

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ

Методические указания

к практическим работам

по курсам **«Эксплуатация технологического оборудования»**

для студентов специальности 1-36 01 03

«Технологическое оборудование машиностроительного производства»,

«Испытания и эксплуатация технологического оборудования»

для студентов специальности 1-36 01 01

«Технология машиностроения»

УДК 658.58:621.002

В методических указаниях содержится руководство по выполнению практических работ по дисциплинам «Эксплуатация технологического оборудования», «Испытания и эксплуатация технологического оборудования». Изложен теоретический материал, контрольные вопросы и индивидуальные задания по вариантам. Приведена необходимая литература для изучения материала. Для студентов специальностей 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», 1-36 01 01 «Технология машиностроения»

Составители: Ю.А. Дакало, ст. преподаватель
В.П. Горбунов, к.т.н., доцент
В.Ф. Григорьев, к.т.н., доцент

Практическая работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ФУНДАМЕНТОВ

Цель работы: изучить виды и устройство фундаментов металлорежущих станков, способы и особенности установки различных станков на фундаменты; получить практические навыки расчёта и проектирования фундаментов для металлорежущих станков.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические сведения, необходимые для расчёта и проектирования фундамента.
2. Определить требуемую высоту фундамента по формулам (1.4) и (1.5), выбрать большее значение.
3. Определить нагрузку на подошву фундамента, из уравнения (1.1) определить удельное давление на грунт.
4. Определить допустимое удельное давление на грунт и проверить выполнение условия (1.3).
5. В соответствии с исходными данными выполнить установочный чертёж станка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Назначение фундаментов и предъявляемые к ним требования

Точность и долговечность работы оборудования во многом зависит от его правильной установки на фундамент. Назначение фундамента заключается в передаче нагрузки от веса оборудования и сил инерции во время работы ближайшему слою грунта.

Фундамент должен обеспечивать:

- 1) распределение на грунт сосредоточенной силы от веса машины в соответствии с несущей способностью грунта;
- 2) заданное при монтаже положение машины;
- 3) увеличение жесткости станины машины путем включения фундамента в общую систему;
- 4) необходимую устойчивость машины при работе за счет понижения центра тяжести всей установки;
- 5) увеличение массы установки и уменьшение возможной амплитуды смещения при вибрации и ударном действии сил;
- 6) благоприятное влияние грунта как фактора, заглушающего вибрацию; защиту установленной на фундаменте машины от вредных внешних воздействий при работе окружающих машин и механизмов.

Устройство фундаментов

При устройстве фундаментов под оборудование необходимо стремиться к тому, чтобы общий центр тяжести фундамента и машины и центр тяжести площади подошвы фундамента находились на одной вертикали.

Эксцентриситет для грунтов с расчетным сопротивлением (основным допускаемым давлением) до 15 МПа должен быть не более 3%, а для грунтов с расчетным сопротивлением больше 15 МПа – не более 5% размера той стороны подошвы, в направлении которой происходит смещение центра тяжести.

Для обеспечения спокойной работы оборудования высоту фундамента нужно делать возможно меньшей и увеличивать его горизонтальные размеры, так как при этом уменьшается плечо действия горизонтальных сил и возрастает момент реактивного сопротивления грунта.

Фундаменты под оборудование необходимо отделять от надземных и подземных соседних конструкций путем устройства зазора по всему периметру величиной не менее 0,5 м. Связь или соприкосновение конструкций сооружений с фундаментами оборудования может допускаться лишь для фундаментов под оборудование небольшой мощности (электровентиляторов и т. п.).

Передача колебаний от фундамента происходит через грунт. Излишнее заглубление подошвы фундамента оборудования не может остановить колебания, если они возникли.

Подошву фундамента следует располагать на одной отметке. При необходимости выравнивания подошвы котлована допускается устройство подушек из утрамбованного песка, щебня, гравия или тощего бетона, заполняющих отдельные углубления под подошвой фундамента.

Различная глубина заложения рядом стоящих фундаментов допускается при условии, чтобы угол между вышележащим и нижележащим основаниями не превышал угла естественного откоса грунта.

Подготовка под фундаменты оборудования устраивается, как правило, при сооружении фундаментов на влажных и насыщенных водой грунтах. Подготовка выполняется из щебня и крупного гравия, втрамбованного в грунт, с последующей поливкой раствором или из бетона низких марок. Толщина подготовки принимается обычно равной 100—200 мм.

Определение основных размеров фундаментов

Размеры и форма верхней части фундамента назначаются исходя из размеров и конфигурации подошвы станины. При этом форму фундамента в плане упрощают.

Площадь основания фундамента определяется по формуле [1]:

$$F = \frac{Q}{\sigma_z}, \text{ м}^2, \quad (1.1)$$

где Q – нагрузка на подошву фундамента (слагается из силы тяжести фундамента, запылки над его обрезами, установленного оборудования и наиболее тяжелой обрабатываемой на станке детали), Н;

σ_z – удельное давление на грунт, Па.

Масса фундамента металлорежущего станка при этом может быть приблизительно определена по следующей эмпирической формуле:

$$m_{\text{ф}} = k_{\text{ф}} \cdot m_{\text{ст}}, \quad (1.2)$$

где $m_{\text{ст}}$ – масса станка;

$k_{\text{ф}}$ – коэффициент (для станков со статической нагрузкой обычно берется в пределах от 0,6 до 1,5, а для станков со значительной динамической нагрузкой – 2-3).

Величина удельного давления на грунт σ_z определяется из условия:

$$\sigma_z \leq [\sigma_z] = \alpha \cdot R, \text{ МПа}, \quad (1.3)$$

где R – расчетное сопротивление основания (основное допустимое давление на грунт при действии только статической нагрузки) (приложение, таблицы 1П, 2П, 3П), МПа.

α – коэффициент уменьшения, учитывающий вид динамического воздействия на фундамент (для металлорежущих станков $\alpha=0,8-1$).

Высота фундамента H и для большинства машин, например, металлорежущих станков, глубина его заложения определяется исходя из массы фундамента $m_{\text{ф}}$ и площади F в плане, а также удельного веса материала фундамента γ по формуле (1.4) или берутся с учетом длины фундаментных болтов.

$$H = \frac{m_{\text{ф}} \cdot g}{F \cdot \gamma}, \text{ м}, \quad (1.4)$$

где γ – удельная масса материала фундамента (для бетона $\gamma=2200\text{--}2500$ кг/м³, для бутобетона $\gamma=1880\text{--}2200$ кг/м³);

g – ускорение свободного падения, м/с².

Расстояние от нижних концов анкерных болтов до подошвы фундамента или верха проема в фундаменте должно быть не менее 15 см.

Глубина заложения фундамента под оборудование, устанавливаемое на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях, должна быть не менее глубины промерзания грунта.

Фундаменты под крупное оборудование, а также значительно ослабленные отверстиями, выемками и шахтами подвергаются дополнительному расчету на прочность по формулам строительной механики и нормам проектирования железобетонных конструкций.

Фундаменты под оборудование с динамическими нагрузками, кроме того, дополнительно рассчитывают на предельные колебания [3]. Предельная допустимая величина амплитуды колебаний фундамента A_d должна быть больше наибольшей ожидаемой величины амплитуды колебаний верхнего обреза фундамента A ($A < A_d$).

При определении амплитуды колебаний фундамента коэффициенты упругого равномерного сжатия для естественных оснований C_2 устанавливаются путем испытания грунта, а при отсутствии данных испытаний принимаются в зависимости от величины основного расчетного сопротивления грунта R по таблицам [1,2].

ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Устройство фундаментов

Основанием для фундаментов под станки, не чувствительные к неравномерным осадкам, может служить грунт с расчетным сопротивлением (допускаемым давлением) более 10 МПа.

В целях уменьшения высоты фундамента могут применяться песчаные подушки.

В зависимости от конструкции станков, требующей в той или иной мере увеличения жесткости и массы станины, наиболее распространена установка станков на фундаментах трёх типов:

- 1) бетонные полы первого этажа (общая плита цеха) (рисунок 1.1, а);
- 2) утолщённые бетонные ленты (ленточные фундаменты) (рисунок 1.1, б);
- 3) специально проектируемые фундаменты (индивидуальные или групповые) обычного типа (рисунок 1.1, в), свайные (рисунок 1.1, г), виброизолированные на резиновых ковриках (рисунок 1.1, д) или на пружинах (рисунок 1.1, е).

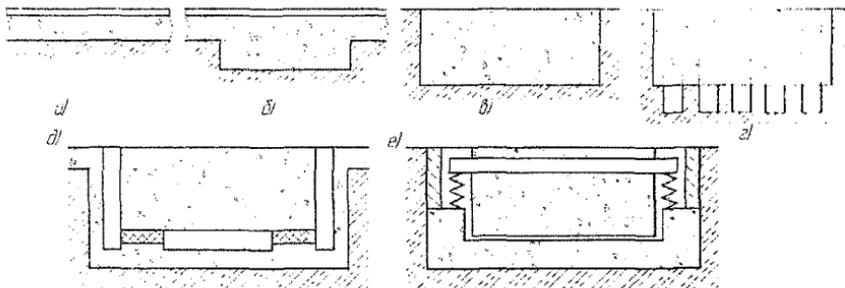


Рисунок 1.1 – Фундаменты под металлорежущие станки

Станки нормальной точности, кроме долбежных и поперечно-строгальных, имеющие жесткую станину и относительно небольшой вес (до 8 т), устанавливают на общее бетонное полотно цеха.

Точные и тяжелые станки, а также станки, работающие с большими динамическими нагрузками и повышенной вибрацией при работе (продольно-строгальные, долбежные и пр.), устанавливают на индивидуальные фундаменты (рисунок 1.2).

Высоту фундамента в зависимости от действующих на него нагрузок, определяют по эмпирической формуле:

$$H = K \cdot \sqrt{L}, \text{ м}, \quad (1.5)$$

где L – длина фундамента, м;

K – эмпирический коэффициент (таблица 1.1).

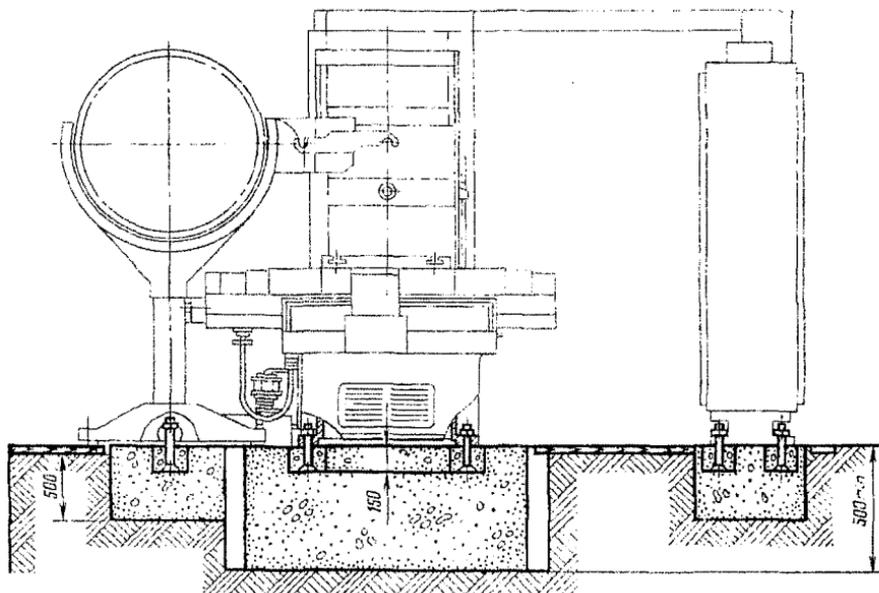


Рисунок 1.2 – Индивидуальный фундамент под многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ модели 2204ВМФ2

Таблица 1.1 – Эмпирический коэффициент К

Наименование станков	Коэффициент К
Токарные, горизонтально-протяжные	0,3
Зуборезные, карусельные, вертикальные полуавтоматы и автоматы, карусельно-фрезерные, фрезерные вертикальные и горизонтальные, расточные со столом	0,6
Шлифовальные	0,4
Продольно-строгальные, продольно-фрезерные, расточные на колонне	0,3
Поперечно-строгальные, радиально-сверлильные, долбежные, вертикально-протяжные	1,0 - 2,0

Для прецизионных станков высоту фундамента увеличивают дополнительно на 20%.

Под легкие (весом до 4 т) фрезерные, зуборезные и сверлильные станки высота бетонного фундамента принимается 250 мм.

Бетонные фундаменты под станки весом более 12 т, а также под станки с повышенными динамическими нагрузками (долбежные, поперечно-строгальные и т. п.) армируются сеткой с квадратными ячейками 150x150 мм из круглой стали диаметром 6-8 мм, укладываемой под подошвой станины на расстоянии 20-30 мм от верхней грани фундамента.

Фундаменты длиной более 5 м часто армируются двумя сетками с квадратными ячейками 150x150 мм, по верху и у подошвы фундамента; диаметр стержней верхней сетки 8-10 мм, нижней – 10-16 мм, а для крупных станков – по расчету.

Фундаменты следует сооружать сплошными под всей площадью подошвы станины. Под вспомогательные приспособления станка, не связанные непосредственно с его конструкцией, фундаменты могут выполняться отдельными и не связываться с фундаментом станка (например, фундаменты под опоры для поддержки прутков в револьверных станках, для поддержки металла в калибровочных и протяжных станках, под инструментальные магазины станков с ЧПУ (рисунок 2.2).

Для длинных станин желательны подливка цементным раствором и крепление одного конца или середины станины к фундаменту с установкой остальной части на регулируемых башмаках.

Крупные станки с длинными станинами обычно не имеют необходимой жесткости станин (по высоте). Они часто состоят из нескольких составных частей, соединенных по плоскостям стыка значительным числом болтов, шпонок, штифтов, что не дает равнопрочных соединений. Это вынуждает устраивать для таких станков отдельные прочные и жесткие фундаменты, компенсирующие недостаточную жесткость станины.

Расстояние от грани колодцев для анкерных болтов до грани фундамента должно быть не менее 120 мм, а расстояние от грани опор станины до грани фундамента – не менее 100 мм.

При установке станков на бетонный подстилающий слой пола цеха и нагрузке от станков 5 т/м² и более, бетонный подстилающий слой рекомендуется армировать двойной сеткой из стержней диаметром 10 мм с квадратными ячейками 150x150 мм. Толщина бетонного подстилающего слоя пола принимается в этом случае не менее 200 мм.

Материалы для фундаментов под станки

Материалами для сооружения фундаментов под станки являются бетон, бутобетон и кирпич.

Для фундаментов под станки применяется бетон марки не ниже 75 и бутобетон из бутового камня марки не ниже 200 на бетоне марки 75, а для армированных фундаментов – бетон марки не ниже 100.

Кирпичные фундаменты могут быть применены для легких (весом до 4 т) станков. Высота кирпичных фундаментов должна быть не менее 0,5 м.

Бетонные фундаменты изготовляют из жесткого бетона со щебнем твердых каменных пород в качестве крупного заполнителя.

При заложении фундамента выше уровня грунтовых вод заполнителем может служить кирпичный щебень.

Количество бутового камня, добавляемого в бетон, не должно превышать 40% объема бетонного массива. Размеры камня должны быть не более 200—250 мм. В фундаментах, имеющих много узких мест, затрудняющих укладку, количество камня уменьшают до 20—25%.

Для ленточных фундаментов целесообразно применение вязких бетонов, способных давать более значительные деформации без разрывов. Простейшей добавкой для получения вязкого бетона может служить обыкновенная глина при условии увеличения расхода цемента на 20%.

Установка станка на фундамент

Установка станков на фундаменте может осуществляться следующими способами:

- с креплением анкерными болтами с подливкой опорной поверхности станины цементным раствором (рисунок 1.3, а) или на регулируемых опорных элементах (винтовых или клиновых) без подливки (рисунок 1.3, б);
- без крепления болтами с подливкой опорной поверхности станины цементным раствором (рисунок 1.3, в);
- без крепления болтами и без подливки на жестких металлических регулируемых опорных элементах (рисунок 1.3, г);
- на упругих опорах (например, резинометаллических) (рисунок 1.3, д).

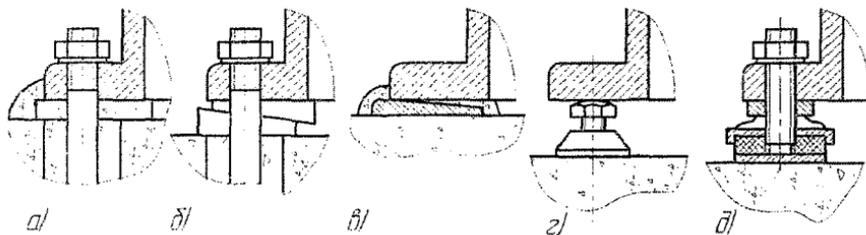


Рисунок 1.3 – Способы установки станка на фундамент

При установке на фундамент станок должен быть выверен по уровню. Выверка станка производится с применением клиньев (рисунок 1.3, б). Легкие станки выверяют при помощи трех клиньев. Иногда вместо клиньев применяют набор плоских металлических пластин. Станки для точных работ, имеющие значительные размеры и не обладающие достаточной жесткостью станин, устанавливают на регулируемых клиньях или башмаках. При этом должна быть обеспечена удобная регулировка всех установочных клиньев для периодической выверки станка. Чтобы не препятствовать регулировке, станина не должна заливаться раствором.

Высокоточные станки с жесткой станиной, обеспечивающей восприятие всех нагрузок, возникающих при работе станка, должны быть установлены таким образом, чтобы все деформации от действия внешних сил (неравномерность осадки фундамента, периодические деформации основания от действия переменных нагрузок крановых устройств в цехе и т. д.) не передавались от фундамента к станине и не нарушали точности станка. С этой целью такие станки устанавливают на три опорные точки.

Отдельные конструкции станков в самой станине имеют подъемные (установочные) винты.

Для свободной перестановки станков с площади цеха применяют монтажные полы, состоящие из заложённых в бетоне нескольких рядов балок, швеллеров и литых деталей, образующих Т-образные пазы для крепления у них станков с прямоугольными головками. Недостатком монтажных полов является неизменное расстояние между пазами, затрудняющее установку новой машины, если расстояние между отверстиями в станине нового станка не одинаково с расстоянием между пазами.

Для быстрой и правильной посадки тяжелых станков и оборудования на фундамент, а также и в тех случаях, когда оборудование состоит из нескольких частей, требующих точной установки одной части относительно другой, применяют закладные монтажные рамы из жестких профилей.

Для установки точных станков применяют фундаментные монтажные плиты. Между монтажными плитами и опорными плоскостями прецизионных станков вводят дополнительно подъемные винты или башмаки.

Минимальный зазор между поверхностью фундамента и опорами станка должен быть не менее 50—70 мм. Величина зазора зависит от ширины опорной площади станины. Чем она больше, тем больше должен быть зазор. После выверки станка монтажный зазор должен быть забетонирован. Процесс бетонирования монтажных зазоров называется подливкой станины. Для подливки станины применяют пластичный бетон. Марка бетона в подливке желательна не менее 100. Когда для подливки оставляется зазор менее 50 мм, приходится применять растворы. Обычно для подливки станков применяют малоусадочные растворы (состава 1:4:5) на цементах марки 400-500.

В тех случаях, когда необходимо почти полностью устранить усадку раствора или бетона, рекомендуется применять гипсоглиноземистый расширяющийся цемент, состоящий из высокоглиноземистого шлака (70%) и природного двухводного гипса (30%).

При подливке станины вокруг опорной ее части делают деревянную рамку. Пространство, образованное рамкой, заполняют литым бетоном, подливают последний под подошву станка и образуют вокруг станины борт, препятствующий смещению станка.

Наиболее надежным способом закрепления станков является их крепление к фундаменту анкерными болтами. Болты могут быть постоянными (глухими) (рисунок 1.7) и съёмными (рисунок 1.8).

Для упрощения монтажа иногда фундамент сооружают без заделки в них болтов, а в нужных местах оставляют специальные колодцы. Болты вставляют в отверстия станины, при опускании в колодцы придают им нужное положение, а затем заливают цементным раствором.

Во избежание деформации при затягивании болты диаметром менее 14 мм обычно не применяются.

Для соблюдения условия равнопрочности на разрыв и на выдергивание необходимо, чтобы болт с крючком на конце был заделан в бетон на глубину 15-20 диаметров (в зависимости от качества бетона).

К фундаментам и перекрытиям станины крепятся с учетом следующих требований:

– станки, для которых по характеру обработки недопустима вибрация, необходимо обязательно крепить анкерными болтами;

– станки с возвратно-ступательным движением должны быть закреплены болтами, если отношение веса станка к величине усилия, действующего на стол, для чистовых работ составляет не менее 6 и для грубых работ – не менее 4-5;

– токарные станки крепятся болтами, если отношение веса станка к горизонтальной силе составляет при чистовой обработке менее 3 и при обдирке менее 2,5;

– сверлильные станки с массивными станинами могут не крепиться болтами.

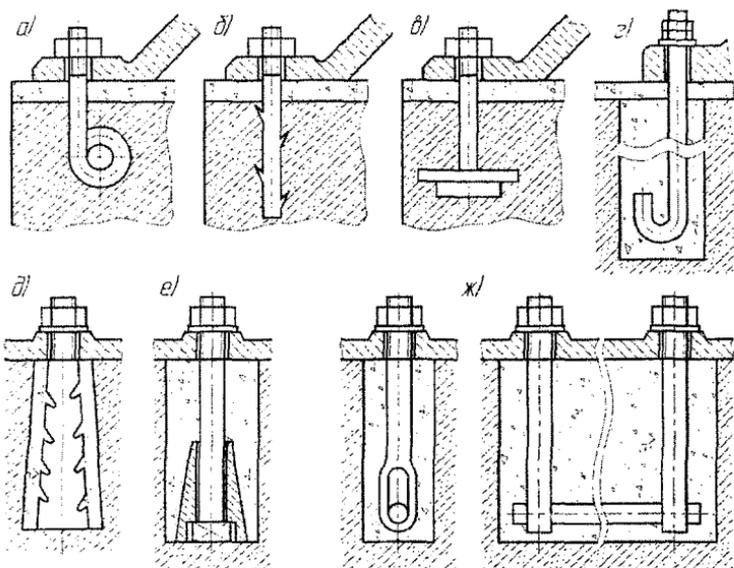


Рисунок 1.7 – Конструкции болтов, закладываемых в кладку фундаментов наглухо

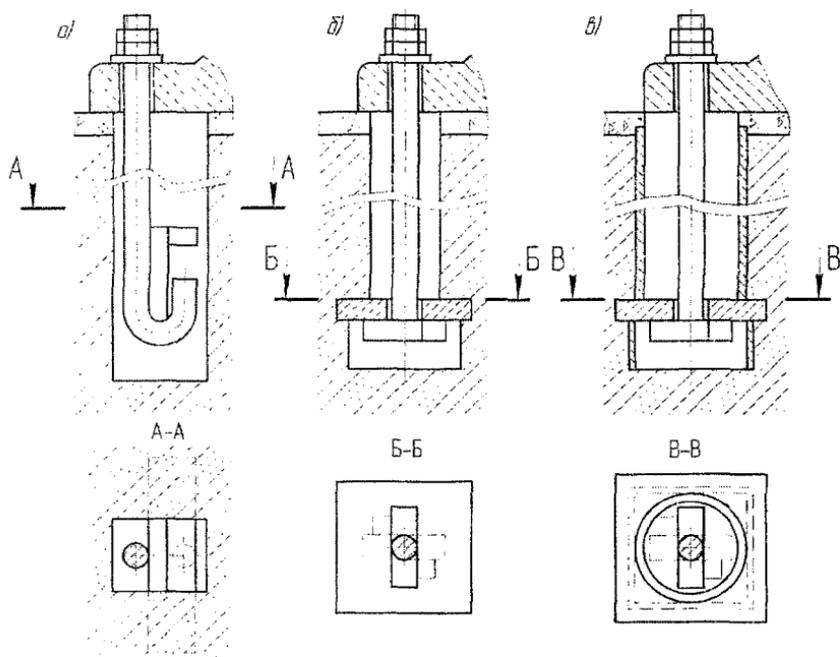
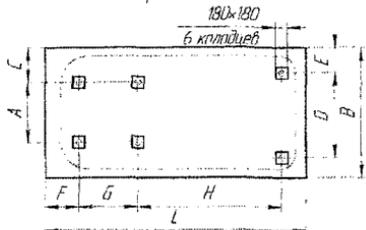


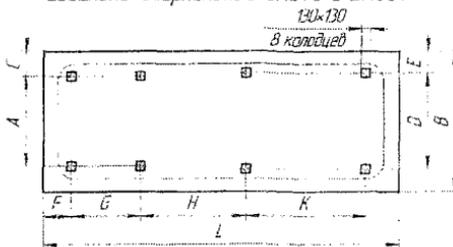
Рисунок 1.8 – Конструкции съёмных фундаментных болтов

Радиально-сверлильные 2М55 и 2М57



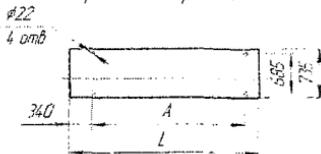
Модель	L	A	B	C	D	E	F	G	H
2М55	2800	640	1450	405	700	375	300	625	1680
2М57	3900	900	1950	525	1270	380	500	875	2755

Радиально-сверлильные 2А576 и 2А587



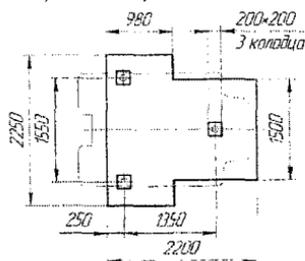
Модель	L	A	B	C	D	E	F	G	H	K
2А576	4750	1000	2525	262	1180	172	300	905	870	930
2А587	5700	1125	2700	440	1440	330	420	1030	1580	1780

Токарно-винторезный 16К20

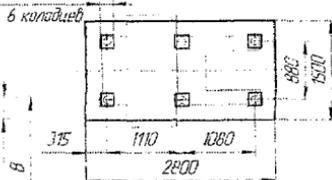


РЧЛ, мм	Масса, кг	L, мм	A, мм
710	2835	2740	1600
1000	3005	2430	1890
1400	3225	2830	2290
2000	3665	3430	2890

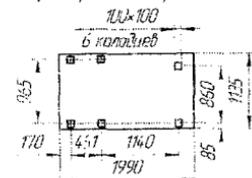
Координатно-расточной 2А450



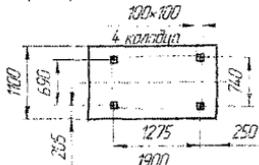
Фрезерно-сверлильно-расточной 69Б04ПМФ2



Токарно-револьверный 1П7365



Фрезерный с ЧПУ 6Р13Ф3



Токарный с ЧПУ 1П732Ф4

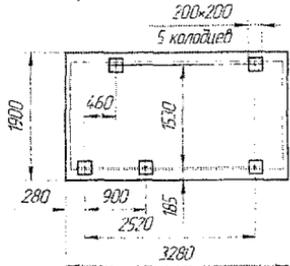


Рисунок 1.9 – Планы фундаментов некоторых станков

Содержание отчёта по практической работе

1. Классификация фундаментов.
2. Определение высоты фундамента и проверочные расчёты.
3. Установочный чертёж станка.

Таблица 1.2 – Исходные данные

Вариант	Модель станка	Масса, кг	Грунт	Тип фундамента (рисунок 1.1)	Конструкция болтов (рисунок 1.7)
1	2М55	4800	супесь	в	а
2	2М57	10500	песок крупный	г	б
3	16К20	2835	щебенистый	в	г
4	2А450	7300	суглинок	д	д
5	69Б04ПМФ2	5970	песок мелкий маловлажный	е	е
6	16К20	3005	гравийный из кристаллических пород	г	а
7	2А576	12000	глина	в	б
8	2А587	18000	песок мелкий влажный	г	г
9	1П365	3900	песок пылеватый маловлажный	в	д
10	16К20	3225	супесь	д	е
11	6Р13Ф3	4450	песок пылеватый влажный	е	а
12	1П732Ф4	10500	щебенистый	д	б
13	16К20	3685	гравийный из осадочных пород	в	г
14	2М55	4800	песок крупный	г	д
15	2М57	10500	щебенистый	в	е
16	16К20	2835	суглинок	г	а
17	2А450	7300	песок мелкий маловлажный	е	б
18	69Б04ПМФ2	5970	гравийный из кристаллических пород	д	г
19	16К20	3005	глина	в	д
20	2А576	12000	песок мелкий влажный	г	е
21	2А587	18000	песок пылеватый маловлажный	в	д
22	1П365	3900	супесь	г	е
23	16К20	3225	песок пылеватый влажный	е	а
24	6Р13Ф3	4450	щебенистый	д	б
25	1П732Ф4	10500	гравийный из осадочных пород	е	г
26	16К20	3685	супесь	г	д
27	69Б04ПМФ2	5970	супесь	г	е
28	6Р13Ф3	4450	суглинок	г	в

Примечание: Материал фундамента принять: для нечётных вариантов – бетон; для чётных – бутобетон.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен фундамент?
2. Какие требования предъявляются к фундаментам?
3. Как определяется высота фундамента?
4. Какие существуют типы фундаментов?
5. В каких случаях станки устанавливают на общее бетонное полотно цеха?
6. Для каких станков применяют индивидуальные фундаменты?
7. Какие материалы применяют для фундаментов под станки?
8. Какие бывают способы установки станков на фундаменте?
9. Какие болты применяются для закрепления станков?
10. Какие требования предъявляются при закреплении станин?

Практическая работа №2

ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ. РАСЧЁТ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Цель работы: изучить виды и способы виброизоляции оборудования; получить практические навыки расчёта пружинных и резиновых виброизоляторов.

Порядок выполнения работы

1. Изучить виды и способы виброизоляции оборудования.
2. В соответствии с исходными данными определить размеры цилиндрических пружин виброизоляторов.
3. В соответствии с исходными данными определить число и размеры резиновых виброизоляторов.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Передача возникающей при работе оборудования вибрации на соседние станки, машины, конструкции зданий и сооружений может быть значительно уменьшена при помощи виброизоляции.

Виброизоляцию подразделяют на *активную* и *пассивную*.

Под *активной виброизоляцией* понимается виброизоляция машин с периодической возмущающей силой и машин ударного действия (штамповочные и ковочные молоты) с целью уменьшения колебаний конструкций или оснований, на которых помещаются другие расположенные поблизости машины.

Под *пассивной виброизоляцией* понимается виброизоляция станков и другого оборудования, чувствительного к сотрясениям, с целью уменьшения вибраций, передающихся от поддерживающих конструкций к виброизолируемым объектам.

Для активной и пассивной виброизоляции машин, станков, приборов и пр. применяются виброизоляторы из стальных пружин и прокладки из упругих материалов.

Эффективное ослабление вибраций низкой частоты (ниже 25-30 колебаний в секунду) в большинстве случаев возможно лишь с помощью виброизоляторов из стальных пружин.

Пружинные виброизоляторы могут применяться для ослабления колебаний как низких, так и высоких частот; они допускают большой упругий прогиб, весьма долговечны, хорошо противостоят действию масел и высокой температуры и относительно малогабаритны. Поэтому для виброизоляции оборудования с низкими частотами возмущающих сил их следует предпочесть всякого рода прокладкам из упругих материалов.

Применение *виброизоляционных устройств* без расчёта не рекомендуется, так как это может привести к тому, что частоты собственных колебаний изолируемого объекта будут недостаточно низки по сравнению с частотами вынужденных колебаний и эффективность виброизоляции окажется недостаточной. При отношении частоты вынужденных колебаний к частоте собственных колебаний, близком к 1, виброизоляционные устройства вместо пользы приносят вред.

При расчете виброизоляции для машин с периодической возмущающей силой производится:

а) подбор основных параметров виброизоляции, к которым относятся величины массы (а в общем случае и моменты инерции массы) изолируемой установки, величины жесткости и демпфирующие свойства виброизоляторов (свойства, вызывающие затухание колебаний);

б) определение размеров упругих элементов в виброизоляторах (пружин и резиновых элементов).

Кроме того, для общего случая, когда изолируемый объект совершает вращательные колебания, проверяются:

а) частоты собственных вращательных колебаний изолируемой установки;

б) величины амплитуд вынужденных колебаний изолируемой установки, а также вычисляются возмущающие силы, передающиеся на поддерживающую конструкцию.

Виброизоляторы устанавливаются:

а) непосредственно под корпусом машины;

б) под жестким постаментом или заменяющим его фундаментом, на котором крепится изолируемая машина (рисунок 2.1).

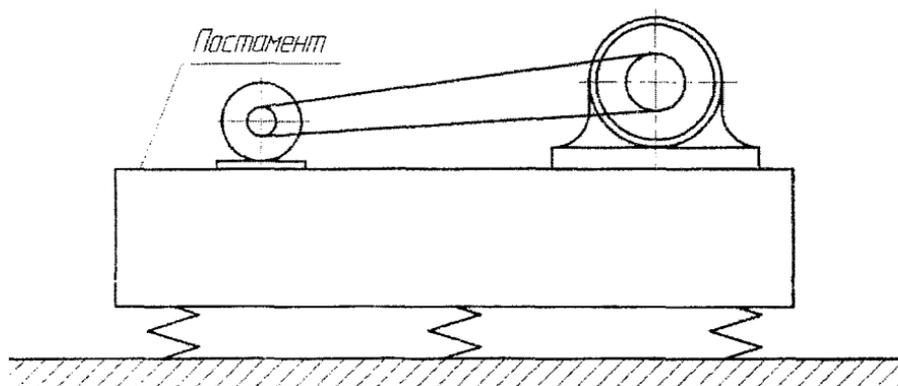


Рисунок 2.1 – Опорный вариант виброизоляции

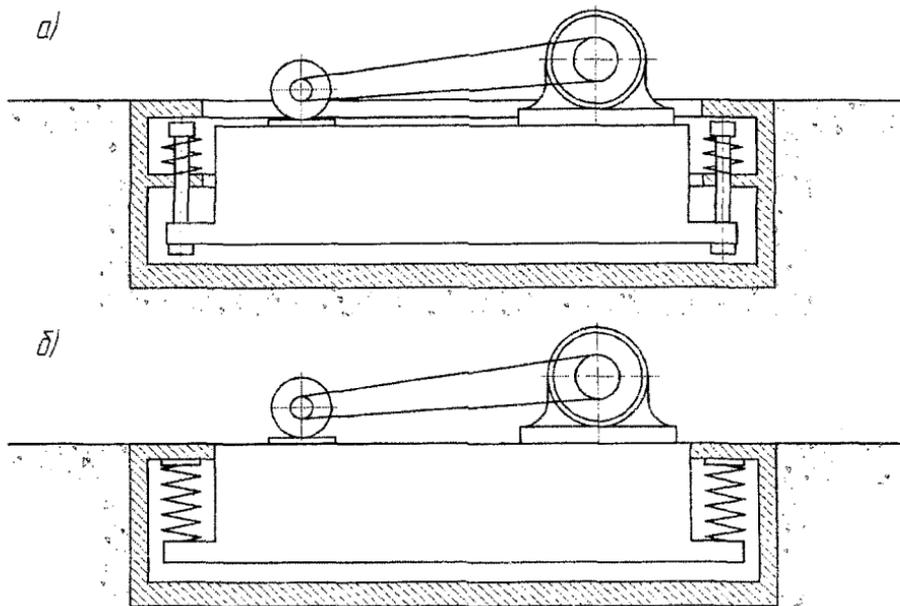
При выборе конструктивной формы постамент под изолируемую машину следует стремиться к уменьшению расстояния между центром тяжести *всей* установки и линией действия возмущающей силы. Сокращение этого расстояния уменьшает амплитуды вращательных колебаний машины.

Расположение виброизоляторов влияет на частоты собственных вращательных колебаний изолируемой машины (удаление виброизоляторов от центра тяжести изолируемой установки как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении повышает, а приближение их понижает частоты собственных вращательных колебаний).

Виброизоляция может быть осуществлена также в виде упругой подвески, когда изолируемый объект подвешивается на закрепленных выше подошвы постамент виброизоляторах, работающих на сжатие (рисунок 2.2, а) или на растяжение (рисунок 2.2, б).

При изоляции машины с фундаментом, заглубленным в грунт, необходимо устройство ограждающего короба (хорьга), внутри которого размещаются фундамент и виброизоляторы (рисунки 2.2).

Располагать виброизоляторы следует с учетом удобства их монтажа и замены, а также наблюдения за их состоянием в процессе эксплуатации. При устройстве виброизоляционных установок необходимо предусмотреть зазоры или проходы, обеспечивающие доступ ко всем виброизоляторам.

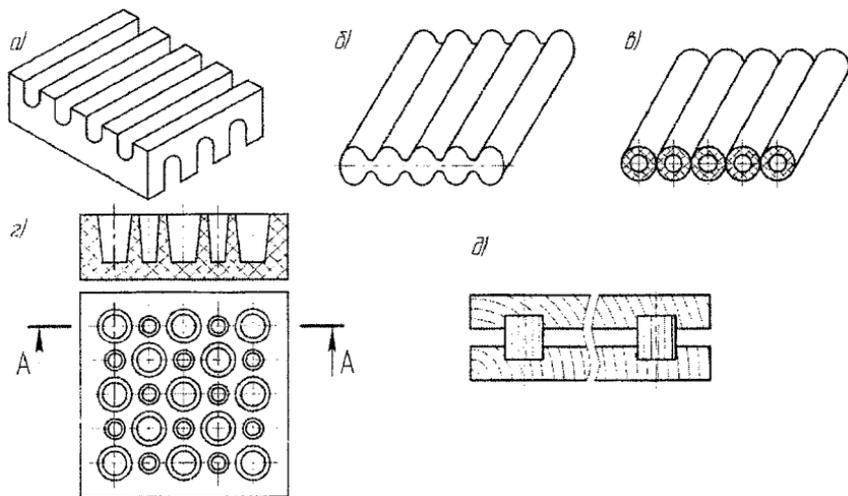


а — работающими на сжатие; б — работающими на растяжение
Рисунок 2.2 — Виброизоляция с подвесными стержнями и пружинами

При применении виброизоляторов из резины необходимо учитывать, что резина малосжимаема и что сжатие или растяжение куска резины происходит только за счёт боковых деформаций. Поэтому резиновые прокладки должны иметь форму, допускающую свободное выдавливание резины в стороны, например форму ребристых или дырчатых пластин (рисунок 2.3).

При установке машины на большом куске листовой резины резина осаживается очень мало, так как боковая деформация её затруднена, поэтому такая установка машины мало отличается от жёсткой. Если для прокладок используется листовая резина, то каждая прокладка должна быть выполнена в виде элемента, ширина которого не должна превышать толщины более чем в 4 раза, что позволит резине раздаваться в стороны.

Сжатие пробки и войлока происходит за счёт внутренних пор в материале, поэтому такие прокладки можно укладывать под машиной в виде сплошных листов.



а – ребристая; *б* – прессованная резина;
в – резиновые цилиндры в виде ковра; *г* – листовая; *д* – резиновые цилиндры
Рисунок 2.3 – Резиновые прокладки

Когда затухание колебаний в виброизоляторах из одних стальных пружин недостаточно, применяются комбинированные виброизоляторы, состоящие из стальных пружин и резиновых элементов [1, 2].

Порядок расчёта виброизоляторов

Расчёт цилиндрических пружин виброизоляторов осуществляется в следующем порядке:

1) определяется частота возмущающей силы:

$$f_0 = \frac{n}{60}, \text{ Гц}; \quad (2.1)$$

где n – частота вращения рабочего органа машины, мин^{-1} ;

2) определяется круговая частота возмущающей силы:

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0, \text{ с}^{-1}; \quad (2.2)$$

3) определяется амплитуда поступательных вертикальных колебаний установки:

$$a_{0z} = \frac{P_z}{m \cdot \omega_0^2}, \text{ м}, \quad (2.3)$$

где P_z – величина возмущающей силы в вертикальном направлении, Н;

4) определяется круговая частота собственных вертикальных колебаний установки:

$$\omega_z = \frac{\omega_0}{\alpha}, \text{ с}^{-1}, \quad (2.4)$$

где $\alpha \geq 4$ – отношение круговой частоты вынужденных колебаний (круговой частоты возмущающей силы) ω_0 к круговой частоте собственных вертикальных колебаний ω_z установки;

5) определяется общая жёсткость всех пружинных виброизоляторов в вертикальном направлении:

$$K_{zn} = m \cdot \omega_z^2, \text{ Н/м}, \quad (2.5)$$

где m – масса изолируемой установки, кг;

6) определяется жёсткость одной пружины в вертикальном направлении:

$$K'_{zn} = \frac{K_{zn}}{n}, \text{ Н/м}, \quad (2.6)$$

где n – число пружин (выбирается исходя из соображений удобства их размещения и установки);

7) сила тяжести всей установки Q , равная сумме сил тяжести изолируемой машины и постаменты, определяется по формуле:

$$Q = m \cdot g, \text{ Н}, \quad (2.7)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

8) статическая нагрузка на одну пружину определяется по формуле:

$$P'_{ст} = \frac{Q}{n}, \text{ Н}; \quad (2.8)$$

9) динамическая нагрузка, передаваемая на одну пружину при рабочем режиме изолируемой машины, определяется по формуле:

$$P'_{дин} = a_{oz} \cdot K'_{zn}, \text{ Н}; \quad (2.9)$$

10) определяется расчётная нагрузка на одну пружину:

$$P' = P'_{ст} + 1,5 \cdot P'_{дин}, \text{ Н}, \quad (2.10)$$

где 1,5 – коэффициент, учитывающий усталостные явления материала пружины;

11) принимается индекс пружины:

$$c = \frac{D}{d} = 4 \dots 10, \quad (2.11)$$

где D – средний диаметр пружины, мм;

d – диаметр прутка пружины, мм;

12) допустимое напряжение на сдвиг материала пружин определяется по формуле:

$$\tau = \frac{\tau_s}{k_0}, \text{ МПа}, \quad (2.12)$$

где τ_s – предел текучести при сдвиге (для пружинной стали $\tau_s=600$), МПа;
 k_0 – коэффициент запаса ($k_0=1,5\dots 2,0$);

13) диаметр прутка для пружины определяется по формуле:

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P \cdot C}{\tau}}, \text{ мм}, \quad (2.13)$$

где K – коэффициент, определяемый по графику (рисунок 2.3);

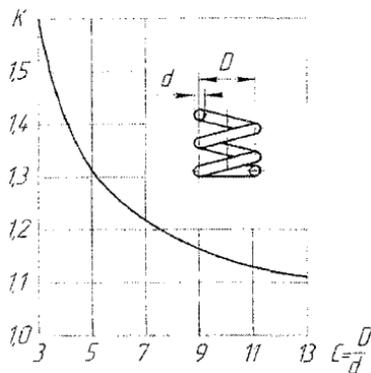


Рисунок 2.3 – График для определения коэффициента K

Примечание: Полученное значение d округляется до стандартного из ряда, мм:
 0,5; 0,56; 0,6; 0,63; 0,71; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1;
 1,2; 1,25; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2;
 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8;
 5,0; 5,5; 5,6; 6,0; 6,2; 6,3; 6,5; 7,0; 7,1; 7,5;
 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11,0; 11,2; 11,5;
 12,0; 12,5; 13,0; 14,0.

14) средний диаметр пружины определяется по формуле:

$$D = C \cdot d, \text{ мм}; \quad (2.14)$$

15) определяется число рабочих витков пружины:

$$i = \frac{1000 \cdot G \cdot d}{8 \cdot K'_{zn} \cdot C^3}, \quad (2.15)$$

где G – модуль упругости при сдвиге (для пружинной стали $G=7,85 \cdot 10^4$), МПа;

16) определяется число всех витков пружины:

$$i_1 = i + i_2, \quad (2.16)$$

где i_2 – число мёртвых витков пружины ($i_2=1,5$ при $i < 7$ и $i_2=2,5$ при $i > 7$);

17) определяется шаг пружины:

$$h = (0,25 \dots 0,5)D, \text{ мм}; \quad (2.17)$$

18) определяется высота ненагруженной пружины:

$$H_0 = i \cdot h + (i_2 - 0,5) \cdot d, \text{ см}. \quad (2.18)$$

Примечание: При расчёте пружин, работающих на сжатие, $H_0/D \leq 2$.

Расчёт резиновых виброизоляторов осуществляется в следующем порядке:

1) определяется площадь поперечного сечения виброизоляторов:

$$F_p = \frac{Q_p}{\sigma}, \text{ мм}^2, \quad (2.19)$$

где Q_p – нагрузка, приходящаяся на все виброизоляторы, Н;

σ – расчётное статическое напряжение в резине, отнесённое к площади недеформированного элемента (приложение, таблица 4Г), МПа;

2) определяется общая жёсткость всех резиновых виброизоляторов в вертикальном направлении:

$$K_{zp} = m \cdot \omega_z^2, \text{ Н/м}, \quad (2.20)$$

где m – масса изолируемой установки, кг;

3) определяется рабочая высота виброизолятора:

$$H_{ip} = \frac{E_d \cdot F_p}{K_{zp}}, \text{ м}, \quad (2.21)$$

где E_d – динамический модуль упругости резины (приложение, таблица 4Г), МПа;

4) число виброизоляторов и их поперечный размер определяются путём подбора:

– для виброизоляторов квадратного сечения

$$n \cdot b^2 \approx F_p, \quad (2.22)$$

где n – число виброизоляторов;

b – сторона квадрата виброизолятора, мм;

– для виброизоляторов круглого сечения

$$0,785 \cdot n \cdot D^2 \approx F_p, \quad (2.23)$$

где D – диаметр виброизолятора, мм.

Примечания: 1. Поперечный размер виброизолятора b или D рекомендуется выбирать с соблюдением условия $H_{ip} \leq b$ (или D) $\leq (1,5-8)H_{ip}$.

2. У широких резиновых виброизоляторов с малой высотой рабочая высота H_{ip} будет составлять незначительную часть полной высоты H_p , поэтому виброизолятор даже из мягкой резины будет очень жёстким. По этой причине рекомендуется применять для виброизоляции рифленые или перфорированные резиновые пластины;

5) число виброизоляторов должно находиться в пределах:

– для виброизоляторов квадратного сечения

$$\frac{F_p}{64 \cdot H_{ip}^2} < n < \frac{F_p}{H_{ip}^2}, \quad (2.24)$$

– для виброизоляторов круглого сечения

$$\frac{1,27 \cdot F_p}{64 \cdot H_{ip}^2} < n < \frac{1,27 \cdot F_p}{H_{ip}^2}; \quad (2.25)$$

6) полная высота виброизолятора определяется по формуле:

$$H_p = H_{ip} + \frac{b \text{ (или } D)}{8}, \text{ мм}. \quad (2.26)$$

Содержание отчёта по практической работе

1. Виды виброизоляции.
2. Схема установки пружинных виброизоляторов.
3. Расчёт размеров цилиндрических пружин виброизоляторов.
4. Расчёт числа и размеров резиновых виброизоляторов.

Таблица 2.1 – Исходные данные

Вариант	Частота вращения n , мин ⁻¹	Масса m , кг	Сила Pz , Н	Материал резины
1	2800	2600	5800	Резина мягкая
2	3150	4700	4300	Резина ребристая
3	4000	4970	4500	Пробка натуральная
4	5600	4000	3000	Плита из пробковой крошки
5	3550	3900	3200	Войлок жёсткий прессованный
6	4500	4500	3500	Войлок с прослойкой пробки
7	2000	4200	3800	Резина специальная
8	2500	5100	4900	Резина специальная
9	1600	2100	2000	Пробка натуральная
10	2240	3500	2500	Плита из пробковой крошки
11	1800	3100	3400	Войлок жёсткий прессованный
12	4500	5000	2200	Войлок с прослойкой пробки
13	3550	5000	4400	Резина специальная
14	3150	5800	5500	Резина ребристая
15	2500	4700	2800	Пробка натуральная
16	2240	6800	5200	Плита из пробковой крошки
17	2000	4950	1600	Войлок жёсткий прессованный
18	1600	3300	2500	Войлок с прослойкой пробки
19	1800	1250	3250	Резина мягкая
20	1250	1800	2800	Резина ребристая
21	1400	2400	1800	Пробка натуральная
22	2000	2600	2200	Плита из пробковой крошки
23	2500	3200	1500	Войлок жёсткий прессованный
24	2800	2800	2300	Войлок с прослойкой пробки
25	3150	1500	1600	Резина мягкая
26	1000	4300	3800	Резина ребристая
27	1400	3700	3400	Пробка натуральная
28	1600	3400	3000	Плита из пробковой крошки

Примечание: 1. Вариант установки пружинных виброизоляторов принять: для нечётных вариантов – рисунок 2, а; для чётных – рисунок 2, б. 2. Сечение резиновых виброизоляторов принять: для нечётных вариантов – квадратное; для чётных – круглое.

Контрольные вопросы

1. Что называется активной виброизоляцией?
2. Что называется пассивной виброизоляцией?
3. В какой последовательности осуществляется расчёт виброизоляции с периодической возмущающей силой?
4. Какие применяются способы установки виброизоляторов?
5. В каких случаях применяются пружинные виброизоляторы?
6. Какие особенности применения резиновых виброизоляторов?
7. Какие материалы применяются для изготовления резиновых виброизоляторов?
8. С какой целью производится расчёт виброизоляционных устройств?
9. В каком порядке осуществляется расчёт пружинных виброизоляторов?
10. Как осуществляется расчёт резиновых виброизоляторов?
11. В каких случаях применяются комбинированные виброизоляторы?

Практическая работа №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ РЕМОНТОСЛОЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: получение практических навыков расчёта категории ремонтосложности металлорежущих станков, не включенных в справочные таблицы.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться, как определяется категория ремонтосложности для различных видов станков.
2. В соответствии с исходными данными определить ремонтосложность кинематической части станка.
3. Определить ремонтосложность гидравлической части станка.
4. Определить категорию ремонтной сложности механической части станка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Трудоёмкость и степень сложности ремонта станков, которые зависят от конструктивных (компоновка, кинематическая схема, устройство механизмов, масса и пр.) и технологических (точностные параметры, ремонтпригодность) особенностей, оцениваются категорией сложности ремонта. Чем сложнее станок, тем выше категория сложности ремонта.

Номер категории сложности ремонта (указывается в паспорте станка) равен числу единиц ремонтной сложности, которые характеризуют объем работ при капитальном ремонте. Единица ремонтосложности механической части оборудования R_M - это физический объем работ, необходимый для капитального ремонта механической части некоторой условной машины, качество которого отвечает требованиям технических условий на ремонт, а трудоёмкость эквивалентна 50 ч работы в организационно-технических условиях среднего ремонтно-механического цеха машиностроительного предприятия.

Единица ремонтосложности электрической части оборудования $R_э$ - это физический объем работ, необходимый для капитального ремонта электрической части некоторой условной машины, качество которого отвечает требованиям технических условий на ремонт, а трудоёмкость эквивалентна 12,5 ч работы при тех же условиях, при которых определяется R_M .

Для станков с ЧПУ, кроме категорий сложности ремонта самого станка, предусматриваются категории сложности ремонта устройств ЧПУ.

Механическая часть станков и машин в общем случае может состоять из кинематической и гидравлической частей. Ремонтосложность механической части R_M определить по формуле:

$$R_M = R_K + R_G, \quad (3.1)$$

где R_K , R_G – ремонтосложность кинематической и гидравлической части соответственно части.

Электрическая часть станков и машин состоит из электроаппаратов, приборов и проводки, ремонтосложность которых обозначают R_A , и электродвигателей R_D . Таким образом, ремонтосложность электротехнической части $R_Э$:

$$R_Э = R_A + R_D. \quad (3.2)$$

Для серийно выпускаемых моделей оборудования категории ремонтосложности приведены в паспортах станков и справочных таблицах [2,3].

Для распространённых видов станков, не включённых в справочные таблицы, разработаны эмпирические формулы для определения категории ремонтосложности. Исходными данными для установления категорий сложности ремонта оборудования являются технические характеристики, содержащиеся в паспортах.

Для некоторых видов станков расчётные формулы для определения категории ремонтосложности приведены ниже. Для других видов оборудования расчётные формулы и справочные данные приведены в литературе [2].

Определение категории ремонтосложности для различных видов станков

Токарные станки

Ремонтосложность механической части R_M можно определить по формуле:

$$R_M = K_{K0} \cdot (K_1 \cdot d_0 + K_2 \cdot L_{MЦ} + K_3 \cdot n) + R_{OM} + R_G, \quad (3.3)$$

где K_{K0} -- коэффициент конструктивных особенностей станка;

K_1, K_2, K_3 -- коэффициенты технических параметров (значения K_1 и K_3 приведены в таблице 5П; K_2 -- в таблице 6П приложения);

d_0 -- наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм;

$L_{MЦ}$ -- расстояние между центрами, мм;

n -- число ступеней скорости шпинделя, получаемых от коробки скоростей при прямом ходе или от ременной передачи ступенчатыми шкивами;

R_{OM} -- ремонтосложность отдельных механизмов;

R_G -- ремонтосложность гидравлической части (определяется по формуле (3.19).

Коэффициент K_{K0} определяется по формуле:

$$K_{K0} = K_T \cdot K_{ХВ} \cdot K_4, \quad (3.4)$$

где K_T -- коэффициент класса точности (приложение, таблица 7П);

$K_{ХВ}$ -- коэффициент исполнения (для станков без ходового винта $K_{ХВ} = 0,9$, с ходовым винтом - $K_{ХВ} = 1,0$);

K_4 -- коэффициент частоты вращения шпинделя ($K_4 = 1,0$ при частоте вращения $n \leq 2000$ мин⁻¹, $K_4 = 1,1$ при частоте вращения $n > 2000$ мин⁻¹).

Ремонтосложность отдельных механизмов определяется по формуле:

$$R_{OM} = R_C + R_B + R_{СД}, \quad (3.5)$$

где R_C -- ремонтосложность суппортов;

R_B -- ремонтосложность механизмов бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя ($R_B = 2$ при $d_0 \leq 400$ мм, $R_B = 4$ при $d_0 > 400$ мм);

$R_{СД}$ -- ремонтосложность механизмов, не входящих в основной комплект станка.

Ремонтосложность суппортов определяется по формуле:

$$R_c = 0,5 \cdot (X_c - 1), \quad (3.6)$$

где X_c – число суппортов.

Токарно-карусельные станки

Ремонтосложность механической части R_M можно определить по формуле:

$$R_M = K_{K0} \cdot (K_1 \cdot D_{\text{пл}} + K_2 \cdot h_{\text{пл}} + K_3 \cdot n) + R_{\text{ом}} + R_{\text{г}}, \quad (3.7)$$

где K_{K0} – коэффициент конструктивных особенностей станка;

K_1, K_2, K_3 – коэффициенты технических параметров ($K_1=0,005$; $K_2=0,0035$; $K_3=0,0045$);

$D_{\text{пл}}$ – диаметр планшайбы, мм;

$h_{\text{пл}}$ – наибольшая высота обрабатываемой детали, мм;

n – число ступеней скорости планшайбы, получаемых от коробки скоростей;

$R_{\text{ом}}$ – ремонтосложность отдельных механизмов (определяется по формуле (3.5), при этом $R_c=1,5 \cdot X_c$, $R_b=5$);

$R_{\text{г}}$ – ремонтосложность гидравлической части (определяется по формуле (3.19).

Коэффициент K_{K0} определяется по формуле:

$$K_{K0} = K_T \cdot K_M, \quad (3.8)$$

где K_T – коэффициент класса точности (приложение, таблица 7П);

K_M – коэффициент массы (приложение, таблица 8П).

Токарные многорезцовые полуавтоматы

Ремонтосложность механической части R_M определяется по формуле (3.3).

Значения коэффициентов технических параметров: $K_1=0,012$; $K_2=0,002$; $K_3=0,05$.

Для токарных многорезцовых полуавтоматов коэффициент K_{K0} определяется по формуле:

$$K_{K0} = K_T \cdot K_C, \quad (3.9)$$

где K_C – коэффициент специализации (при обработке детали в центрах $K_C=1,0$, в центрах и патроне – $K_C=1,2$).

Ремонтосложность отдельных механизмов определяется по формуле:

$$R_{\text{ом}} = R_c + R_{\text{гк}}, \quad (3.10)$$

где R_c – ремонтосложность суппортов ($R_c = X_c$);

$R_{\text{гк}}=1,5$ – ремонтосложность гитары изменения частоты вращения шпинделя.

Остальные величины определяются аналогично токарным станкам.

Радиально-сверлильные и одношпиндельные вертикально-сверлильные станки

Ремонтосложность механической части R_M определяется по формуле:

$$R_M = K_{K0} \cdot (K_1 \cdot d_c + K_2 \cdot L_{вш} + K_3 \cdot n) + R_B + R_G, \quad (3.11)$$

где d_c – наибольший диаметр сверления, мм;

$L_{вш}$ – наибольший вылет шпинделя, мм.

Значения коэффициентов технических параметров: для радиально-сверлильных станков – $K_1=0,1$, $K_2=0,002$; для вертикально-сверлильных станков – $K_1=0,08$, $K_2=0,01$; $K_3=0,25$.

Коэффициент K_{K0} определяется по формуле:

$$K_{K0} = K_T \cdot K_{ГР}, \quad (3.12)$$

где $K_{ГР}$ – коэффициент исполнения привода (приложение, таблица 9П).

Ремонтосложность механизмов бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя $R_E=1,5$.

Остальные величины определяются аналогично токарным станкам.

Многошпиндельные вертикально-сверлильные станки с независимыми шпиндельными головками

Ремонтосложность механической части R_M можно определить по формуле:

$$R_M = K_{K0} \cdot K_{ZC} \cdot (K_1 \cdot d_c + K_2 \cdot L_{вш} + K_3 \cdot n) + R_G, \quad (3.13)$$

где K_{ZC} – коэффициент числа шпинделей (приложение, таблица 10П).

Значения коэффициентов технических параметров: $K_1=0,08$, $K_2=0,01$; $K_3=0,25$.

Коэффициент K_{K0} определяется по формуле (3.12).

Остальные величины определяются аналогично вертикально-сверлильным станкам.

Многошпиндельные вертикально-сверлильные станки с головкой колокольного типа и раздвижными шпинделями

Ремонтосложность механической части R_M можно определить по формуле:

$$R_M = K_{K0} \cdot (K_1 \cdot d_c + K_2 \cdot L_{КК} + K_3 \cdot H_K) + R_Z + R_G, \quad (3.14)$$

где $L_{КК}$ – расстояние от оси колокола до направляющих колонны, мм;

H_K – максимальный ход колокола, мм;

R_Z – ремонтосложность механизма раздвижения шпинделей ($R_Z=2$ при $Z \leq 8$, $R_Z=2,5$ при $Z > 8$).

Значения коэффициентов технических параметров: $K_1=0,1$, $K_2=0,002$; $K_3=0,01$.

Коэффициент K_{K0} определяется по формуле:

$$K_{K0} = K_{AM} \cdot K_{СК} \cdot K_{КШ}, \quad (3.15)$$

где K_{AM} – коэффициент автоматизации (для станков с ручным управлением $K_{AM}=0,9$; для полуавтоматов $K_{AM}=1,0$);

$K_{СК}$ – коэффициент сложности конструкции стола ($K_{СК}=1,0$ – при неподвижном столе; $K_{СК}=1,1$ – при перемещающемся столе);

$K_{КШ}$ – коэффициент исполнения привода (для станков со ступенчатыми шкивами $K_{КШ}=0,9$; для станков с коробкой скоростей $K_{AM}=1,0$).

Остальные величины определяются аналогично вертикально-сверлильным станкам.

Вертикально- и горизонтально-фрезерные станки

Ремонтосложность механической части R_M определяется по формуле:

$$R_M = K_{K0} \cdot (K_1 \cdot B_{CT} + K_2 \cdot n) + R_{OM} + R_T, \quad (3.16)$$

где B_{CT} – ширина рабочей поверхности стола, мм.

Значения коэффициентов технических параметров: $K_1=0,03$, $K_2=0,125$.

Коэффициент K_{K0} определяется по формуле:

$$K_{K0} = K_T \cdot K_{И} \cdot K_{Ч}, \quad (3.17)$$

где $K_{И}$ – коэффициент исполнения (для вертикально- и горизонтально-фрезерных станков $K_{И} = 1,0$; универсальных и вертикальных с поворотной головкой – $K_{И} = 1,2$; широкоуниверсальных и бесконсольных – $K_{И} = 1,25$).

Ремонтосложность отдельных механизмов определяется по формуле:

$$R_{OM} = R_{ГК} + R_B, \quad (3.18)$$

где $R_{ГК}$ – ремонтосложность гитары сменных зубчатых колёс или сменных шкивов для станков, не имеющих коробки скоростей ($R_{ГК}=0,4$);

R_B – ремонтосложность механизмов бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя ($R_B=1,8$).

Остальные величины определяются аналогично токарным станкам.

Определение ремонтосложности гидравлической части

Ремонтосложность гидравлической части для всех видов оборудования определяется по формуле:

$$R_T = 0,1 \cdot P + 0,015 \cdot Q + C + 0,003 \cdot \sum \gamma \cdot Q_1 + 0,001 \cdot L + 0,003 \cdot D + 0,5 \cdot n + 0,03 \cdot m, \quad (3.19)$$

где P – рабочее давление трёхплунжерного насоса, МПа;

Q – производительность трёхплунжерного насоса высокого давления, л/мин;

C – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности трёхплунжерного насоса ($C=4$);

γ – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности насосов остальных типов (кроме трёхплунжерных) (приложение, таблица 11П);

Q_1 – производительность насосов остальных типов (кроме трёхплунжерных), л/мин;

L – длина цилиндра, мм;

D – диаметр цилиндра, мм;

n – число цилиндров;

m – число клапанов, золотников, дросселей, реле, регуляторов и т.д.

При наличии нескольких цилиндров расчёт производят по наибольшему диаметру и наибольшей длине цилиндров. Полученную по формуле ремонтосложность округляют до 0,5.

Содержание отчёта по практической работе

1. Единица ремонтосложности механической части.
2. Единица ремонтосложности электрической части.
3. Составляющие ремонтосложности механической части.
4. Составляющие ремонтосложности электротехнической части.
5. Расчёт категории ремонтной сложности станка в соответствии с заданным вариантом.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит трудоёмкость и степень сложности ремонта?
2. Как оценивается трудоёмкость и степень сложности ремонта?
3. Что называется единицей ремонтосложности механической части?
4. Что называется единицей ремонтосложности электрической части?
5. Из чего состоит ремонтосложность механической части оборудования?
6. Как определяется ремонтосложность электротехнической части станков?
7. Как рассчитывается ремонтосложность механической части различных типов станков?
8. Как рассчитывается ремонтосложность гидравлической части станка?

Таблица 3.1 – Варианты заданий

Вариант	Тип станка	Класс точности	Характеристики кинематической части ¹	Характеристики гидравлической части ² , тип насоса
1	2	3	4	5
1	токарный	H	$d_c=250$ мм; $L_{MC}=710$ мм; $m=2300$ кг; $n=21$; $X_c=2$	$Q_1=22$ л/мин; $m=6$; лопастной одинарный
2	фрезерный широко-универсальный	B	$V_{CT}=250$ мм; $n=16$	$Q_1=16$ л/мин; $m=8$; лопастной двоянный
3		P	$V_{CT}=320$ мм; $n=18$	$P=5$ МПа; $m=8$; трёхплунжерный
4	радиально-сверлильный	H	$d_c=50$ мм; $L_{BШ}=400$ мм; $n=21$; с коробкой скоростей с механической подачей	$Q_1=16$ л/мин; $m=6$; лопастной одинарный
5	токарно-карусельный	H	$D_H=1250$ мм; $H_P=1000$ мм; $m=16500$ кг; $n=12$; $X_c=2$	$Q_1=30$ л/мин; $m=12$; лопастной одинарный
6	вертикально-фрезерный с поворотной головкой	P	$V_{CT}=400$ мм; n - бесступенчато	$Q_1=30$ л/мин; $m=10$; лопастной одинарный
7		H	$V_{CT}=200$ мм; $n=16$	$Q_1=10$ л/мин; $m=8$; лопастной двоянный
8	горизонтально-фрезерный	H	$V_{CT}=320$ мм; n - бесступенчато	$Q_1=16$ л/мин; $m=8$; лопастной двоянный
9	многошпиндельный вертикально-сверлильный с головкой колокольного типа	H	$d_c=18$ мм; $L_{KK}=400$ мм; $H_K=250$ мм; $Z=6$; с ручным управлением; стол неподвижен; коробка скоростей	$Q_1=10$ л/мин; $m=6$; лопастной двоянный
10		H	$d_c=8$ мм; $L_{KK}=350$ мм; $H_K=200$ мм; $Z=12$; n/a ; стол подвижен; коробка скоростей	$Q_1=8$ л/мин; $L=125$ мм; $D=63$ мм; $n=2$; $m=6$; поршневой

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
11	токарно-карусельный	Н	$D_n=5000$ мм; $h_n=2500$ мм; $m=140500$ кг; $n=16$; $X_c=4$	$P=10$ МПа; $m=12$; трёхплунжерный
12	токарный многорезцовый п/а	Н	$d_o=400$ мм; $L_{мц}=1000$ мм; $n=9$; $X_c=2$; центровой	$Q_1=16$ л/мин; $L=200$ мм; $D=100$ мм; $n=2$; $m=6$; поршневой
13	многошпиндельный вертикально-сверлильный с независимыми шпиндельными головками	Н	$d_c=12$ мм; $L_{вш}=250$ мм; $n=9$; $Z=6$; с коробкой скоростей и механической подачи	$P=2,5$ МПа; $m=6$; трёхплунжерный
14		П	$d_c=25$ мм; $L_{вш}=320$ мм; $n=6$; $Z=4$; с коробкой скоростей и механической подачи	$Q_1=12,5$ л/мин; $m=6$; лопастной одинарный
15	токарный	П	$d_o=400$ мм; $L_{мц}=1000$ мм; $m=3200$ кг; $n=18$; $X_c=3$	$Q_1=20$ л/мин; $m=8$; лопастной двудвойный
16	радиально-сверлильный	Н	$d_c=25$ мм; $L_{вш}=1600$ мм; $n=8$; с коробкой скоростей с механической подачей	$Q_1=12,5$ л/мин; $m=8$; лопастной двудвойный
17	вертикально-сверлильный	Н	$d_c=12$ мм; $L_{вш}=190$ мм; $n=5$; со ступенчатыми шкивами с ручной подачей	$P=2,5$ МПа; $m=6$; трёхплунжерный
18	горизонтально-фрезерный	П	$V_{ст}=250$ мм; $n=12$	$Q_1=20$ л/мин; $m=6$; лопастной одинарный
19	вертикально-сверлильный	П	$d_c=18$ мм; $L_{вш}=200$ мм; n -бесступенчато; с коробкой скоростей с мех-й подачи	$Q_1=6,3$ л/мин; $m=6$; лопастной одинарный
20	токарный	В	$d_o=320$ мм; $L_{мц}=2000$ мм; $m=5800$ кг; n -бесступенчато; $X_c=2$	$P=4$ МПа; $m=6$; трёхплунжерный
21	токарно-карусельный	Н	$D_n=2500$ мм; $h_n=1600$ мм; $m=35500$ кг; $n=9$; $X_c=4$	$Q_1=40$ л/мин; $m=16$; лопастной двудвойный
22	токарный многорезцовый п/а	П	$d_o=500$ мм; $L_{мц}=1250$ мм; $n=12$; $X_c=2$; патронно-центровой	$Q_1=20$ л/мин; $L=250$ мм; $D=125$ мм; $n=2$; $m=6$; поршневой
23	вертикально-сверлильный	Н	$d_c=50$ мм; $L_{вш}=350$ мм; $n=12$; с коробкой скоростей с механической подачей	$Q_1=16$ л/мин; $m=8$; лопастной двудвойный
24	горизонтально-фрезерный	Н	$V_{ст}=200$ мм; $n=18$	$P=5$ МПа; $m=6$; трёхплунжерный
25	вертикально-фрезерный с поворотной головкой	П	$V_{ст}=320$ мм; $n=18$	$P=8$ МПа; $m=6$; трёхплунжерный
26		Н	$V_{ст}=400$ мм; $n=12$	$Q_1=25$ л/мин; $m=12$; лопастной одинарный
27	фрезерный широко-универсальный	Н	$V_{ст}=400$ мм; $n=12$	$Q_1=30$ л/мин; $m=10$; лопастной одинарный
28		В	$V_{ст}=200$ мм; $n=18$	$Q_1=12,5$ л/мин; $m=6$; лопастной двудвойный

Примечания: 1. Приняты следующие условные обозначения: d_o – наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм; $L_{мц}$ – расстояние между центрами, мм; X_c – число суппортов; D_n – диаметр планшайбы, мм; h_n – наибольшая высота обрабатываемой детали, мм; d_c – наибольший диаметр сверления, мм; $L_{вш}$ – наибольший вылет шпинделя, мм; $L_{кк}$ – расстояние от оси колокола до направляющих колонны, мм; H_k – максимальный ход колокола, мм; $V_{ст}$ – ширина рабочей поверхности стола, мм; n – число ступеней скорости шпинделя; Z – число шпинделей.

2. Приняты следующие условные обозначения: P – рабочее давление трёхплунжерного насоса, МПа; Q_1 – производительность насоса, л/мин; L – длина цилиндра, мм; D – диаметр цилиндра, мм; n – число цилиндров; m – число клапанов, золотников, дросселей, реле, регуляторов и т.д.

3. Частота вращения шпинделя $n < 2000$ мин⁻¹.

Практическая работа №4

ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЪЁМОВ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: получить практические навыки назначения структуры и периодичности ремонтного цикла, величины межремонтного периода, составления графиков ремонта, определения трудоёмкости плановых ремонтов и продолжительности ремонта.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные положения Единой системы планово-предупредительного ремонта (ППР).
2. В соответствии с заданным вариантом (таблица 4.1), назначить:
 - структуру ремонтного цикла;
 - периодичность ремонтного цикла и величину межремонтного периода;
 - представить график ремонтов (начало ремонтного цикла принять по указанию преподавателя);
 - трудоёмкость плановых ремонтов механической и электрической частей;
 - продолжительность ремонта при работе слесарей в одну смену;
 - состав ремонтной бригады.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР)

Постепенное изнашивание металлорежущих станков проявляется в снижении точности обработки, появлении повышенного шума, возникновении неполадок и отказов. Поддержать станки в работоспособном состоянии и восстановить утраченные в процессе эксплуатации технические показатели можно только при периодическом осмотре и ремонте.

Ремонт - это средство восстановления технических качеств машины, утраченных в процессе эксплуатации.

Ремонт можно выполнить *по потребности*, т.е. когда машина вышла из строя в результате предельного износа, и по плану, не дожидаясь выхода машины из строя, тогда, когда износ деталей еще не достиг предельной величины, при которой она уже не может выполнять свои функции или дальнейшая её эксплуатация является опасной или нерентабельной.

Ремонт машин по плану называют *планово-предупредительным*, поскольку его целью является не восстановление работоспособности вышедшей из строя машины, как это имеет место при ремонте по потребности, а предупреждение неожиданного для производства выхода ее из строя.

Преимуществом планово-предупредительного ремонта является не только заранее известные сроки выполнения, позволяющие вести подготовку к нему как ремонтной службе (изготовление требующихся для ремонта деталей, покупных изделий, материалов), так и производству (создание заделов или разработка "обходной" технологии). Не менее важно и то, что при правильно назначаемых сроках выполнения ремонтов исключается возможность прогрессирующего износа деталей и механизмов машины. Это способствует значительному сокращению общего объема ремонтных работ, выполняемых для поддержания работоспособности машин в эксплуатации, и, следовательно, уменьшению расходов на ремонт и эксплуатацию.

Совокупность мероприятий, обеспечивающих планово-предупредительный характер выполняемых ремонтов, называют *системой планово-предупредительного ремонта (ППР)*. Комплексное осуществление этих мероприятий должно давать возможность производить подавляющее большинство ремонтных работ в плановом порядке и сводить к минимуму неплановые работы.

Система предусматривает три разновидности планово-предупредительного ремонта:

1. *Метод послеосмотровых ремонтов* – планируют не ремонты, а лишь периодические осмотры. Если при очередном осмотре выясняется, что станок не проработает нормально до следующего осмотра, то назначают ремонт к определенному сроку. Это дает возможность подготовиться к ремонту, выполнить его быстрее и качественнее. Недостаток метода – отсутствие планирования, что может привести к перегрузке работников ремонтной службы в одни периоды и незанятости – в другие.

2. *Метод периодических ремонтов* – для каждого станка составляют план с указанием сроков и объема ремонтных работ. Допускается корректировка плана с учетом фактических результатов осмотров, что делает систему ремонтов гибкой, обеспечивая наиболее рентабельное использование технологического оборудования за срок его службы. Это наиболее распространенный вид планово-предупредительного ремонта.

3. *Метод принудительных ремонтов* – обязательный ремонт оборудования в установленные сроки. Ремонт производят по заранее разработанной технологии с обязательной заменой или восстановлением всех намеченных деталей и узлов. Метод целесообразен только на участках с однотипным оборудованием и стабильным режимом работы (поточные линии, энергетическое оборудование).

Периодические осмотры проводят слесари-ремонтники согласно плану ремонта. При этом проверяют работу всех механизмов, производят их регулировку, выявляют состояние и степень износа узлов. Станки, работающие в условиях сильного загрязнения, промывают при частичной разборке. Станки повышенной точности проверяют на точность. При осмотре выявляют все дефекты и неисправности оборудования, но устраняют только такие, наличие которых не позволяет нормально эксплуатировать оборудование до ближайшего планового ремонта. Остальные дефекты подлежат устранению при ближайшем плановом ремонте. Осмотры производят, как правило, в нерабочее время.

Периодический ремонт может быть текущим (малым или средним) и капитальным. *Текущий ремонт* – это плановый ремонт, выполняемый с целью восстановления исправности и гарантированного обеспечения работоспособности оборудования в течение

установленного нормативами количества часов работы до следующего ремонта. Он состоит в замене или восстановлении отдельных деталей или сборочных единиц и выполнении связанных с этим разборочных, сборочных и регулировочных работ.

Капитальный ремонт - это плановый ремонт, выполняемый с целью восстановления исправности и гарантированного обеспечения работоспособности оборудования в течение установленного нормативами количества часов работы до следующего капитального ремонта. Он заключается в восстановлении координации сборочных единиц и первоначальных траекторий их взаимного перемещения, сопровождается заменой или восстановлением деталей всех сборочных единиц с необходимой для этого полной разборкой машины, сборкой и регулированием. При капитальном ремонте во время разборки машины обязательно составляется ведомость дефектов ремонтируемого агрегата.

Все виды работ по плановому техническому обслуживанию и ремонту выполняются в определённой последовательности, образуя повторяющиеся циклы.

Ремонтный цикл – это повторяющаяся совокупность различных видов планового ремонта, выполняемых в предусмотренной последовательности через установленные, равные между собой количества часов работы оборудования, называемые *межремонтными периодами* (между двумя последовательно выполняемыми видами планового ремонта). Ремонтный цикл завершается капитальным ремонтом и определяется структурой и продолжительностью.

Структура ремонтного цикла – это перечень видов ремонта, расположенных в последовательности их выполнения (приложение, таблица 12П).

Так, для лёгких и средних металлорежущих станков массой до 10 т рекомендуется следующая структура ремонтного цикла:

КР-О-ТР-О-ТР-О-ТР-О-ТР-О-КР,

где КР – капитальный ремонт;

ТР – текущий ремонт;

О – осмотр.

Нормативы системы периодических ремонтов установлены по видам и типам оборудования с учетом характера производства, определяющего в значительной степени условия эксплуатации и степень напряженности использования оборудования (приложение, таблица 13П).

Они служат для планирования ремонтов и определения нормального объема ремонтных работ на участке, в цехе, на заводе, требующегося для обеспечения нормального уровня технического состояния оборудования.

Средние нормативы системы периодических ремонтов регламентируются типовым положением по системе периодических ремонтов – "Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий" и отраслевыми положениями и инструкциями министерств. Нормативы, отвечающие конкретным условиям заводов, могут устанавливаться непосредственно на предприятиях.

При обработке конструкционной стали металлическим инструментом на металло-режущих станках нормальной точности, весом до 10 т и началом эксплуатации после капитального ремонта 01.2010 г. график ремонтных работ при начале эксплуатации после капитального ремонта 01.2010 г. примет вид:

КР	ТР	ТР	ТР	ТР	КР
01.2010	09.2010	06.2011	03.2012	12.2012	09.2013

Трудоёмкость и степень сложности ремонта станков, которые зависят от конструктивных (компоновка, кинематическая схема, устройство механизмов, масса и пр.) и технологических (точностные параметры, ремонтпригодность) особенностей, оцениваются категорией сложности ремонта (смотри практическую работу №3).

Номер категории сложности ремонта (указывается в паспорте станка) равен числу единиц ремонтной сложности, которые характеризуют объем работ при капитальном ремонте. Примерные нормативы трудоёмкости плановых ремонтов на одну единицу ремонтной сложности технологического и подъёмно-транспортного оборудования по типовому положению "Единая система ППР" приведены в приложении (приложение, таблица 14П).

Время на ремонт металлообрабатывающего станка рассчитывается исходя из времени в часах на единицу ремонтной сложности:

$$T_{\text{РЕМ}} = T_{\text{Р}} \cdot R_{\text{М}}, \quad (4.1)$$

где $T_{\text{Р}}$ – трудоёмкость единицы ремонтной сложности, ч (приложение, таблица 14П).

В зависимости от категории ремонтной сложности определяется время простоя оборудования в ремонте, которое исчисляется с момента остановки станка на ремонт до момента приёмки его из ремонта контролёром ОТК (приложение, таблица 15П).

Эксплуатационные испытания станка после ремонта в простой не засчитываются, если станок в процессе испытания работал нормально. Рекомендуемый состав ремонтной бригады: для оборудования 1-6 категории сложности – два слесаря, 7-15 категории сложности – три слесаря; 15-25 категории сложности – четыре слесаря.

Перед разборкой необходимо проверить станок на геометрическую точность и записать все отклонения. Разборку производят по узлам. Если нет кинематической схемы станка, в процессе работы составляют такую схему, кроме того, составляют список обнаруженных дефектов – дефектную ведомость.

Содержание отчёта по практической работе

1. Виды планово-предупредительного ремонта.
2. Виды периодического ремонта.
3. Определения ремонтного цикла, ремонтного периода.
4. Структура ремонтного цикла.
5. Периодичность ремонтного цикла и величина межремонтного периода.
6. График ремонтов.
7. Трудоёмкость плановых ремонтов механической и электрической частей.
8. Продолжительность ремонта при работе слесарей в одну смену.
9. Состав ремонтной бригады.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Вариант	Наименование технологического оборудования	Модель	абаритные размеры, мм длина x ширина	Мощность электродвигателей, кВт	Группа ремонтной сложности*	Масса, т
1	Автоматы и полуавтоматы токарно-револьверные	1Д112	1630x740	2,2	14/9,5	1,1
2		1Б124	1870x79	5,5	16/11	1,75
3		1Б140	1900x900	5,5	18,5/14	2,3
4	Автоматы токарные многошпиндельные горизонтальные	1216-6	5830x1000	7,5	18/6	4
5		1А240-6	6050x1600	13	23/4,5	9
6		1А240П-8	5940x1880	30	21/7	13,5
7	Токарно-винторезные станки	16Б05П	1510x720	1,5	4	0,715
8		16К20	3210x1670	10	11/8,5	2,14
9		1А625	3910x1200	10	14,5/8	3
10		1М63	4950x1660	13	15/14	5
11		165	8050x2100	22	26/11,5	15,65
12	Вертикально-сверлильные станки	1И611П	1770x970	3	9,5/7	1,12
13		1М112	770x370	0,6	5,5/1,5	0,12
14		2Н125	2290x810	2,2	6,5/2	1,02
15	Радиально-сверлильные станки	2Н150	3090x880	7,5	10,5/5,5	2
16		2Е52	1750x750	2,2	6	0,98
17		2А53	2250x910	4,5	9	3
18	Вертикально-фрезерные консольные станки	2М55	2610x970	4,4	13/10,5	4,8
19		6М10	1720x1750	2,8	8	1,4
20		6Н11	2060x1530	4,5	9,5/8	2,1
21	Фрезерные широкоуниверсальные станки	6Н12	2170x2480	7	13	3,2
22		6Т80Ш	2040x1860	3/1,1	7/3	1,36
23		6М82Ш	2450x1740	7,5/2,2	18/14	3,15
24	Горизонтально-фрезерные консольные станки	6М83Ш	2560x2140	10/2,2	21,5/14	4,3
25		6Н80	1700x1750	2,8	8/5	1,35
26		6Н81	2100x1940	4,4	10/8	2
27		6М82	2400x1750	10	12/8	2,75
28		6Н83	2370x2140	10	14/12/5	3,7

*-механическая часть / электрическая часть

Контрольные вопросы

1. Что называется ремонтом?
2. Какие виды ремонтов применяются на предприятиях?
3. В чём преимущества планово-предупредительного ремонта?
4. Что называется системой ППР?
5. Назовите разновидности ППР. Каковы их особенности?
6. Какие существуют виды периодических ремонтов? Дайте определение каждого из них.
7. Что называется ремонтным циклом?
8. Что называется ремонтным периодом?

Практическая работа №5

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НАПЛАВКОЙ

Цель работы: закрепить теоретические знания о сущности процесса наплавки; изучить различные виды наплавки, их сущность и технологические возможности; получить практические навыки расчёта режимов дуговой наплавки под слоем флюса.

Порядок выполнения работы

1. Изучить сущность процесса и виды наплавки.
2. В соответствии с исходными данными выполнить расчёт режимов дуговой наплавки под слоем флюса.

ВИДЫ НАПЛАВКИ

Наплавка применяется для нанесения восстановительно-упрочняющего покрытия путём расплавления теплом пламени или дуги присадочного металла, переноса его на оплавленную восстанавливаемую поверхность и кристаллизации слоя. Наплавочные покрытия служат для компенсации износа и создания припуска для механической обработки при восстановлении деталей.

Наплавка по сравнению с другими способами нанесения покрытий, даёт возможность получать слои с высокой производительностью, любых толщин, различного химического состава и с высокими физико-механическими свойствами. Наплавочные покрытия наносят на стержни диаметром более 12 мм.

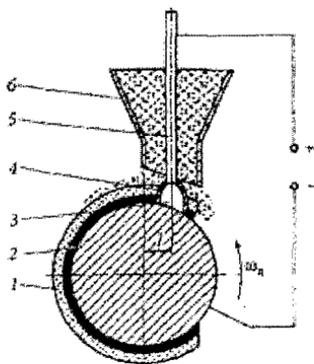
Способы наплавки делят на группы в зависимости от видов применяемых источников тепла, наносимых материалов, характера легирования и способа защиты формируемого покрытия от влияния кислорода воздуха.

Ручная дуговая наплавка применяется в тех случаях, когда использование механизированных способов наплавки невозможно или нецелесообразно. Ручная наплавка осуществляется электродами с толстым покрытием. Восстанавливаемые детали перед наплавкой следует прогреть до температуры, уровень которой зависит от материала электрода, используемого для наплавки.

Дуговая наплавка под слоем флюса является модернизированным способом ручной наплавки электродом с толстым покрытием: электрическая дуга горит между электродом без покрытия и изделием под слоем сухого гранулированного флюса толщиной 10...40 мм. В данном методе наплавки электрод 5 (рисунок 5.1), представляющий собой порошковую или сплошную проволоку, подается в зону наплавки одновременно с флюсом, который поступает в эту зону из бункера 6.

Флюс при наплавке этим методом выполняет следующие функции:

- обеспечивает устойчивое горение электрической дуги;
- защищает расплавленный металл от воздействия атмосферного воздуха;
- очищает расплавленный металл от посторонних включений и способствует его раскислению;
- обеспечивает легирование материала покрытия различными элементами;
- замедляет процесс затвердевания металла за счет образования теплоизоляционного слоя из флюса и его корки.



1 – шлаковая корка;
 2 – наплавленный слой;
 3 – газовый пузырь;
 4 – оболочка оплавленного флюса;
 5 – электрод;
 6 – бункер с флюсом

Рисунок 5.1 – Схема дуговой наплавки под слоем флюса

По составу и способу приготовления различают флюсы:

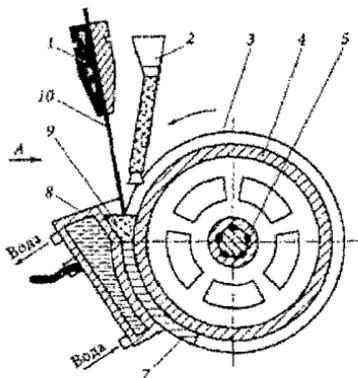
– плавные. Получают сплавлением исходных материалов и последующей грануляцией; они хорошо защищают сварочную ванну, препятствуя образованию трещин в наплавленном покрытии;

– керамические (механическая смесь легирующих, модифицирующих и шлакообразующих компонентов, соединенных при помощи жидкого стекла). Получают смешением исходных материалов и последующим дроблением смеси на гранулы;

– флюсы-смеси. Получают смешением плавных и керамических флюсов или плавных флюсов с ферросплавами и графитом.

Марки электродного материала и флюса выбирают в зависимости от требуемых физико-механических свойств наносимого покрытия.

Электрошлаковая наплавка (рисунок 5.2) заключается в том, что на поверхности предварительно разогретой заготовки создается ванна расплавленного шлака 9 (флюса), в которую вводят электрод 10. За счет электрического тока, проходящего через жидкий шлак к детали, выделяется тепловая энергия, достаточная для расплавления материала электрода. Зона наплавки на восстанавливаемой поверхности ограничивается охлаждаемым водой кристаллизатором 8 и технологическими пластинами 3 и 6. Этим методом могут быть наплавлены покрытия толщиной 12 мм и более.

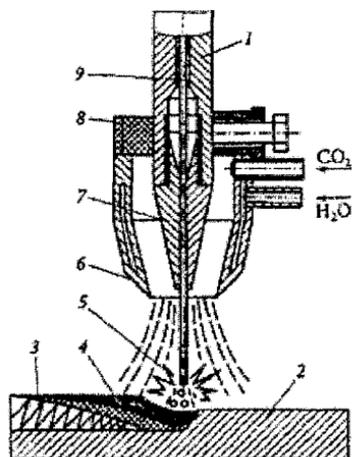


1 – мундштук;
 2 – дозатор легирующих добавок;
 3,6 – технологические пластины;
 4 – восстанавливаемая деталь;
 5 – оправка;
 7 – покрытие;
 8 – кристаллизатор;
 9 – шлаковая ванна;
 10 – электрод

Рисунок 5.2 – Схема электрошлаковой наплавки

В качестве электродов и присадочного материала используют проволоку, ленту или порошковые присадочные материалы.

Наплавка в среде защитных газов (рисунок 5.3) заключается в подаче под давлением защитного газа в зону горения электрической дуги, этим обеспечивается защита дуги и сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха. Защитная атмосфера создается инертными (аргон, гелий или их смесь), активными (двуокись углерода, азот, водород, водяной пар) газами или их смесями. Наиболее часто для создания защитной атмосферы применяют двуокись углерода (CO_2 — углекислый газ) и водяной пар (H_2O), так как они существенно дешевле других защитных сред.



- 1 – мундштук;
 - 2 – восстанавливаемая деталь;
 - 3 – покрытие;
 - 4 – сварочная ванна;
 - 5 – электрическая дуга;
 - 6 – сопло горелки;
 - 7 – наконечник;
 - 8 – горелка;
 - 9 – электродная проволока
- Рисунок 5.3 – Схема наплавки в среде двуокси углерода**

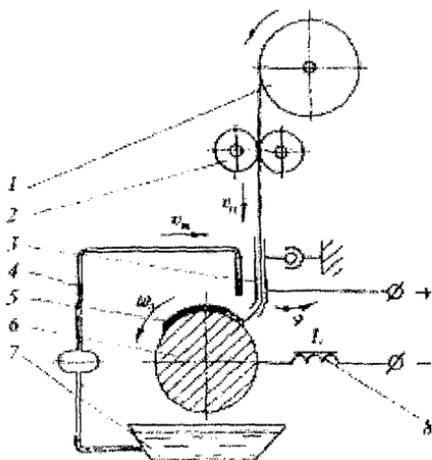
Наплавку в защитной среде двуокси углерода применяют для нанесения покрытий на стальные и чугунные детали разных форм и размеров.

Наплавка в среде защитных газов по сравнению с наплавкой под слоем флюса имеет ряд преимуществ:

- восстанавливаемая деталь меньше нагревается;
- производительность выше приблизительно в 1,5 раза;
- отсутствует необходимость в операциях отделения шлаковой корки (она не образуется) и зачистки швов;
- возможность проведения наплавки при любом пространственном положении восстанавливаемой детали;
- затраты на наплавку в 1,2— 1,5 раза меньше.

Вибродуговая наплавка как метод имеет следующие отличительные особенности:

- в нагрузочную цепь источника питания включена катушка индуктивности;
- напряжения источника питания недостаточно для поддержания непрерывного горения электрической дуги;
- электрод совершает колебательные движения относительно восстанавливаемой поверхности (амплитуда колебаний 1... 3 мм, частота колебаний 50... 100 Гц).

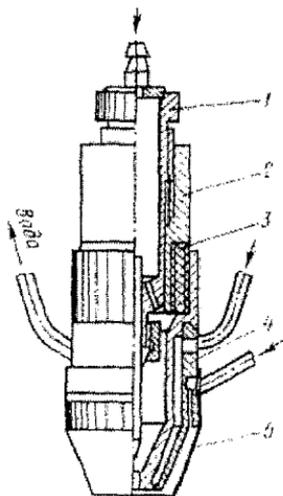


- 1 – кассета для проволоки;
 - 2 – подающие ролики;
 - 3 – качающийся мундштук;
 - 4 – система подачи раствора;
 - 5 – наплавленный слой;
 - 6 – восстанавливаемая деталь;
 - 7 – емкость;
 - 8 – индуктивное сопротивление
- Рисунок 5.4 – Схема вибродуговой наплавки**

Применяется вибродуговая наплавка при восстановлении стальных деталей, работающих в разных условиях при невысоких требованиях к их сопротивлению усталостным разрушениям, например при ремонте осей или толкателей.

Плазменная наплавка металлов. Плазма - высокотемпературный, сильно ионизированный газ, который создается дуговым разрядом, возбужденным между двумя электродами, через который газ пропускается в узком канале. Плазмообразующим газом служит аргон. Струя плазмы обеспечивает стабильность дугового разряда и высокую концентрацию тепловой энергии. Температура плазменной струи 10000-15000°C, что достаточно для расплавления любых металлов. От влияния атмосферы плазменная струя защищается защитными газами: аргон, азот, углекислым газом. Дуга создается неплавящимся электродом из вольфрама или вольфрама с присадками тория или лантана. Для создания плазменной струи применяются специальные плазменные головки (рисунок 5.5)

Струя низкотемпературной плазмы используется для плавки различных металлов с целью создания биметаллических деталей. Расплавление металлов, в том числе и тугоплавких, позволяет наплавить или напылить поверхности деталей для получения слоя металла, отличного от основного. При ремонте плазменная наплавка и напыление применяются главным образом с целью увеличения износостойкости определенных поверхностей деталей оборудования. Присадочный материал для наплавки или напыления может иметь вид проволоки, ленты или порошка. Для наплавки применяются хромо-никелевые, никельтитановые, никельалюминиевые сплавы, а также твердые сплавы: стеллит, сормайт, вольфрамокобальтовые. Наплавка может производиться присадочной токоведущей проволокой (прутками) или порошками. Проволока (прутки) подается непосредственно под плазменную головку; порошки соответствующей присадки могут быть насыланы на наплавляемую поверхность ровным слоем. Порошок расплавляется с помощью плазменной струи; он может также вдвухаться в струю из специального бункера. Плазменной наплавкой можно наносить слой металла от 0,5 до 5–6 мм (максимальный слой при наплавке в один проход). Ширина наплавки зависит от конструкции сварочного оборудования и может достигать 50–60 мм.



- 1 – электрододержатель;
 - 2 – корпус;
 - 3 – изолирующая втулка;
 - 4 – водоохлаждаемое сопло-канал;
 - 5 – сопло для подачи защитного газа
- Рисунок 5.5 – Плазменная головка**

РАСЧЁТ РЕЖИМОВ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Наибольшее распространение получила наплавка на постоянном токе, так как она способствует получению более высокой стабильности и качества процесса. Источниками постоянного тока служат сварочные преобразователи и выпрямители с пологопадающими или жесткой характеристиками, рассчитанные на номинальный ток до 500 А.

При наплавке обычно применяют обратную полярность, т.е. на деталь подается отрицательный потенциал, а на электрод – положительный, что уменьшает ее нагрев и позволяет более рационально использовать теплоту.

При наплавке деталей из низкоуглеродистых сталей применяют марганцовистые высококремнистые флюсы (АН-348А, ОСЦ-45 и др.), обеспечивающие качественное раскисление металла шва. При наплавке легированных сталей для снижения угара легирующих элементов применяют флюсы с малым содержанием кремния (АН-20).

Электродная проволока при наплавке подбирается в зависимости от материала восстанавливаемой детали и предъявляемых к ней требованиям в условиях эксплуатации. Для наплавки деталей, изготовленных из углеродистых сталей 30, 40, 45, используют проволоку из углеродистых сталей Нп-30, Нп-40, Нп-50, Нп-65 или из низколегированной стали – Нп-ЗОХГСА. Наплавку деталей из сталей 30Х, 35Х, 40Х и других низколегированных сталей производят проволокой Нп-ЗОХГСА или других марок.

Расчёт режимов дуговой наплавки под слоем флюса выполняется в следующей последовательности:

1. Определить требуемое число проходов по формуле:

$$i = \frac{D-d}{2 \cdot t}, \quad (5.1)$$

где D – диаметр, до которого наплавляют деталь, мм;

d – диаметр наплавляемой поверхности, мм;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, мм.

2. Выбрать флюс, марку и диаметр электрода (приложение, таблица 16П).

3. Определить род, полярность и силу сварочного тока $I_{св}$ (А) (приложение, таблица 17П).

4. Определить напряжение наплавки по формуле:

$$U = 21 + 0,04 \cdot I_{св}, \text{ В.} \quad (5.2)$$

5. Определить коэффициент наплавки, характеризующий удельное значение скорости наплавки,

$$K_H = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{I_{св}}{d_{пр}}, \text{ г/А} \cdot \text{ч,} \quad (5.3)$$

где $d_{пр}$ – диаметр электродной проволоки, мм.

6. Шаг наплавки определяется перекрытием валиков и влияет на волнистость наплавленного слоя:

$$s = (2 \dots 2,5) \cdot d_{пр}, \text{ мм.} \quad (5.4)$$

7. Определить скорость перемещения дуги, или скорость наплавки, по формуле:

$$V_H = \frac{K_H \cdot I_{св}}{t \cdot s \cdot \gamma}, \text{ м/ч,} \quad (5.5)$$

где γ – плотность металла шва, г/см³.

8. Определить частоту вращения детали по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot d}, \text{ мин}^{-1}, \quad (5.6)$$

где d – диаметр наплавляемой детали, мм.

9. Скорость подачи электродной проволоки определяется возможностью ее полного расплавления по формуле:

$$V_{пр} = \frac{4 \cdot K_H \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{пр}^2 \cdot \gamma}, \text{ м/ч.} \quad (5.7)$$

10. Вылет электрода:

$$H = (10 \dots 15) \cdot d_{пр}, \text{ мм.} \quad (5.8)$$

При увеличении вылета электродной проволоки повышается электрическое сопротивление цепи, что приводит к росту коэффициента расплавления, снижению тока наплавки, а следовательно, и глубины проплавления. Но при увеличении данного параметра ухудшается геометрия наплавленных валиков.

11. Трудности наплавки тел вращения обусловлены главным образом опасностью стекания сварочной ванны, которая тем больше, чем меньше диаметр изделия и чем длиннее сварочная ванна. Для того, чтобы избежать стекания металла, электрод смещают относительно оси изделия против направления вращения детали.

При смещении электрода l с зенита в сторону, противоположную вращению детали, с одной стороны, ухудшаются условия формирования наплавленного слоя, а с другой – уменьшается глубина проплавления.

Смещение электрода l с зенита в сторону определяется по формуле:

$$l = (0,05 \dots 0,07) \cdot d, \text{ мм.} \quad (5.9)$$

12. Выбрать оборудование для наплавки, привести его технические характеристики (приложение, таблица 18П).

13. Определить нормируемое время на операцию по формуле:

$$T_H = T_0 + T_B + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}}, \text{ мин,} \quad (5.10)$$

где T_0 – основное время наплавки, мин;

T_B – вспомогательное время, мин;

$T_{\text{доп}}$ – дополнительное время, мин;

$T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

$n_{\text{шт}}$ – количество деталей в партии, шт.

Основное время наплавки определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s}, \text{ мин,} \quad (5.11)$$

где L – длина (ширина) наплавляемой поверхности, мм.

Вспомогательное время T_B на один проход составляет 0,6 мин.

Вспомогательное время T_B затрачиваемое на настройку, пуск станка, на выключение установки, очистку наплавляемой поверхности, удаление шлаковой корки с наплавленного слоя приведено в приложении (таблица 19П).

Дополнительное время $T_{\text{доп}}$ составляет 15 % от оперативного времени. Оперативное время $T_{\text{оп}}$ состоит из суммы основного и вспомогательного времени.

Подготовительно-заключительное время можно принять $T_{\text{пз}}=16$ мин.

Содержание отчёта по практической работе

1. Виды и схемы наплавки.
2. Расчёт режимов вибродуговой наплавки под слоем флюса.

Таблица 5.1 – Исходные данные

Вариант	d, мм	D, мм	L, мм	Материал	Способ установки	Вариант	d, мм	D, мм	L, мм	Материал	Способ установки
1	50	60	400	Сталь 10	в центрах	15	75	85	210	Сталь 30X	в центрах
2	55	64	100	Сталь 30	в патроне	16	80	86	120	Ст 4	в патроне
3	60	62	250	Сталь 30X	в центрах	17	90	102	200	Сталь 45	в центрах
4	65	75	180	Сталь 15	на оправке	18	88	94	100	Сталь 35X	в патроне
5	70	80	200	Сталь 35	в центрах	19	55	60	300	Сталь 10	в центрах
6	75	90	125	Сталь 35X	в патроне	20	60	64	120	Сталь 30	в патроне
7	80	96	220	Сталь 20	в центрах	21	60	68	280	Сталь 30X	в центрах
8	90	95	80	Сталь 40	в патроне	22	65	72	160	Сталь 15	на оправке
9	92	98	225	Сталь 40X	в центрах	23	72	80	220	Сталь 35	в центрах
10	50	55	120	Ст 3	в патроне	24	78	90	160	Сталь 35X	в патроне
11	55	63	300	Сталь 45	в центрах	25	84	96	420	Сталь 20	в центрах
12	60	68	75	Сталь 40X	в патроне	26	85	95	85	Сталь 40	в патроне
13	65	74	250	Сталь 35	в центрах	27	88	98	240	Сталь 40X	в центрах
14	70	75	110	Сталь 15	в патроне	28	52	55	100	Ст 3	в патроне

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды наплавки.
2. В чём преимущества наплавки по сравнению с другими способами нанесения покрытий?
3. В каких случаях применяется ручная дуговая наплавка?
4. Как осуществляется дуговая наплавка под слоем флюса?
5. Для чего применяется флюс?
6. Какие бывают флюсы по составу и способу приготовления?
7. Какой род тока применяется при дуговой наплавке под слоем флюса?
8. Какая проволока используется при дуговой наплавке под слоем флюса?
9. Как осуществляется электрошлаковая наплавка?
10. В чём заключается наплавка в среде защитных газов? Каковы её преимущества?
11. Какие особенности вибродуговой наплавки?
12. Опишите процесс плазменной наплавки, её особенности.
13. В какой последовательности выполняется расчёт режимов дуговой наплавки под слоем флюса?

Практическая работа №6

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА ШПИНДЕЛЯ

Цель работы: изучить особенности ремонта деталей типа шпиндель различных типов станков; получить практические навыки разработки маршрутного технологического процесса ремонта шпинделя.

Порядок выполнения работы

5. Изучить требования к поверхностям и способы восстановления поверхностей шпинделей.

6. Пользуясь приведёнными рекомендациями и типовыми технологическими процессами, разработать маршрутный технологический процесс ремонта шпинделя.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕМОНТУ ШПИНДЕЛЕЙ

Шпиндель – одна из наиболее ответственных деталей станка, от точности и жёсткости которой зависит качество выполняемых на станке операций. К шпинделям предъявляются весьма высокие требования. Рассмотрим наиболее ответственные поверхности и требования к ним на примере шпинделя токарного станка (рисунок 6.1).

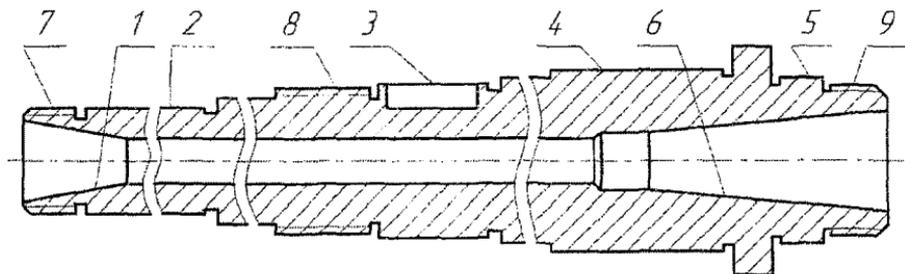


Рисунок 6.1 – Шпиндель токарного станка

Посадочные шейки шпинделей 2 и 4 обрабатывают шлифованием и полированием. Соосность их должна быть выдержана с точностью 0,01 мм; допустимая конусность шеек 0,01 мм, овальность 0,003 - 0,005 мм. Таким же требованиям должна отвечать поверхность 5. Коническое отверстие 6 шпинделя должно быть концентрично шейкам, допускается биение 0,01 - 0,02 мм на 300 мм длины.

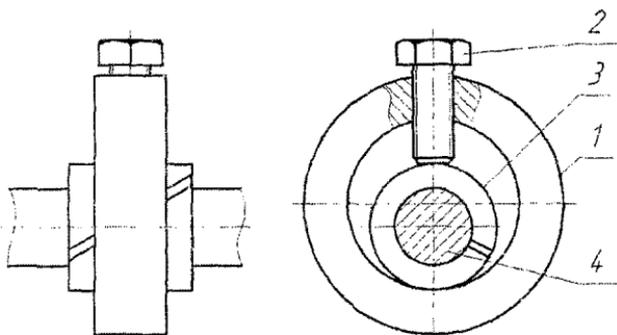
В первую очередь у шпинделя изнашиваются шейки под подшипники, посадочные места для зубчатых колес и других вращающихся деталей. На них появляются царапины и задиры, легко обнаруживаемые внешним осмотром. На поверхности отверстия 6 тоже возникают задиры, а также забоины и вмятины. Изнашивается резьба шпинделя 7, 8 и 9, повреждается шпоночный паз на поверхности 3.

Шпиндели целесообразно ремонтировать несколько раз, так как изготовление нового шпинделя является дорогостоящим и сложным. Однако в тех случаях, когда ремонт

шпинделя влечет за собой ремонт или изготовление сопрягающихся с ним деталей, замена изношенного шпинделя новым может оказаться более экономичной. Данный вопрос решают сравнением стоимости ремонтных работ и стоимости нового шпинделя. В большинстве случаев целесообразнее шпиндели ремонтировать. При этом выбирают наиболее рациональный метод восстановления, например механический способ обработки (способ ремонтных размеров), установку на клей компенсаторов износа, наплавку, гальваническое покрытие и др.

Сущность ремонта механической обработкой заключается в восстановлении геометрической точности изношенной поверхности, например, сопрягаемой с подшипниками (опорами) скольжения; это осуществляют, снимая с нее минимальный слой металла (притиранием, шлифованием, точением) до удаления следов износа (без сохранения номинальных размеров) и обеспечивая регламентную точность и шероховатость поверхности нового шпинделя. Механическую обработку применяют не только как самостоятельный метод ремонта, но и как вспомогательную операцию при наплавке, металлизации, хромировании и др. Механическую обработку со снятием стружки применяют для восстановления посадок сопрягаемых деталей или устранения отдельных дефектов: нарезания новой ремонтной резьбы; растачивания или развертывания отверстий в шпинделях под инструмент; доводки рабочих шеек валов и др. В ряде случаев восстановление требуемых зазоров у сопряженных деталей связано с необходимостью перевода их на ремонтный размер. При этом более трудоемкая и дорогостоящая деталь доводится до заданного размера механической обработкой, а сопрягаемая с ней изготавливается заново. Такой ремонт сопряженной пары может осуществляться несколько раз.

Шпиндели, у которых износ шеек по диаметру составляет 0,01 - 0,02 мм, ремонтируют притиркой на токарном станке, выполняемой специальным инструментом - жимком (рисунок 6.2).



1 - кольцо; 2 - зажимной болт; 3 - разрезная втулка; 4 - шейка вала
Рисунок 6.2 – Жимок для притирки шеек валов, шпинделей и осей

Жимок состоит из кольца-хомутика 1, болта 2, втулки-притира 3 с разрезом и рукоятки-державки, которая на рисунке не показана. Втулку-притир изготавливают из чугуна, меди или бронзы, ее отверстие выполняют по размеру обрабатываемой шейки. Приступая к притирке шейки, накладывают на нее тонким слоем смесь мелкого абразивного

порошка и масла, после чего надевают жимок и слегка завинчивают болт 2. Пускают станок, настроив его на скорость вращения шпинделя 10 -20 м/мин. В процессе хода станка равномерно водят жимком вдоль обрабатываемой шейки. Время от времени обновляют слой порошка с маслом и подвинчивают болт 2. Устранив износ, промывают шейку шпинделя и притир керосином, затем наносят на шейку тонкий слой доводочной пасты с керосином и завершают ее обработку.

При износе шеек шпинделя более 0,02 мм их ремонтируют шлифованием с последующей притиркой под ремонтный размер. Однако этот способ ремонта приемлем, лишь когда имеется возможность соответственно изменить размеры отверстий в подшипниках или других деталях, сопрягаемых со шпинделем. Если такой возможности нет или изменение размеров отверстий нецелесообразно из-за большой трудоемкости операций, восстанавливают шейки шпинделя с износом до 0,1 мм гальваническим хромированием, а с износом больше 0,1 мм металлизацией или наплавкой. Хромоное электролитическое покрытие характеризуется высокой твердостью (HRC 64), низким коэффициентом трения и большой сопротивляемостью износу. Выход из строя хромированных деталей чаще всего происходит из-за отслаивания покрытий, что является одним из недостатков этого способа восстановления. Следует также иметь в виду, что с увеличением толщины слоя хрома прочность покрытия уменьшается (максимально допустимая толщина слоя хрома после шлифования для поверхностей скольжения шпинделя не должна превышать: 0,12 мм при давлении до 50 МПа; 0,05...0,1 мм при давлении 50...200 МПа; 0,03 мм при давлении, превышающем 200 МПа и динамической нагрузке с нагревом).

Шейки шпинделей с наращенным на них хромовым слоем обрабатывают шлифованием с последующей притиркой, если же на шейки наносятся другие металлы соответственно большими слоями, чем при хромировании, шейки сначала обтачивают, а потом шлифуют. При этом им придают по направлению к заднему концу конусность до 0,01 мм, для того чтобы при шабрении подшипников слой краски, нанесенный на шейки, полностью использовался для закрасивания поверхности подшипников.

Шейки шпинделей под подшипники скольжения (в том числе с осевыми микротрещинами) восстанавливают установкой на клее тонкостенных компенсационных наделок или вставок. Практика показывает, что такие шпиндели служат дольше, а в ряде случаев - и лучше новых, если наделки и вставки изготовлены из материалов с более высокими эксплуатационными свойствами. При этом достигается значительная экономия материалов и сокращаются затраты на ремонт.

Для установки компенсационных наделок или вставок с поверхности шпинделя стачивают слой металла с целью посадки соответствующей детали-компенсатора в виде втулки с номинальным размером или увеличенным ремонтным размером восстанавливаемой поверхности (при этом снимаемый слой металла должен быть минимальным (до 10 - 15 % номинального диаметра сплошного сечения вала или толщины стенки полого шпинделя). Для восстановления неподвижной посадки, например поверхности шпинделя под подшипник качения, компенсационная наделка может быть тонкостенной (0,5...2 мм), а при восстановлении шейки шпинделя под подшипник скольжения ее толщина должна быть не менее 2,5 мм. Компенсационные тонкостенные наделки изготавливают из металла, соответствующего материалу ремонтируемого вала или отвечающего повышенным требованиям. Внутренний диаметр выполняют по месту с зазором 0,05 мм по диаметру

(с шероховатостью поверхности $Ra=20$ мкм), а наружный - с припуском 3...5 мм. Окончательную обработку ведут при интенсивном охлаждении через 24 часа после установки втулки и отверждения клея. Компенсационные втулки толщиной 2,5...3,5 мм и более целесообразно изготавливать из цементируемой стали. Восстанавливаемый диаметр выполняют с припуском 0,3 мм, а диаметр втулки, сопрягаемой с валом, шпинделем или осью, обрабатывают с припуском 3...4 мм. После цементации с этой поверхности снимают науглероженный слой металла и закаляют втулку до HRC 58...60. Незакаленную поверхность втулки обрабатывают на токарном станке по размеру подготовленной поверхности вала с зазором по диаметру 0,05 мм (шероховатость поверхности $Ra=20$ мкм). Закаленную восстанавливаемую поверхность втулки окончательно шлифуют после установки ее на вал и отверждения клея.

При окончательной механической обработке наделок и вставок нельзя допускать перегрева, так как при этом может разрушиться клеевая пленка (поэтому операцию выполняют с обильным охлаждением).

Для выполнения механической обработки шпинделя проводится следующая подготовка. Сначала выбирают неизношенные поверхности, принимаемые за базу для выполнения центrovания, осуществляемого установкой специальных технологических пробок. Вытачивают стальные пробки и плотно вставляют их в отверстия 1 и 6 шпинделя (рисунок 6.1). Отверстия предварительно зачищают от забоин, проверяют контрольными пробками на краску (отпечатки краски должны покрывать не менее 70% площади, контактируемой с пробкой) и при необходимости доводят притиркой, точением или шлифованием). После этого закрепляют шпиндель одним концом в патроне токарного станка, а второй конец устанавливают неизношенным местом в люнете и выверяют шпиндель на биение, которое не должно превышать 0,005 мм; затем делают в пробке центровое отверстие. После этого шпиндель переставляют, зажимают его второй конец в патроне, а первый в люнете и изготавливают второе центровое отверстие. Теперь шпиндель устанавливают в центрах и проверяют правильность центrovания; биение его неизношенных мест, определяемое по индикатору, должно быть не выше 0,01 мм.

Выполнив описанные операции, приступают к обработке шпинделя точением и шлифованием.

Изношенное конусное отверстие шпинделей ремонтируют по-разному в зависимости от величины износа. При сильном износе отверстие растачивают и затем в него запрессовывают втулку (рисунок 6.3). При небольшом износе отверстия (неглубокие риски, незначительные забоины) его шлифуют до ближайшего стандартного размера переднего центра.

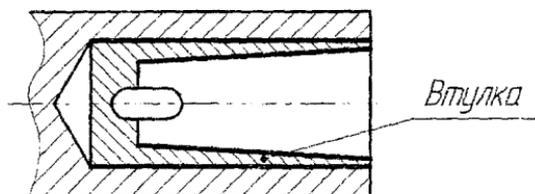


Рисунок 6.3 – Восстановление конического отверстия шпинделя сверлильного станка

Механическую обработку конусного отверстия шпинделя целесообразно выполнять не снимая шпиндель со станка, что обеспечивает хорошее центрирование оси отверстия с осью шпинделя. При обработке конусного отверстия на месте применяются приспособления, одно из которых описано ниже (рисунок 6.4).

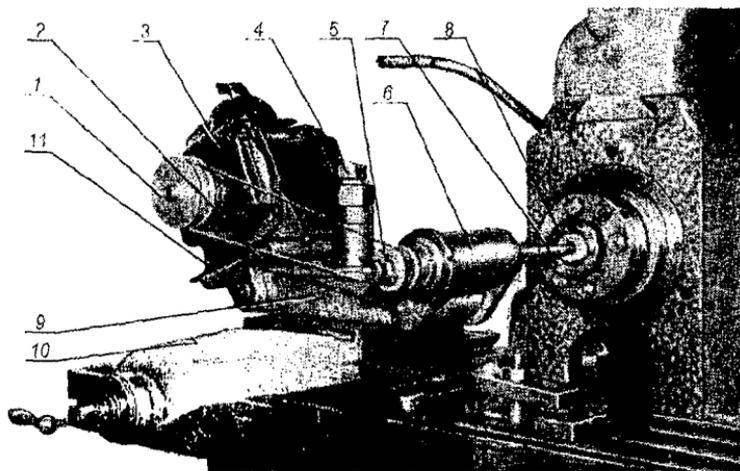


Рисунок 6.4 – Приспособление для шлифования отверстий шпинделей

Приспособление крепится на станке болтом и гайкой 4. Электродвигатель 3, которым оно снабжено, закреплен на поворотной подушке 2, шарнирно соединенной с подушкой 9 пальцем 11. На подушке укреплен корпус 6, в котором смонтирован на шарикоподшипниках шпиндель 7 с абразивным кругом 8. Шпиндель можно располагать на той или иной высоте относительно отверстия, подлежащего обработке. Шпиндель вращается со скоростью 7000 мин^{-1} , получаема дроблением через ременную передачу со шкивами 1 и 5 от электродвигателя мощностью всего 0,6 кВт при числе оборотов 2800 мин^{-1} . Приспособление устанавливают на переносном ступенчатом 10, который крепят на каретке или на столе станка; что позволяет устанавливать приспособление под тем или иным углом и обеспечивает подачу круга при шлифовании отверстия.

В случае повреждения и износа резьбы шпинделя при восстановлении применяется наплавка с последующим перекаливанием резьбы до номинального размера. Перенарезать резьбу на меньший диаметр не рекомендуется, так как она становится нестандартной.

Точность конического отверстия шпинделя проверяют стандартным конусным калибром. Контрольная риска на калибре не должна входить в отверстие, между ней и торцом шпинделя должно оставаться расстояние в 1–2 мм. Если же контрольная риска входит в отверстие, то подрезают торцевую часть шпинделя на глубину, чтобы получить нормальную посадку калибра.

Ось конического отверстия шпинделя проверяют на биение индикатором по контрольной оправке, вставленной в отверстие. Допускается отклонение от оси 0,01 мм у торца шпинделя и 0,02 мм на длине 300 мм. Поверхность 5 шпинделя (рисунок 6.1) может иметь предельно допустимое биение 0,01 мм.

Содержание отчёта по практической работе

1. Эскиз шпинделя (по указанию преподавателя).
2. Маршрутный технологический процесс ремонта шпинделя.

Контрольные вопросы

1. Какие поверхности шпинделей относятся к наиболее ответственным? Какие требования предъявляются к ним?
2. Как осуществляется ремонт шеек шпинделя в зависимости от величины износа?
3. В каких случаях и как применяют компенсационные наделки и вставки?
4. Как осуществляется механическая обработка поверхностей шпинделя?
5. Как осуществляется ремонт конического отверстия шпинделя в зависимости от величины износа?
6. Как осуществляется восстановление резьбы шпинделя?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник механика машиностроительного завода / Под ред. Ю.С. Борисова: в 2-х т. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1971. Т.1: Организация и конструкторская подготовка ремонтных работ. – 624 с.
2. Справочник механика машиностроительного завода: в 2-х т. / Под ред. Ю.С. Борисова – М.: Книга по требованию, 2012. Т.2: Технология ремонта. – 1067 с.
3. Фундаменты машин с динамическими нагрузками: СНиП 2.02.05-87. – М.: ГОССТРОЙ СССР, 1988.
4. Батищев, А.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / А.Н. Батищев. – М.: КОЛОСС, 2007. – 424 с.
5. Воронкин, Ю.Н. Методы профилактики и ремонта промышленного оборудования: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю.Н. Воронкин, Н.В. Поздняков. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 240 с.
6. Борисов, Ю.С. Организация ремонта и технического обслуживания оборудования / Ю.С. Борисов. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с.
7. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий. Изд. 6-е. – М.: Машиностроение, 1967. – 591 с.
8. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник / А.И. Ящура. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
9. Пекелис, Г.Д. Технология ремонта металлорежущих станков / Г.Д. Пекелис, Б.Т. Гельберг. – Л.: Машиностроение, 1970. – 320 с.
10. Шейнгольд, Е.М. Технология ремонта и монтажа промышленного оборудования / Е.М. Шейнгольд, Л.Н. Нечаев. – 2-е изд., перераб. – Л.: Машиностроение, 1973. – 400 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1П – Расчётные сопротивления R оснований из глинистых грунтов с малой структурной связностью, МПа

Наименование грунта	Коэффициент пористости ϵ	Состояние грунта в основании	
		Твёрдое	Пластичное
Супеси	0,5	0,30	0,30
	0,7	0,25	0,20
Суглинки	0,5	0,30	0,25
	0,7	0,25	0,18
	1,0	0,20	0,10
Глины	0,5	0,60	0,40
	0,6	0,50	0,30
	0,8	0,30	0,20
	1,1	0,25	0,10

Таблица 2П – Расчётные сопротивления R песчаных оснований, МПа

Наименование грунта	Грунта основания		
	Плотные	Средней плотности	
Пески гравелистые и крупные	0,45	0,35	
Пески средней крупности	0,30	0,25	
Пески мелкие			
	маловлажные	0,30	0,20
	очень влажные	0,25	0,15
Пески пылеватые			
	маловлажные	0,25	0,20
	очень влажные	0,20	0,15
	насыщенные водой	0,15	0,10

Таблица 3П – Расчётные сопротивления R оснований из крупнообломочных грунтов, МПа

Наименование грунта	Расчётное сопротивление
Щебенистый с песчаным заполнением пор	0,60
Гравийный из обломков кристаллических пород	0,5
Гравийный из обломков осадочных пород	0,3

Таблица 4П – Допускаемые напряжения и модули упругости некоторых материалов

Материал	Допускаемое напряжение σ , МПа	Динамический модуль упругости E_d , МПа
1	2	3
Резина		
губчатая	0,03	3
мягкая	0,08	5
в виде ребристых плит с отверстиями	0,08-0,11	4-5
Резина специальных сортов	0,3-0,4	4-12
Пробка натуральная	0,15-0,2	3-4
Плиты из пробковой крошки	0,06-0,1	6
Войлок		
мягкий	0,02-0,03	2
жёсткий прессованный	0,14	9
с прослойкой пробки	0,2	8

Таблица 5П – Значения коэффициентов K_1 и K_3

Масса станка, т	до 10	10-30	30-100	100-160	св. 160
K_1	0,012	0,016	0,020	0,024	0,038
K_3		0,2		0,3	

Примечание: Значения K_3 даны для станков, на которых установлен односкоростной электродвигатель, для многоскоростных значение K_3 уменьшается пропорционально числу скоростей.

Таблица 6П – Значение коэффициента K_2

Л.м.л, мм	до 2000	2000- 3000	3000- 4000	4000- 5000	5000-6000	6000-15000	св. 15000
K_2	0,0010	0,0012	0,0014	0,0016	0,0018	0,0020	0,0024

Таблица 7П – Значение коэффициента K_T

Класс точности станка	Н	П	В	А	С
K_T	1,0	1,17	1,46	1,76	2,2

Таблица 8П – Значение коэффициента K_M

Масса станка, т	до 10	10-30	30-60	60-100	св. 100
K_M	1,0	1,5	1,5	1,8	2,1

Таблица 9П – Значение коэффициента $K_{ПР}$

Исполнение привода	с коробкой скоростей		со ступенчатыми шкивами	
	с ручной подачей	с механической подачей	с ручной подачей	с механической подачей
$K_{ПР}$	0,9	1,0	0,8	0,9

Таблица 10П – Значение коэффициента K_{ZC}

Число шпинделей Z	1	2	3	4	5	6	7	8
K_{ZC}	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4

Таблица 11П – Значение коэффициента γ

Вид насоса	лопастной		шестерённый	поршневой
	одинарный	сдвоенный		
γ	1,0	1,9	1,2	1,5

Таблица 12П – Структуры ремонтного цикла металлорежущих станков

Уровень точности	Масса, т	Структура ремонтного цикла (ТР – текущий ремонт, КР – капитальный ремонт)	Число текущих ремонтов в цикле	Число плановых осмотров в межремонтном периоде
Н	До 10	КР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	4	1
	Св. 10 до 100	КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	5	2
	Св. 10	КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	6	3
Ц, В, А, С	До 10	КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	8	1
	Св. 10 до 100	КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	8	2
	Св. 10	КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	9	2

Таблица 13П - Средние величины периодичности ремонтного цикла и межремонтных периодов технологического и подъемно-транспортного оборудования по типовому положению "Единая система ППР"

Вид станков	Периодичность ремонтного цикла			Межремонтные периоды				
	в отработанных станко-часах	в годах при работе			в отработанных станко-часах	в месяцах при работе		
		в 1 смену	в 2 смену	в 3 смену		в 1 смену	в 2 смены	в 3 смены
<i>Для лёгких и средних металлорежущих станков нормальной точности</i>								
<i>При работе на чугунах и сплавах цветных металлов</i>								
Работающие металлическим инструментом	21100	10,5	5,5	3,5	2350	14	7	5
	27500	13,5	7,0	4,5	3050	18	9	6
Работающие абразивным инструментом	19200	9,5	5,0	3,5	2150	13	6	4
	25000	12,5	6,5	4,5	2800	16	8	5
<i>При работе на конструкционных сталях</i>								
Работающие металлическим инструментом	26400	13,0	6,5	4,5	2950	17	9	6
	34200	17,0	8,5	6,0	3800	23	11	8
Работающие абразивным инструментом	21600	11,0	5,5	3,5	2400	14	7	5
	28100	14,0	7,0	5,0	3100	18	9	6

Таблица 14П – Трудоёмкости ремонта и полного планового осмотра в часах

Виды работ	Наименование работ	Норма времени на единицу ремонтосложности				
		Капитальный ремонт	Текущий ремонт	Осмотр	Осмотр перед капитальным ремонтом	
При ремонте механической части	Станочные	Изготовление заменяемых деталей	10,7	2,0	0,1	0,1
		Восстановление деталей	3,0	-	-	-
		Пригонка при сборке	0,3	-	-	-
		Итого	14,0	2,0	0,1	0,1
	Слесарные и др.	Изготовление заменяемых деталей	1,1	0,2	-	-
		Восстановление деталей	0,8	-	-	-
		Разборка, сборка, пригонка и др.	34,1	3,8	0,75	1,0
		Итого	36,0	4,0	0,75	1,0
	Итого	Изготовление заменяемых деталей	11,8	2,2	0,1	0,1
		Восстановление деталей	3,8	-	-	-
		Разборка, сборка, пригонка и др.	34,4	3,8	0,75	1,0
		Всего	50,0	6,0	0,85	1,0
При ремонте электрической части	Станочные	Изготовление заменяемых деталей	2,5	0,3	-	-
		Итого	2,5	0,3	-	-
	Слесарные и др.	Изготовление заменяемых деталей	0,2	-	-	-
		Разборка, сборка, пригонка и др.	9,8	1,2	0,2	0,25
		Итого	10,0	1,2	0,2	0,25
		Итого	Изготовление заменяемых деталей	2,7	0,3	-
	Разборка, сборка, пригонка и др.	9,8	1,2	0,2	0,25	
	Всего	12,5	1,5	0,2	0,25	

Примечание: Приведёнными нормами предусмотрено: 1) изготовление всех заменяемых деталей заводом, эксплуатирующим оборудование (при получении части деталей со специализированных заводов нормы станочных и слесарных работ на изготовление деталей должны быть уменьшены пропорционально проценту по массе запасных частей, поступающих со стороны); 2) упрочнение направляющих поверхностей базовых деталей газопламенной закалкой или наклеиванием стальных закалённых накладок (при невыполнении упрочнения норма слесарных работ должна быть уменьшена на 2 ч); 3) восстановление рабочих базовых деталей шлифованием (при вынужденной замене шлифования шабрением норма станочных работ должна быть уменьшена на 1 ч, а слесарных увеличена на 4 ч).

Таблица 15П - Нормы продолжительности простоя оборудования в неаппаратизированном производстве ремонте и техническом обслуживании

Виды работ	Нормы простоя, ч/R _м , при работе ремонтной бригады		
	в 1 смену	в 2 смены	в 3 смены
Ремонт:			
капитальный	16	18	20
текущий	12	2,2	2,4
Осмотр:			
перед капитальным ремонтом	0,5	0,5	0,5
плановый (полный)	0,4	0,4	0,4
Проверка точности (самостоятельная операция)	0,2	-	-
Промывка (самостоятельная операция)	0,2	-	-
Испытания электрической части (самостоятельная операция)	0,1	-	-

Примечание: 1. Нормы не предусматривают затраты времени на снятие оборудования с фундамента, транспортирование его в ремонтный цех и установку на фундамент.

2. Для оборудования, проработавшего свыше 20 лет, нормы могут быть увеличены на 10%.

3. При модернизации оборудования во время его капитального ремонта нормы простоя могут быть увеличены в зависимости от объема работ по модернизации.

Таблица 16П - Зависимость толщины наплавляемого слоя от диаметра электродной проволоки

Толщина наплавляемого слоя, мм	Диаметр электродной проволоки, мм
1	1,6
2	2,0
3	2,5

Таблица 17П - Зависимость силы тока от диаметра детали

Диаметр детали, мм	Сила тока I _{св} (А) при диаметре электродной проволоки, мм	
	1,2...1,6	2,0...2,5
50...60	120...140	140...160
65...75	150...170	180...220
80...100	180...200	230...280
150...200	230...250	300...350
250...300	270...300	350...380

Таблица 18П - Технические характеристики наплавочных станков

Параметр	У-465	У-427
Диаметр наплавляемой детали d, мм	25...100	40...100
Длина наплавляемой детали l, мм	2000	1800
Диаметр наплавляемой проволоки под слоем флюса d _{пф} , мм	1,6...2,0	1,6...2,0
Диаметр порошковой проволоки d _{пр} , мм	2,0...2,8	2,0...2,8
Сварочный ток I _{св} , А	до 600	до 600
Скорость подачи электрода V _{пэ} , м/ч	24...240	24...240
Скорость наплавки V _н , м/ч	20...80	20...80
Шаг наплавки s, мм/об	1,0...12,0	2,0...12,0
Габаритные размеры, мм	2330x520x1120	3000x1330x2980
Масса, кг	880	1783

Таблица 19П - Вспомогательное время на проход, мин

Скорость	Масса наплавляемой детали не более, кг		
	5	10	20
В центре	0,6	0,8	1,1
В стороне	0,7	1,0	1,5
На оребрении	1,6	1,8	2,1

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

*Юрий Александрович Дакало
Виктор Петрович Горбунов
Владимир Фёдорович Григорьев*

Методические указания

к практическим работам

по курсам «Эксплуатация технологического оборудования»
для студентов специальности 1-36 01 03

«Технологическое оборудование машиностроительного производства»,

«Испытания и эксплуатация технологического оборудования»

для студентов специальности 1-36 01 01

«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Дакало Ю.А.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 13.12.2013 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка».
Гарнитура Arial. Усл. печ. л. 3,02. Уч. изд. л. 3,25. Заказ № 1270. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.