.
- 3 Какое значение имеет паспорт для оборудования?

## 4 Лабораторная работа № 4. Настройка инструмента вне станка

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в выборе схем, способов настройки инструментов вне оборудования при выполнении наладки и подналадки.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

Согласно ГОСТ 3.1109–82 под *наладкой* понимается подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

Наладка технологического оборудования включает:

- установку режимов резания – переключение рукояток на пультах управления, коробках скоростей и подач, установку требуемого диапазона;
- установку, проверку и обкатку приспособления, подготовку его базовых поверхностей;
- подбор, сборку, настройку режущего и вспомогательного инструмента вне станка или привязку инструмента на станке;
- установку инструментальных блоков в револьверную головку, инструментальный магазин и т. д.

Наладка (по характеру и времени) может быть первичная и текущая.

*Первичная наладка* включает два этапа:

- 1) первый этап – на заводе-изготовителе производится предварительная регулировка рабочих органов станка;
- 2) второй этап – на заводе-потребителе после установки, монтажа станка.

*Текущая наладка* – это наладка в процессе эксплуатации технологического оборудования (вначале смены, при переходе на обработку другой заготовки, на другую технологическую операцию).

*Подналадка* – это дополнительная регулировка оборудования в процессе работы для восстановления первоначальных технических параметров, достигнутых при наладке, или для получения геометрических размеров обрабатываемой детали в поле допуска конструкторского размера во времени и приближения его к границам поля допуска.

Для некоторых типов оборудования (автоматические линии из специальных и агрегатных станков) понятие *текущая наладка* и *подналадка* можно объединить в одно понятие – «*наладка*». С целью сокращения времени на наладку и подналадку, а также упрощения самого процесса наладки применяют бесподналадочную смену инструмента (предварительно настроенный на размер инструмент).

Так как основная деятельность наладчика направлена на обслуживание технологического оборудования и оснастки, определим эти понятия.

*Технологическое оборудование* – орудие производства, служащее для обработки различных поверхностей заготовки и получения деталей требу-

мой точности.

*Технологическая оснастка* – это орудие производства, механизм или инструмент, позволяющий выполнять определенные технологические операции, а также обеспечивать получение высокого качества и точности выполнения данной операции.

Большое значение в процессе наладки и подналадки режущего инструмента имеет сокращение времени на его установку или замену. С целью значительного сокращения времени в условиях серийного производства применяются следующие методы настройки режущего инструмента: статический, по рабочему калибру, по пробным деталям, метод наладки с использованием предварительно налаженного инструмента.

*Способ статической настройки* заключается в установке инструмента на неподвижном (неработающем) станке до касания с поверхностью эталона (или готовой детали), закрепленного в патроне. После этого производится регулирование положения упоров, ограничивающих перемещение суппортов, столов. Далее суппорт, стол или другой узел станка отводится в нулевое положение, эталон снимается и производится пробная обработка нескольких деталей с измерением универсальным измерительным инструментом. По результатам проверки, при необходимости, производят корректировку положения режущего инструмента.

Данный способ обеспечивает изготовление деталей с точностью по 11-му качеству.

Недостаток – при статической наладке в связи с деформациями в технологической системе, размер изделия может не соответствовать заданному.

*Способ настройки по рабочему калибру* состоит в изготовлении нескольких пробных деталей с проверкой обработанных поверхностей рабочими калибрами. Если размеры деталей находятся в пределах установленных допусков, то настройка считается правильной и допускается обработка всей партии деталей. Однако такой способ не может гарантировать того, что часть деталей не окажется за пределами поля допуска. Опасность брака не устраняется даже при увеличении числа пробных деталей.

Достоинства:

- минимальное время на смену и подналадку инструмента;
- подготовка и настройка инструмента производится во время обработки детали.

Недостаток – необходимы высококвалифицированные рабочие (наладчики).

*Способ настройки по пробным деталям* заключается в предварительном расчете рационального настроечного размера  $L_{нр}$  и последующей проверке его при измерении обработанных на станке нескольких пробных деталей. Проверку деталей проводят универсальным мерительным инструментом с ценой деления менее 0,1 полного допуска на обработку. Настройка признается правильной, если среднее арифметическое из размеров пробных деталей находится в пределах рационального настроечного размера  $L_{нр}$ . Преимущество способа указывает на минимальную величину подналадки.

Недостаток данного способа – большая потеря времени при наладке необходимого на расчет рационального настроечного размера и нахождения среднего арифметического значения размеров пробных деталей.

*Способ настройки с использованием предварительно налаженного инструмента.* Инструмент настраивается предварительно на размер вне станка с использованием различных шаблонов, приспособлений, приборов настройки инструмента на размер вне станка.

Данный способ применяется в серийном, крупносерийном и массовом производствах при наладке станков-автоматов и полуавтоматов, агрегатных станков и автоматических линий, станков с ЧПУ, РТК, ГПС.

*Способ наладки станка по готовой детали или по эталону* заключается в установке на станке инструмента до касания с эталоном или шаблоном непосредственно через щуп. Толщина щупа учитывается при корректировке параметров наладки.

Данный способ применяется в мелкосерийном и серийном производствах.

Недостатки:

- значительное время на подналадку станка;
- относительно низкая точность наладки, зависящая от точности эталона, шаблона.

При настройке режущего и вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ используются следующие схемы:

- инструмент с регулировочными элементами (рисунок 4.1, а);
- установка инструмента в гнезде суппорта (рисунок 4.1, б);
- установка положения вершины инструмента относительно базовой точки  $F$  (рисунок 4.1, в и г).

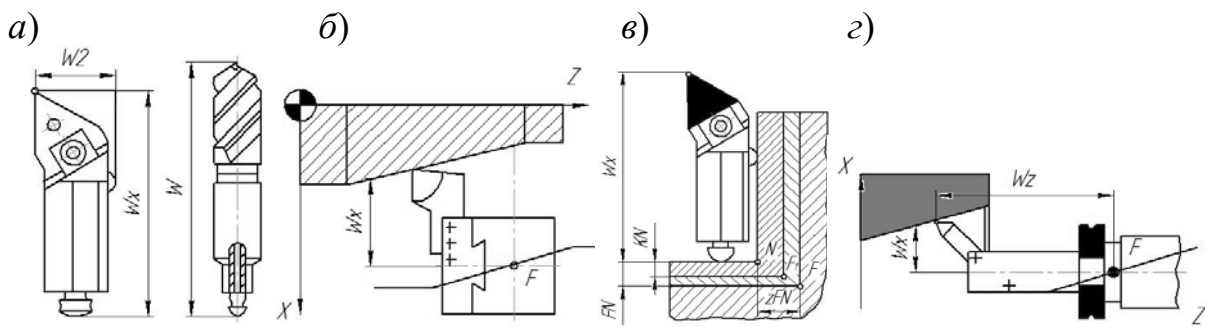


Рисунок 4.1 – Схемы настройки инструмента

Наладочный или оптимальный размер получают после наладки станка.

Наладочный размер – это среднеарифметическое значение размеров пробных деталей или проходов –  $L_n$ .

Наладочный размер  $L_n$ , мм, можно получить по следующим формулам:

- для валов

$$L_n = D_{\min} + \Delta_{pn} + A;$$

– для отверстий

$$L_n = D_{\max} - \Delta_{pn} - A,$$

где  $D_{\min}$ ,  $D_{\max}$  – наименьший и наибольший конструкторские размеры детали, мм;

$\Delta_{pn}$  – часть поля допуска, компенсирующая погрешности наладки станка (погрешность установки детали, инструмента), мм;

$A$  – коэффициент для компенсации погрешности измерения и тепловых деформаций, мм; 10 %...20 % общего поля допуска на размер.

$$\Delta_{pn} = K \left[ \sum \delta_u + \sum \delta_0 + 2(P_y/j + R_z) \right],$$

где  $K$  – коэффициент запаса точности,  $K = 1,1 \dots 1,3$ ;

$\sum \delta_u$  – суммарная погрешность инструмента (определяется по справочнику), мм;

$\sum \delta_0$  – суммарная погрешность, зависящая от состояния станка, мм;

$P_y$  – составляющая силы резания, Н;

$j$  – жесткость технологической системы, Н/мкм;

$R_z$  – высота микронеровностей на заготовке, мм.

При наладке станка рекомендуется использовать мерительный инструмент, цена деления которого составляет 5 %...10 % полного допуска на обрабатываемый размер. Параметры  $\sum \delta_u$ ,  $\sum \delta_0$ ,  $P_y$ ,  $R_z$  оговариваются в технической документации на станок.

При наладке технологического оборудования на обработку детали необходимо соблюдать определенную последовательность выполняемых этапов.

Первый этап – произвести монтаж и выставку оборудования согласно требованиям, оговоренным в технической документации.

Второй этап – произвести подготовку оборудования к выполнению наладочных работ.

Третий этап – первоначальный пуск станка.

Четвертый этап – произвести наладку оборудования на обработку детали.

Наладка оборудования производится согласно карте наладки (расчетно-технологической карте) в следующей последовательности.

1 Установить частоту вращения шпинделя (диапазон частот вращения шпинделя станка).

2 Установить значения линейных и угловых перемещений (коробка подач, гидравлическая система станка).

3 Установить управляющие кулачки в нужное положение.

4 Установить и закрепить приспособление.

5 Установить и закрепить режущий инструмент, произвести настройку инструмента на размер вне или на станке.

6 Произвести настройку упоров перемещения рабочих органов станка на требуемый размер.



7 Обработать пробную деталь и при необходимости произвести подналадку оборудования для изготовления детали в соответствии с чертежом.

Для станков с ЧПУ необходимо дополнительно выполнить:

– настройку режущего и вспомогательного инструмента на требуемый размер согласно карте наладки на приборах вне станка и установить в револьверную голову, магазин или привязать инструмент к системе координат станка;

– установку, закрепление приспособления. Произвести обкатку приспособления с помощью контрольной оправки. Рабочие кулачки трехкулачкового патрона после проверки необходимо расточить; установку нуля станка и нуля детали (рисунок 4.2);

– установку, проверку и отработку управляющей программы. В качестве программноносителя могут быть диски, электронная память (триггеры), флеш-карты. Флешкарту проверяют на графопостроителе или записывают в память системы числового программного управления станка и по кадрам выводят на дисплей.

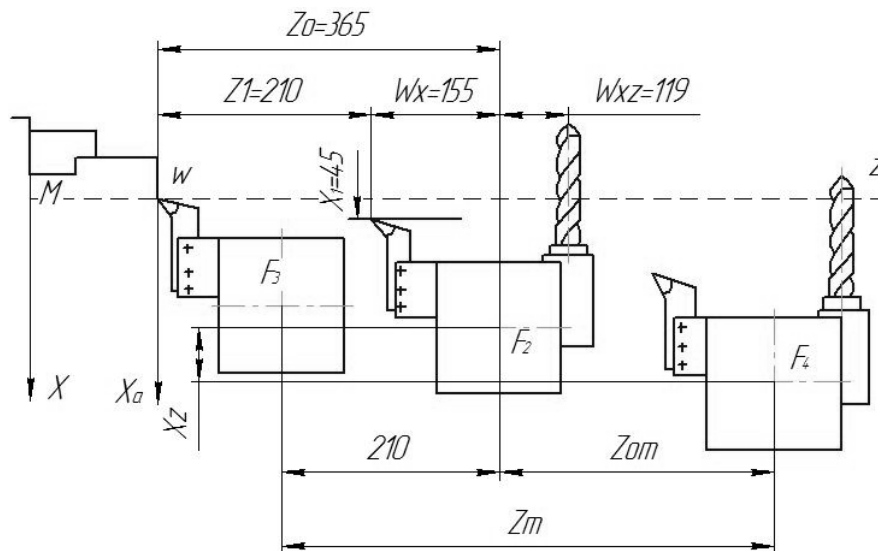


Рисунок 4.2 – Пример установки нулевых точек для токарного станка с револьверной головкой

**Внимание!!!** Правильность разработки управляющей программы проверяется на графопостроителе в плоскости  $X-U$  или по детали, изготовленной из легкообрабатываемых материалов (пластмасса) с последующей корректировкой режимов резания, корректировкой положения рабочей кромки режущего инструмента по длине ( $l_c$ ) и диаметру инструмента (для фрезерных и многоцелевых станков) в зависимости от точности изготовленной опытной детали;

– обработку детали в покадровом режиме. После обработки необходимо произвести контроль параметров полученной детали и при необходимости внести коррекцию;

– обработку детали в автоматическом режиме с последующей корректировкой положения режущего инструмента в пространстве.

На точность обработки заготовок деталей при настройке станка могут влиять:

- 1) технические характеристики станка (класс точности, габаритные размеры);
- 2) оптимальные режимы резания (подобранные по справочнику с учетом поправочных коэффициентов или рассчитанные по эмпирическим формулам);
- 3) технологические возможности режущего инструмента;
- 4) схема базирования заготовки в приспособлении;
- 5) количество устанавливаемого на станке инструмента на данную операцию;
- 6) марка обрабатываемого материала;
- 7) точность и качество обработки детали.

Определенные или выбранные геометрические параметры режущего инструмента должны обеспечить такое формообразование стружки, которое не препятствовало бы процессу резания материала и не создавало бы дополнительных усилий или препятствий инструменту в зоне резания.

В свою очередь, на точность обработки заготовок влияют:

- 1) соответствие станка нормам точности согласно стандартам и технической документации на станок;
- 2) точность установки станка и выверки его станины по уровню при его монтаже;
- 3) правильность регулирования механизмов и узлов станка согласно технической документации;
- 4) точность проведения первичной наладки станка и надежность закрепления его узлов относительно друг друга, сохранность во время эксплуатации;
- 5) четкая и стабильная точность фиксации револьверных головок, державок инструмента, поворотных устройств, приспособлений, кондукторов и т. д.;
- 6) состояние режущего инструмента (режущих кромок, базовых поверхностей);
- 7) точность установки заготовки на станке, в приспособлении;
- 8) усилие зажима детали и жесткость обрабатываемой детали;
- 9) состояние технологической системы;
- 10) применяемый мерительный инструмент, его точность;
- 11) профессиональный уровень рабочего и наладчика.

При выходе размеров обрабатываемой детали за пределы поля допуска или при приближении размера к границе поля допуска необходимо произвести подналадку станка. Подналадку станка осуществляет наладчик или оператор, обслуживающий данное оборудование. В современном производстве имеются станки, оснащенные устройствами автоматической подналадки инструмента на размер.

### **Задание**

Варианты заданий представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Варианты задания для определения наладочного размера

Вариант	Конструкторский размер	Вид обрабатываемой поверхности	Жесткость технологической системы $j$ , Н/мкм	Суммарная погрешность, зависящая от состояния станка, $\Sigma\delta_0$ , мм	Составляющая силы резания $P_y$ , Н	Высота микронеровностей на заготовке $R_z$ , мкм
1	20 <sub>-0,033</sub>	Наружная цилиндрическая	5000	100	80	50
2	46 <sub>-0,16</sub>	Линейный размер	10000	80	1000	25
3	36 <sub>-0,16</sub>	Наружная плоская	7000	70	150	25
4	55 <sup>+0,016</sup>	Внутренняя цилиндрическая	8000	60	500	50
5	56 <sup>+0,046</sup>	Ширина паза	9000	50	1000	25
6	60 <sup>+0,046</sup>	Внутренняя цилиндрическая	6000	70	150	12,5
7	20 <sup>+0,033</sup>	Ширина уступа	7000	100	1000	25

### ***Перечень используемого оборудования***

Приспособление для настройки осевого инструмента, приспособление для настройки резцов, индикатор, микрокалькулятор.

### ***Порядок проведения работы***

- 1 Проводится анализ параметров и требований по выданному заданию.
- 2 Следует выбрать приспособление и схему базирования инструмента для настройки вне станка.
- 3 В зависимости от вида и размера обрабатываемой поверхности рассчитать наладочный размер.
- 4 Разработать схему наладки.
- 5 Выполнить привязку настроенного инструмента на станке.
- 6 Проанализировать полученные результаты.
- 7 Составить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Содержание задания согласно таблице 4.1.
- 3 Провести расчет необходимых параметров в соответствии с заданием.
- 4 Разработать схему базирования инструмента для настройки вне станка.

5 Рассчитать наладочный размер.

6 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

1 Как влияет вид обрабатываемой поверхности на определение наладочного размера?

2 Назовите основные параметры, которые влияют на величину наладочного размера.

3 Назовите основные критерии, по которым необходимо осуществлять выбор схемы базирования инструмента для настройки вне станка.

4 Назовите основные способы наладки технологического оборудования.

5 Зачем необходимо проводить расчет наладочного размера?

## **5 Лабораторная работа № 5. Составление структуры ремонтных циклов на оборудование**

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в разработке ремонтных циклов на оборудование при его эксплуатации.

### ***5.1 Краткие теоретические сведения***

Все работы по техническому обслуживанию и ремонту выполняются в определенной последовательности, образуя повторяющиеся циклы.

*Ремонтный цикл  $C_p$*  – это повторяющаяся совокупность различных видов планового ремонта, выполняемых в предусмотренной последовательности через установленное количество часов оперативного времени работы оборудования, называемое *межремонтными периодами*.

Все циклы завершаются капитальным ремонтом и определяются структурой и продолжительностью.

*Структура ремонтного цикла  $C_{up}$*  – это перечень ремонтов, входящих в его состав и расположенных в последовательности их выполнения.

Например:  $KP - TP - TP - CP - TP - TP - KP = T_{up}$  (первый капитальный ремонт определяется ремонтным циклом  $C_p$ , в который входят четыре текущих ремонта и один средний ( $4 - TP + 1 - CP$ ), и определяется продолжительностью ремонтного цикла  $T_{up}$ ).

*Продолжительность ремонтного цикла  $T_{up}$*  – это количество часов оперативного времени работы оборудования, в течение которого производятся все ремонты, входящие в состав цикла.

*Межремонтный период  $T_{mp}$*  – это период оперативного времени работы оборудования между двумя последовательно выполняемыми плановыми ремонтами. Продолжительность межремонтного периода  $T_{mp}$  равна продолжительности ремонтного цикла  $T_{up}$ , деленного на число внутрицикловых ремонтов, плюс один, и вычисляется по формуле

$$T_{mp} = T_{цр} / n + 1,$$

где  $n$  – число внутрицикловых ремонтов.

Для оборудования, работающего в массовом и крупносерийном производствах, межремонтный период  $T_{mp}$  должен быть меньше, а в единичном и серийном производствах – соответственно больше.

**Пример** – Для мелких и средних станков, обрабатывающих стальные детали, межремонтный период равен:

- в крупносерийном и массовом производствах  $T_{mp} = 2950$  ч;
- в среднесерийном производстве  $T_{mp} = 3800$  ч;
- в мелкосерийном и единичном производствах  $T_{mp} = 4440$  ч.

*Цикл технического обслуживания  $Ц_о$*  – это повторяющаяся совокупность операций различных видов планового технического обслуживания, осуществляемых через установленное для каждого вида оборудования количество часов оперативного времени работы и называемых *межоперационными периодами  $T_{мо}$* . Цикл технического обслуживания  $Ц_о$  определяется структурой и продолжительностью.

*Структура цикла технического обслуживания  $С_{цо}$*  – это перечень операций планового технического обслуживания, входящих в состав цикла, с коэффициентами, показывающими число операций каждого вида в цикле.

Структура цикла технического обслуживания  $С_{цо}$  изображается в виде суммы входящих в него операций и определяется следующей зависимостью:

$$C_{цо} = 4O_e + 4C_n + 3C_з + O_ч + 2P + 4E_o,$$

где  $O_e$  – ежемесячное обслуживание;

$C_n$  – пополнение смазки;

$C_з$  – замена смазки;

$O_ч$  – ежемесячный частичный осмотр;

$E_o$  – ежедневный осмотр;

$P$  – ремонт, восстановление случайных нарушений.

Операции, производимые неремонтным персоналом (уборщиками и станочниками), в структуру  $Ц_о$  не включаются.

Продолжительности ремонтного цикла и межремонтного периода равны ( $T_{цр} = T_{mp}$ ), т. к. все операции планового технического обслуживания выполняются между двумя последовательными плановыми ремонтами.

$T_{мо}$  – это период оперативного времени работы оборудования между двумя последовательно выполняемыми одноименными операциями планового технического обслуживания.

Продолжительность межоперационного периода определяется двумя условиями:

- 1)  $T_{мо}$  является ближайшим меньшим числом часов работы оборудования максимального  $T_{мо}$ , указанного в карте планового технического обслуживания;
- 2) на  $T_{мо}$  делится без остатка продолжительность межремонтного периода ( $T_{mp}$ ).

*Карта планового технического обслуживания* – это документ, высланный заводом-изготовителем в составе сопроводительной документации для каждой единицы технологического оборудования и содержащий:

- перечень всех подлежащих выполнению видов планового технического обслуживания с краткой характеристикой их содержания;
- для операций  $O_e, O_c, O, P_p, I_z, I_c$  – число операций в цикле технического обслуживания (ТО);
- для операций  $C_n, C_z, P, P_m, C_e, I_c$  – наибольший допустимый период межоперационного обслуживания  $T_{mo}$ ;
- трудоемкость выполнения каждой операции;
- состав исполнителей каждой операции.

Заводы-изготовители оборудования должны нормировать и обеспечивать долговечность базовых деталей оборудования, равную продолжительности ремонтного цикла.

Работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования должны всегда планироваться. Определение объемов работы по техническому обслуживанию и ремонту является одной из основных частей финансового плана предприятия и должно производиться на основе данных о загрузке оборудования, выполнении производственной программы на планируемый период.

Чтобы постоянно поддерживать оборудование в нормальном техническом состоянии, его бесперебойную работу, необходимо, чтобы на предприятии действовала система планово-предупредительного ремонта технологического оборудования (ППР), разработанная отделом главного механика предприятия и утвержденная главным инженером. Карта планового технического обслуживания разрабатывается на каждую единицу оборудования, а также на группу конструктивно близких моделей станков (таблица 5.1).

При планово-предупредительном ремонте осуществляется *предварительное планирование* всех работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Предварительное планирование технического обслуживания и ремонта осуществляется также для расчета необходимой численности ремонтных рабочих, составления заявок на материалы и определения суммы затрат на поддержание работоспособности оборудования.

Планирование ремонтных работ осуществляется на основе типовой системы технического обслуживания и ремонта оборудования. Сущность системы заключается в том, что после отработки технологическим оборудованием определенного количества часов проводятся плановые профилактические осмотры и различные виды ремонтов.

Исходными нормативами при организации и планировании ремонтных работ станков являются структура  $C_{цр}$  и продолжительность  $T_{цр}$  ремонтных циклов, под которым понимается период оперативного времени работы оборудования между двумя капитальными ремонтами. При организации ремонтных работ на предприятии составляется годовой план ремонта оборудования.

Таблица 5.1 – Операции планового и непланового технического обслуживания

Шифр	Операция		Исполнитель				
	вид	механизм	слесарь	электрик	электронщик	смазчик	станочник
<i>Плановые операции</i>							
<i>O</i> <i>O<sub>n</sub></i>	Плановый осмотр Полный плановый осмотр	Механическая часть. Электрическая часть. Числовое программ- ное управление (ЧПУ)	+	+	+		+
<i>O<sub>e</sub></i> <i>O<sub>ч</sub></i>	Ежемесячный периодический. Частичный осмотр	Механическая часть. Электрическая часть ЧПУ	+	+	+		+
<i>Ч<sub>e</sub></i>	Поддержание чи- стоты ежемесячно	Оборудование по- мещений					+
<i>С<sub>e</sub></i>	Смазывание ежемесячное	Ежемесячное об- служивание				+	
<i>С<sub>n</sub></i> <i>С<sub>з</sub></i>	Пополнение смазки. Замена смазки	Через количество часов, указанное в документе	+	+		+	
<i>П<sub>м</sub></i>	Промывка	Механизмы станков. Смазочные системы с заменой смазки	+			+	+
<i>Ч</i>	Чистка от пыли	Электрическая часть. ЧПУ		+	+		
<i>Р</i>	Регулирование ме- ханизмов, обтяжка крепежа	Механическая часть. Электрическая часть	+	+			
<i>П<sub>p</sub></i>	Проверка геомет- рической и техно- логической точно- сти	Точность	+				
<i>И</i>	Профилактическое испытание	Электрическая часть. ЧПУ		+	+		
<i>Неплановые операции</i>							
<i>зЗ<sub>n</sub></i>	Замена случайно отказавших дета- лей или восстано- вление их работо- способности	Механическая часть. Электрическая часть. ЧПУ	+	+	+		
<i>Р<sub>м</sub></i>	Восстановление случайных нару- шений регулировки устройств и сопря- жений	Механическая часть. Электрическая часть. ЧПУ	+	+	+		

Годовой план ремонта оборудования цеха или предприятия составляется отделом главного механика (ОГМ) предприятия на основании установленных нормативами межремонтных периодов с учетом отработанных каждым станком часов *оперативного* времени от его последнего планового ремонта. Ежегодно в октябре – ноябре производится технический осмотр всего оборудования предприятия. В результате осмотра определяется фактическое состояние каждого станка (оборудования), соответствие его состояния планируемому виду ремонта и вносятся необходимые коррективы в ранее составленный годовой план ремонта оборудования.

Для металлорежущих станков общего назначения, эксплуатируемых в серийном производстве при двухсменной работе, целесообразно капитальный ремонт планировать один-два раза в течение их срока службы, а затем решать вопрос об их замене новыми.

При составлении годового плана ремонта для станка каждой модели, включаемого в план, необходимо определить:

- структуру ремонтного цикла  $C_{up}$ ;
- продолжительность ремонтного цикла  $T_{up}$ ;
- межремонтный  $T_{mp}$  и межосмотровый  $T_o$  периоды.

Структура ремонтного цикла  $C_{up}$  станка определяется по таблице 5.2 с учетом плановых осмотров ( $O$ ).

Таблица 5.2 – Структуры ремонтного цикла металлорежущих станков

Класс точности станка	Категория массы, т	Структура ремонтного цикла $C_{up}$	Число плановых ремонтов $n_p$ в цикле		Число плановых осмотров в межремонтном периоде $O_{mp}$
			средних	текущих	
Н	До 10	КР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-КР или	1	4	1
		КР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	–	4	1
Н	От 10 до 100	КР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-КР или	1	4	2
		КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	–	5	2
Н	Св. 100	КР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-КР или	1	4	3
		КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	–	6	3
	До 10	КР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-КР	2	6	1
		или КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	–	8	1
П В А С	От 10 до 100	КР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-КР	2	6	2
		или КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	–	8	2
	Св. 100	КР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-КР	2	6	3
		или КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	–	9	3



Продолжительность ремонтного цикла  $T_{цр}$ , ч, в зависимости от конкретных условий эксплуатации каждого станка определяется по формуле

$$T_{цр} = A \cdot K_{ом} \cdot K_{ми} \cdot K_{мс} \cdot K_{кс} \cdot K_{в} \cdot K_{д} ,$$

где  $A$  – исходная величина ремонтного цикла, различная для разных видов оборудования,  $A = 16800$ ;

$K_{ом}$  – коэффициент, учитывающий род обрабатываемого материала;

$K_{ми}$  – коэффициент, учитывающий род материала инструмента;

$K_{мс}$  – коэффициент, учитывающий качество точности обработки;

$K_{кс}$  – коэффициент, учитывающий массу станка;

$K_{в}$  – коэффициент, учитывающий возраст станка;

$K_{д}$  – коэффициент, учитывающий год выпуска станка.

Значения коэффициентов приведены в таблицах 5.3–5.5.

Таблица 5.3 – Значения коэффициентов  $K_{ом}$ ,  $K_{ми}$ ,  $K_{мс}$ ,  $K_{кс}$

Коэффициент	Определяемый параметр	Значение коэффициента
$K_{ом}$	Обрабатываемый материал:	
	сталь конструкционная прочие материалы	1,0 0,75
$K_{ми}$	Материал применяемого инструмента:	
	металл абразив	1,0 0,8
$K_{мс}$	Класс точности:	
	Н	1,0
	П	1,5
	В, А, С	2,0
$K_{кс}$	Категория массы:	
	до 10 т	1,0
	от 10 до 100 т	1,35
	св. 100 т	1,7

Таблица 5.4 – Коэффициент возраста  $K_{в}$

Возраст станка	Класс точности	Порядковый номер планируемого ремонтного цикла	Значение коэффициента	
До 10 лет	Н, П	1-й и 2-й	1,0	
	В, А, С	1-й		
	Н	2-й и 3-й	0,9	
Св. 10 лет	П, В, А, С	2-й		
	Н	4-й		0,8
	П, В, А, С	3-й		
	Н	5-й и более		0,7
	П, В, А, С	4-й и более		

Таблица 5.5 – Коэффициент долговечности  $K_d$ 

Год выпуска оборудования	Значение коэффициента
До 1975	0,8
С 1976 по 1980	0,9
С 1981	1,0

После определения структуры и продолжительности ремонтного цикла для каждого станка рассчитываются (с точностью до одного месяца):

– межремонтный период,  $T_{mp}$ , лет или мес., по формулам

$$T_{mp} = T_{mp} / K_{см} \cdot F_d \cdot (n_p + 1);$$

$$T_{mp} = 12T_{mp} / K_{mp} \cdot F_d \cdot (n_p + 1);$$

– межосмотровый период

$$T_o = T_{mp} / (O_{mp} + 1),$$

где  $T_{mp}$  – межремонтный период, мес.;

$K_{см}$  – сменность работы станка;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы станка, (таблица 5.6), ч;

$n_p$  – принятое число плановых ремонтов в ремонтном цикле (средних и текущих);

$T_o$  – межосмотровый период, мес.;

$O_{mp}$  – принятое число плановых осмотров в межремонтном периоде (см. таблицу 5.1).

Таблица 5.6 – Годовые фонды времени работы оборудования (в одну смену)

Оборудование	Номинальный годовой фонд $F_n$ , ч	Потери $F_n$ , %	Действительный годовой фонд $F_d$ , ч
Металлорежущие станки 1–30 категории ремонтной сложности		3	1948
Металлорежущие станки св. 30 категории ремонтной сложности	2008	6	1888
Поточные линии станков		4	1928
Автоматические линии		10	1807

Вид очередного планового ремонта каждого станка устанавливается по структуре его ремонтного цикла  $S_{up}$  в зависимости от вида предыдущего планового ремонта.

Виды ремонта, которые должны быть включены в план, определяются следующим образом. Установив вид и месяц проведения последнего планового

ремонта в соответствии с расчетной продолжительностью межремонтных  $T_{мр}$  и межосмотровых  $T_o$  периодов и исходя из принятой структуры ремонтного цикла  $C_{цр}$ , определяют вид очередного планового ремонта (осмотра) и дату (месяц) его проведения.

Трудоемкость ремонта каждого станка определяется на основе его категории ремонтной сложности и норм трудоемкости на одну ремонтную единицу.

Трудоемкость ремонта оборудования  $T_p$ , ч, определяется по формуле

$$T_p = (T_m + T_э) \cdot T_e,$$

где  $T_m$ ,  $T_э$  – категории ремонтной сложности механической и электрической частей оборудования;

$T_e$  – норма времени на одну ремонтную единицу (таблица 5.7), ч.

*Примечание* – В категорию ремонтной сложности электрической части включается ремонтосложность без электродвигателей (они ремонтируются отдельно в электроцехе).

Таблица 5.7 – Трудоемкость ремонта и полного планового осмотра оборудования

Ремонтная операция	Работы		Всего
	станочные	слесарные и прочие	
Плановый осмотр перед капитальным ремонтом	0,1	1,0	1,1
Плановый осмотр перед внутрицикловым ремонтом	0,1	0,75	0,85
Ремонт:			
текущий	2,0	4,0	6,0
средний	3,0	6,0	9,0
капитальный	14,0	36,0	50,0

Трудоемкость ремонта каждого станка может быть определена отдельно по видам работ (слесарные, сборочные и др.) или в целом (графа «Всего»).

Трудоемкость планового ремонта каждого станка (в часах) указывается на плане числителем в колонке соответствующего месяца.

Продолжительность простоя оборудования в ремонте зависит от вида ремонта, его категории ремонтной сложности и числа смен работы ремонтных бригад в сутки. Простой станка в ремонте исчисляется с момента его остановки на ремонт до момента приемки из ремонта. Нормативная продолжительность простоя технологического оборудования приведена в таблице 5.8 (суток на одну ремонтную единицу).

Для каждого месяца (внизу соответствующей колонки плана) определяются:

- суммарная трудоемкость работ по видам ремонтов;
- общая трудоемкость ремонтных работ (строка «Итого»);
- необходимая численность ремонтных рабочих (строки «расчетная  $P_{р\bar{o}}$ » и «принятая  $P_{р\bar{o}}$ »). Необходимая численность ремонтных рабочих определяется

по формуле

$$P_{p\delta} = \Sigma m_p / 12 \cdot F_p \cdot \gamma,$$

где  $\Sigma m_p$  – трудоемкость месячной программы ремонтов, ч;  
 $F_p$  – эффективный годовой фонд времени рабочего,  $F_p = 1850$  ч;  
 $\gamma$  – коэффициент переработки норм (в обычных условиях),  $\gamma = 1,1 \dots 1,15$ .

Таблица 5.8 – Нормы продолжительности простоя оборудования в ремонте

Вид ремонта	Число смен работы ремонтируемого оборудования		
	1	2	3
Плановый осмотр (полный)	0,4	0,4	0,4
Текущий ремонт	2,0	2,2	2,4
Средний ремонт	3,0	3,3	3,6
Капитальный ремонт	16	18	20
Осмотр перед капитальным ремонтом	0,5	0,5	0,5

*Примечание* – Расчетная численность ремонтных рабочих округляется до целого числа в большую сторону.

### **Задание**

Варианты заданий с моделями оборудования представлены в таблице 1.2.

### ***Перечень используемого оборудования***

Различные виды технологического оборудования, рулетка, микрокалькулятор.

### ***Порядок проведения работы***

- 1 Проводится анализ параметров и требований по выданному заданию.
- 2 Проанализировать основные виды осмотров и ремонтов, включаемых в ремонтный цикл в соответствии с заданием.
- 3 Проанализировать полученные результаты.
- 4 Составить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Содержание задания согласно таблице 1.2.
- 3 Провести расчет необходимых параметров в соответствии с заданием.
- 4 Разработать структуру ремонтного цикла в соответствии с заданием.
- 5 Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1 Как влияет вид обрабатываемого материала на продолжительность ремонтного цикла?

2 В какое время проводится составление плана ремонтов на следующий год?

3 Назовите основные критерии, по которым необходимо осуществлять выбор структуры ремонтного цикла.

4 Как определяют вид очередного планового ремонта (осмотра) и дату (месяц) его проведения?

## **6 Лабораторная работа № 6. Проверка радиального и торцевого биения шпинделя станка**

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в определении радиального и торцевого биения на оборудование при его эксплуатации.

### **6.1 Краткие теоретические сведения**

Схема проверки радиального биения центрирующей поверхности шпинделя передней бабки под патрон приведена на рисунке 6.1.

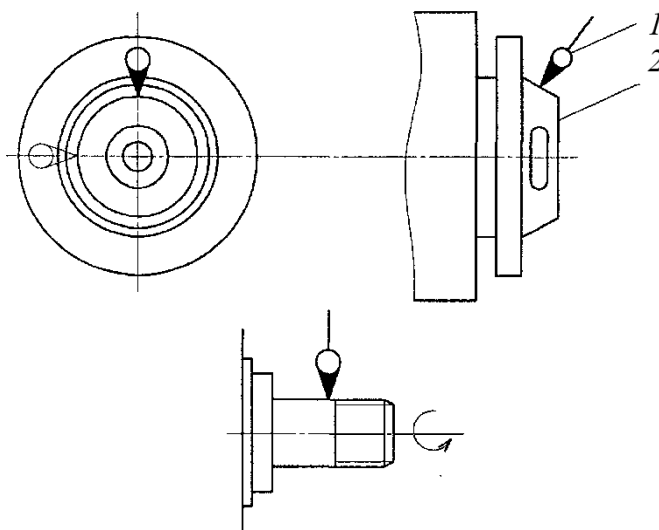


Рисунок 6.1 – Проверка радиального биения центрирующей поверхности шпинделя передней бабки под патрон

В неподвижной части станка укрепляют индикатор *1* так, чтобы его измерительный наконечник касался проверяемой поверхности *2* и был направлен к её оси перпендикулярно образующей.

Шпиндель приводят во вращение от руки. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора. Необходимо *проводить проверку* для положения индикатора в *плоскости формообразования* и не нужно проводить измерения для положения индикатора в плоскости перпендикулярной плоскости формообразования.

Проверка осевого биения шпинделя передней бабки приведена на рисунке 6.2.

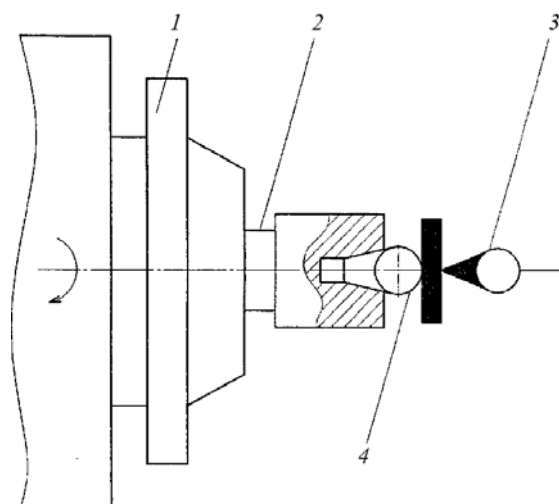


Рисунок 6.2 – Схема проверки осевого биения шпинделя передней бабки

В отверстие шпинделя 1 передней бабки вставляют контрольную оправку 2 с центровым отверстием под шарик 4. На неподвижной части станка укрепляют индикатор 3 так, чтобы его плоский измерительный наконечник касался шарика, вставленного в центровое отверстие оправки. Шпиндель приводят во вращение от руки. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность результатов измерений.

Схема проверки торцевого биения опорного буртика шпинделя передней бабки приведена на рисунке 6.3.

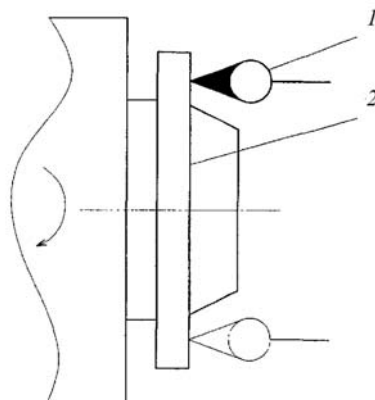


Рисунок 6.3 – Схема проверки торцевого биения опорного буртика шпинделя передней бабки

На неподвижной части станка укрепляют индикатор *1* так, чтобы его измерительный наконечник касался опорного буртика шпинделя *2* на возможно большем расстоянии от центра и был перпендикулярен ему. Шпиндель приводят во вращение от руки. Измерения производят в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в диаметрально противоположных точках поочередно. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждом его положении.

Схема проверки радиального биения конического отверстия шпинделя передней бабки, приведена на рисунке 6.4, проверяемое у торца (*а*) и на длине *L* (*б*).

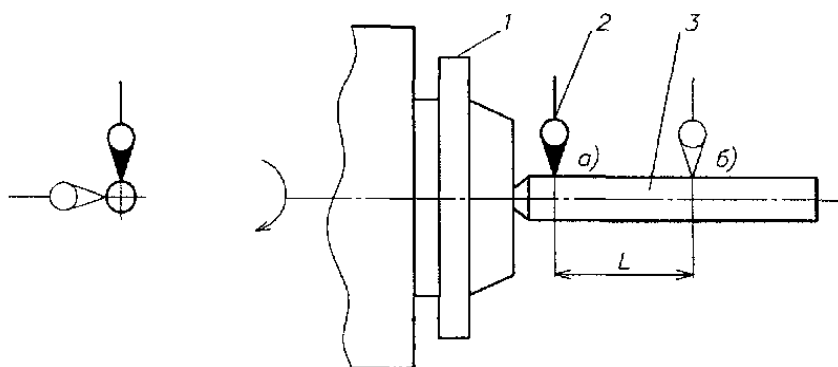


Рисунок 6.4 – Схема проверки радиального биения конического отверстия шпинделя передней бабки

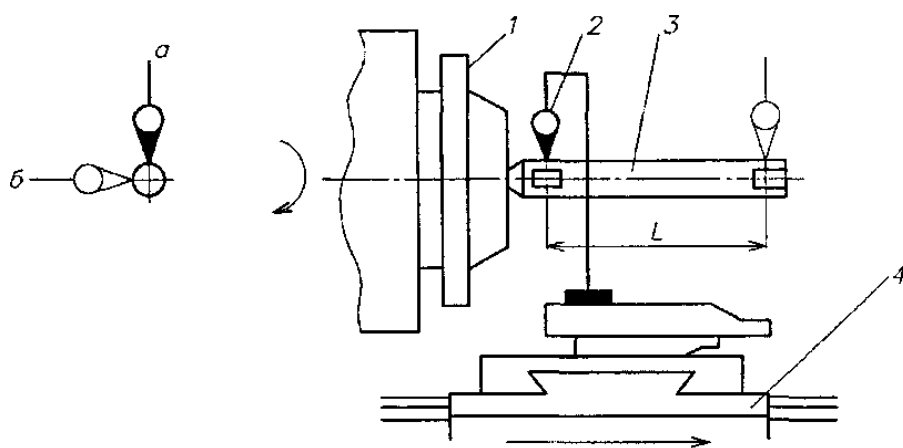
В отверстие шпинделя *1* вставляют контрольную оправку *3* с цилиндрической измерительной поверхностью. На неподвижной части станка укрепляют индикатор *2* так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к её оси перпендикулярно образующей. Шпиндель приводят во вращение от руки. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждом его положении.

Схема проверки параллельности оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта представлена на рисунке 6.5.

В отверстие шпинделя *1* вставляют контрольную оправку *3* с цилиндрической измерительной поверхностью. На суппорте *4* (в резцедержателе) укрепляют индикатор *2* так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к её оси перпендикулярно образующей.

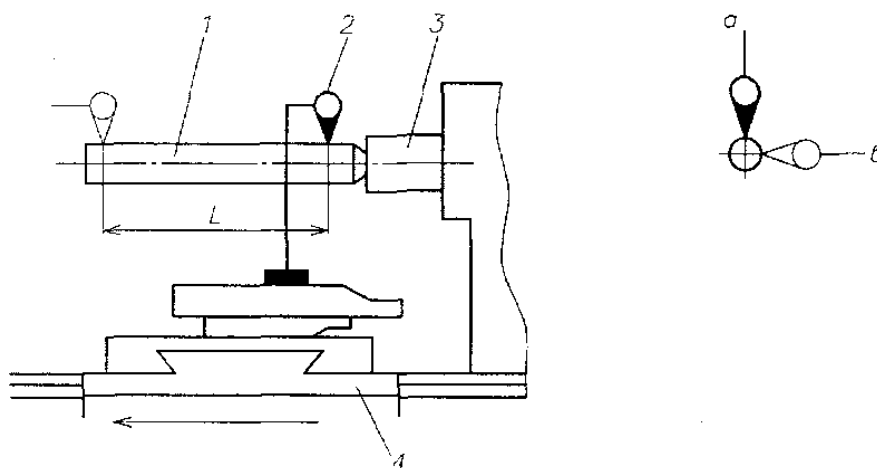
Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода *L*. Измерения проводят по двум диаметрально противоположным образующим оправки (при повороте шпинделя на 180°). Эту проверку следует проводить только для горизонтального положения индикатора.

Схема проверки параллельности оси конического отверстия пиноли задней бабки перемещению суппорта приведена на рисунке 6.6.



*a* – в вертикальной плоскости; *б* – в горизонтальной плоскости

Рисунок 6.5 – Схема проверки параллельности вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта



*a* – в вертикальной плоскости; *б* – в горизонтальной плоскости

Рисунок 6.6 – Схема проверки параллельности оси конического отверстия пиноли задней бабки перемещению суппорта

Заднюю бабку с полностью вдвинутой зажатой пинолью устанавливают на расстоянии, большем или равном диаметру  $D$  от торца шпинделя до торца пиноли и закрепляют. В отверстие пиноли  $3$  вставляют контрольную оправку  $1$  с цилиндрической измерительной поверхностью. На суппорте  $4$  устанавливают индикатор  $2$  так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к её оси перпендикулярно образующей. Суппорт перемещают в продольном направлении на длину измерения  $L$ . Проверку следует проводить только для горизонтального положения индикатора.

### Задание

Варианты заданий с моделями оборудования представлены в таблице 1.2.



### ***Перечень используемого оборудования***

Различные виды технологического оборудования, рулетка, микрокалькулятор.

### ***Порядок проведения работы***

- 1 Проводится анализ параметров и требований по выданному заданию.
- 2 Выполнить измерение радиального и торцового биения в соответствии с заданием.
- 3 Проанализировать полученные результаты.
- 4 Составить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Содержание задания согласно таблице 1.2.
- 3 Провести расчет необходимых параметров в соответствии с заданием.
- 4 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 На что влияет величина радиального и торцового биения?
- 2 Как осуществляется измерение радиального биения?
- 3 Как осуществляется измерение торцового биения?

## **7 Лабораторная работа № 7. Оценка границ устойчивости процесса резания**

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в определении границ устойчивости процесса резания на оборудование при его эксплуатации.

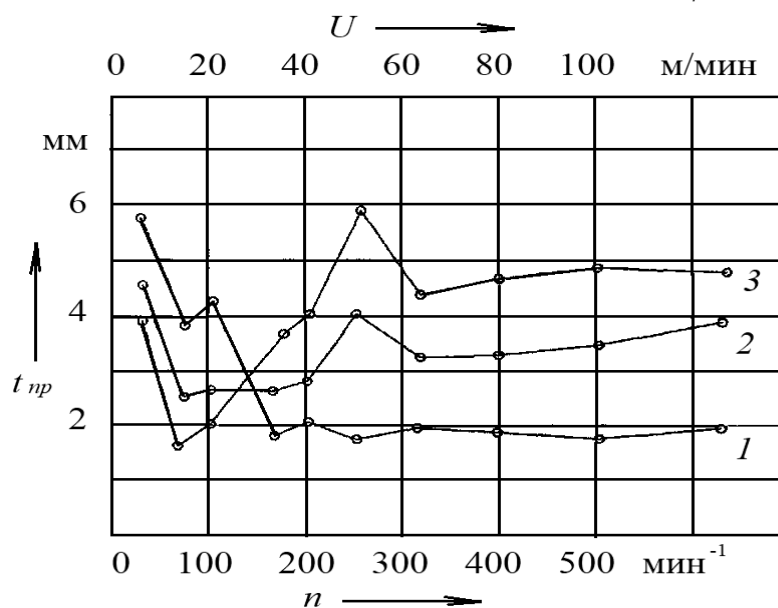
### ***7.1 Краткие теоретические сведения***

*Оценка границ устойчивости процесса резания.* Одним из важнейших критериев работоспособности станка является его виброустойчивость, т. е. способность сопротивляться возникновению автоколебаний при резании. В связи с этим в программу испытания станков при работе включена проверка границ устойчивости процесса резания, которая сводится к определению так называемой предельной стружки  $t_{np}$ , т. е. максимальной глубины резания, удаляемой без вибраций, появление которой регистрируется соответствующей аппаратурой. Для опытных образцов станков определяют зависимость  $t_{np}$  от частоты вращения шпинделя для всех характерных видов обработки и нескольких зна-

чений величин подач. Например, характерными видами обработки для токарных и токарно-винторезных станков являются продольное точение вала в центрах, обработка вала, закреплённого консольно и торцевая обработка диска. Обработку заготовки, изготовленной из стали 45, проводят проходными и подрезными резцами с пластинами из твёрдого сплава Т15К6 или ВК8. Размеры заготовок и режимы проведения каждого вида обработки назначают в соответствии с таблицей 7.1. При этом  $t_{np}$  определяют для каждого вида обработки, при каждой частоте вращения шпинделя не менее, чем при трёх значениях величин подач, приведенных в таблице 7.1.

Режимы резания и размеры заготовок, рекомендуемые для проверки границ устойчивости при токарной обработке. Определение  $t_{np}$  является довольно трудной процедурой, поскольку предельный режим работы станка по своей природе весьма неустойчив. Признаком  $t_{np}$  обычно служит появление характерного звука при работе станка и довольно резкое увеличение амплитуды относительных колебаний инструмента и заготовки, на которой при этом появляются следы вибраций.

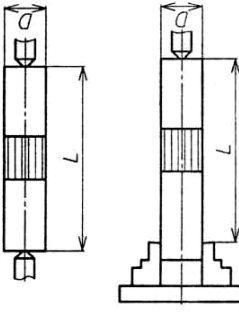
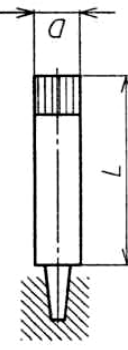
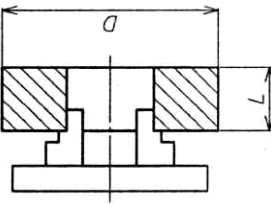
По результатам проверки строят график границ устойчивости в координатах «частота вращения шпинделя – предельная глубина резания» для каждого вида обработки и каждой величины подачи. В качестве примера на рисунке 7.1 представлен график границ устойчивости при токарной обработке вала, консольно закреплённого в шпинделе, при различных величинах подач. Полученный график устойчивости оценивают путём сравнения с лучшими образцами аналогичных станков или по производственной характеристике станка (сопоставляя границу устойчивости с другими границами использования станка, например, с производительностью).



1 –  $S = 0,07$  мм/об; 2 –  $S = 0,15$  мм/об; 3 –  $S = 0,3$  мм/об

Рисунок 7.1 – График границ устойчивости токарного станка при обработке консольно закреплённого в шпинделе вала с различными подачами  $S$

Таблица 7.1 – Размеры заготовок и режимы обработки

Наибольший диаметр заготовки, обработываемой над станиной, мм	Высота реза, мм			$L^*$ , мм			$V$ , м/мин	$S$ , мм/об	$D$ , мм	$L$ , мм				
		$V$ , м/мин	$S$ , мм/об		$D$ , мм	$L$ , мм					$V$ , м/мин	$S$ , мм/об	$D$ , мм	$L$ , мм
320	20	20...150	0,07...1,0	60... 0	600	20...150	0,07...0,3	50...60	250	250	20...120	0,12...0,3	300	90
400	25	20...150	0,1...1,0	90...110	800	20...150	0,1...0,3	60...70	300	300	20...120	0,12...0,3	360	90
500	30	20...120	0,2...1,5	110...130	1000	20...120	0,15...1,0	80...100	350	350	20...100	0,25...0,4	450	100
630	30	20...120	0,2...2,0	120...140	1200	20...120	0,15...1,0	90...110	400	400	20...100	0,25...0,6	580	100
800	40	20... 80	0,3...2,5	150...200	1600	10...80	0,25...1,3	120...140	150	150	10...80	0,4...0,8	750	120
1000	50	20... 80	0,3...2,5	200...250	2000	10...80	0,25...1,5	120...150	450	450	10...80	0,4...0,8	900	120

Испытание серийных станков проводят при установленном в процессе испытания опытного образца наименее устойчивом виде обработки и соответствующих ему величинах подачи, скорости и  $t_{np}$ . При этом станки считаются годными, если при испытании на установленных режимах процесс резания протекает устойчиво без вибрации, что определяется визуально по состоянию обработанной поверхности.

Испытания станка в работе позволяют оценить работоспособность станка при сугубо конкретных условиях обработки конкретной детали – образца, что вовсе не гарантирует того, что на других технологических режимах и условиях работы станок будет обеспечивать такую же точность.

Известно, что траектории формообразующих элементов станка являются универсальным показателем его работоспособности, однако регламентированные испытания не используют этот параметр, что ещё раз говорит о том, что существующие методы испытаний должны быть пересмотрены с позиций современной науки.

### **Задание**

Варианты заданий с моделями оборудования представлены в таблице 1.2.

### ***Перечень используемого оборудования***

Различные виды технологического оборудования, рулетка, микрокалькулятор.

### ***Порядок проведения работы***

- 1 Проводится анализ параметров и требований по выданному заданию.
- 2 Выполнить обработку заготовок в соответствии с заданием.
- 3 Проанализировать полученные результаты.
- 4 Составить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Содержание задания согласно таблице 1.2.
- 3 Провести расчет необходимых параметров в соответствии с заданием.
- 4 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Зачем необходимо определять границы устойчивости процесса резания?
- 2 Как осуществляется определение границ устойчивости процесса резания?

## Список литературы

- 1 Металлорежущие станки: учебник / В. Д. Ефремов [и др.]; под общ. ред. П. И. Ящерицына. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 696 с.
- 2 **Грановский, Г. И.** Резание металлов: учебник для машиностроительных и приборостроительных специальностей вузов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – Москва: Высшая школа, 1985. – 304 с.
- 3 Станочное оборудование машиностроительных производств: учебник: в 2 ч. / А. М. Гаврилин [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – Ч. 1. – 416 с.
- 4 Станочное оборудование машиностроительных производств: учебник: в 2 ч. / А. М. Гаврилин [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – Ч. 2. – 407 с.
- 5 **Вереина, Л. И.** Металлообрабатывающие станки : учебник / Л. И. Вереина. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 440 с.
- 6 **Мещерякова, В. Б.** Металлорежущие станки с ЧПУ: учебное пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. – Москва: ИНФРА-М, 2015. – 336 с.
- 7 **Схиртладзе, А. Г.** Ремонт технологических машин и оборудования : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Скрыбин, В. П. Борискин. – Москва: ТНТ, 2011. – 432 с.
- 8 Диагностика и надежность автоматизированных систем: учебник / Б. М. Бржозовский [и др.]; под ред. Б. М. Бржозовского. – 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 352 с.
- 9 **Тригубкин, В. А.** Наладка, эксплуатация и ремонт технологического оборудования: курс лекций: в 3 ч. / В. А. Тригубкин. – Минск: БНТУ, 2006. – Ч. 1. – 119 с.
- 10 **ГОСТ Р 2.610–2019.** Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 49 с.
- 11 **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.
- 12 Технологическое обеспечение машиностроительного производства: учебное пособие / В. А. Логвин [и др.]; под ред. Ж. А. Мрочка. – Минск: РИВШ, 2021. – 560 с.