

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии машиностроения

МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Институты:

Машиностроительно-технологический институт

Институт управления производственными и инновационными программами

Специальности:

151001.65 – технология машиностроения

080502.65 – экономика и управление на предприятии машиностроения

Специализации:

151001.65-01 – технология автоматизированного производства

080502.65-01 – экономика и управление на предприятии (по отраслям)

Направления подготовки бакалавра:

150900.62 – технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

080500.62 – менеджмент

Санкт-Петербург
Издательство СЗТУ
2009

Утверждено редакционно-издательским советом университета

УДК 621.9 09 (077)

Монтаж оборудования: учебно-методический комплекс / сост.: В.В. Максаров, В.А. Денисов, А.Д. Халимоненко. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. – 123 с.

Учебно-методический комплекс разработан в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования.

Дисциплина посвящена изучению вопросов жесткой и упругой установки (монтажа) станочного оборудования на бетонной плите цеха, одиночных или общих массивных фундаментах, с креплением или без крепления фундаментными болтами.

Рассмотрено на заседании кафедры технологии машиностроения 30.06.08, одобрено методической комиссией машиностроительно-технологического института 15.12.08.

Рецензенты: кафедра технологии машиностроения СЗТУ (зав. кафедрой В.В. Максаров, д-р техн. наук, проф.); Ю.М. Зубарев, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой технологии машиностроения СПИМаш.

Составители: В.В. Максаров, д-р техн. наук, проф.,
В.А. Денисов, канд. техн. наук, доц.,
А.Д. Халимоненко, доц.

© Северо-Западный государственный заочный технический университет, 2009
© Максаров В.В., Денисов В.А., Халимоненко А.Д., 2009

1. Информация о дисциплине

1.1. Предисловие

Дисциплина «Монтаж оборудования» изучается студентами специальностей 151001.65 и 080502.65 всех форм обучения в одном семестре на последнем курсе. Дисциплина «Монтаж оборудования» включает в себя разделы: общие сведения о монтаже станочного оборудования; монтаж станков нормальной точности; монтаж прецизионных станков; установка станков, работающих в автоматических комплексах.

Целью изучения дисциплины является получение студентами данных специальностей знаний об общем технологическом процессе ввода в эксплуатацию наиболее приоритетного оборудования предприятий машиностроения – станочного оборудования, основные знания о которых студенты приобретают в базовых курсах «Металлорежущие станки» (спец.151001.65) и «Оборудование машиностроительного производства» (спец. 080502.65).

Задачи изучения дисциплины – усвоение основных положений установки станочного оборудования нормальной точности и точного, а также станочного оборудования, работающего в автоматических комплексах.

В результате изучения дисциплины студент должен овладеть основами знаний по дисциплине, формируемыми на нескольких уровнях.

Иметь представление:

- об основных факторах в основном определяющих выбор способа установки станочного оборудования;

- о том, как влияют способы установки станков на их производительность и долговечность, точность обработки и шероховатость обработанной поверхности.

Знать:

- наиболее распространенные виды фундаментов под станочное оборудование;

- способы установки станков на фундаменты;
- особенности жесткой и упругой установки станков;
- как влияют технологические особенности производства на выбор способа установки станков.

Уметь:

- оценивать возможность установки станка на бетонной плите цеха и на перекрытии;
- определять размеры фундамента и в том числе его минимально допустимую высоту при установке станка массой до 30 т;
- при необходимости осуществлять виброизоляцию станка;
- проверять качество установочных и монтажных работ;
- рационально размещать точные станки в одном помещении со станками, работающими со значительными динамическими нагрузками;
- принимать решение о способе установки универсального станка в действующем цехе.

Владеть:

- методами проектирования и расчета фундаментов для установки авторемонтного оборудования.

Место дисциплины в учебном процессе:

Теоретической и практической основами дисциплины являются курсы «Металлорежущие станки», «Оборудование машиностроительного производства». Приобретенные знания студентами будут непосредственно использованы при изучении дисциплины «Проектирование машиностроительного производства», а также в дипломном проектировании.

1.2. Содержание дисциплины и виды учебной работы

1.2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы специальности 151001.65

Вид учебной работы	Всего часов		
	форма обучения		
	очная	очно-заочная	заочная
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	115		
Работа под руководством преподавателя (включая ДОТ)	69	69	69
В том числе аудиторные занятия: лекции практические занятия (ПЗ)	44 8	20 8	8 6
Самостоятельная работа студента (СР)	46	46	46
Текущий контроль, количество в том числе: контрольная работа	4 -	5 1	5 1
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет		

1.2.2. Объем дисциплины и виды учебной работы специальности 080502.65

Вид учебной работы	Всего часов		
	форма обучения		
	очная	очно-заочная	заочная
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	120		
Работа под руководством преподавателя (включая ДОТ)	72	72	72
В том числе аудиторные занятия: лекции практические занятия (ПЗ)	44 6	16 6	8 4
Самостоятельная работа студента (СР)	48	48	48

Текущий контроль, количество в том числе: контрольная работа	4 -	5 1	5 1
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет		

1.2.3. Перечень видов практических занятий и контроля

- одна контрольная работа (для очно-заочной и заочной форм обучения);
- практические занятия – для специальности 151001.65 - 8 часов (для очной и очно-заочной форм обучения); 6 часов (для заочной формы обучения); для специальности 080502.65 – 6 часов (для очной и очно-заочной форм обучения); 4 часа (для заочной формы обучения).
- тесты (тренировочный и контрольный);
- зачет.

2. Рабочие учебные материалы

2.1. Рабочая программа (объем 120 часов)

Введение (2 часа)
[4], с. 411...412; [3], с. 3...7

Дисциплина «Монтаж оборудования» в свете подготовки специалистов специальностей 151001.65-01 и 080502.65. Монтаж металлорежущих станков – составная часть общего технологического процесса внедрения в эксплуатацию промышленного оборудования. Предмет дисциплины. Знание основных положений дисциплины – база для решения вопросов внедрения в эксплуатацию любого промышленного оборудования машиностроительных предприятий.

Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования (36 часов)

1.1. Фундаменты под станки; способы установки станков на фундаменты (8 часов)

[5], с. 138; [3], с. 7...9

Основные виды фундаментов станков, способы установки станков на фундаменты. Особенности жесткой и упругой установки станков. Влияние

особенностей автоматизированного станочного оборудования на выбор способа его установки. Принятие решений о выборе способа установки станков.

1.2. Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте (8 часов)

[3], с. 91....106; [2], с. 390...392

Жесткие опорные элементы – клинья, подкладки, клиновые и винтовые башмаки, домкраты и т.п. Конструкции клиновых опор простых и повышенной жесткости, винтовых опор, используемых для станков, закрепляемых и не закрепляемых болтами. Закрепление станков на фундаментах с помощью глухих фундаментных болтов с отгибом, с анкерной плитой, составными с анкерной плитой, съемными фундаментными болтами с закладной анкерной плитой, с изолирующей трубой, с креплением станков фундаментными гайками, цанговыми фундаментными болтами и винтами с резиновой втулкой.

1.3. Характеристики грунтов (4 часа)

[3], с. 75....81

Классификация и основные характеристики грунтов. Твердое, пластичное и текучее состояние грунта. Границы перехода одного состояния в другое. Формы консолидации грунта.

1.4. Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков (8 часов)

[4], с. 100...110; 510...530

Средства измерения точности взаимного положения узлов станка при его монтаже: меры длины концевые плоскопараллельные ГОСТ 9038-92, линейки поверочные ГОСТ 8026-92, уровни брусковые и рамные ГОСТ 9392-89. Методы проверки точности взаимного положения узлов станка при его монтаже: уровнем, установленным на линейке, алгебраической разностью показаний брускового или рамного уровней, гидростатическим уровнем, с помощью струны, лазерным лучом. Методы проверки точности взаимного положения станков, устанавливаемых в автоматическую линию.

1.5. Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка (8 часов)
[3], с. 30, 81...91

Определение размеров фундамента в плане и высоты фундамента. Рекомендации СНиП о назначении высоты фундамента под станки массой до 30 т. Методика проверочного расчета толщины подстилающего слоя полов первого этажа.

Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности (28 часов)

2.1. Общие сведения и рекомендации (12 часов)
[3], с. 10...28, [2], с. 390...392

Требования, предъявляемые к установке станков нормальной точности. Влияние способа установки станков на их работоспособность при действии статических и динамических нагрузок.

2.2. Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах (16 часов)
[3], с. 29...35

Жесткость станины и масса станка – как критерии возможности установки станка нормальной точности на бетонный пол цеха или утолщенные бетонные ленты или специально проектируемые массивные фундаменты или перекрытия. Прочность несущих конструкций здания и уровень колебания перекрытия – дополнительные условия возможности установки станка на перекрытии. Допустимый уровень колебаний перекрытия по санитарно – гигиеническим нормам. Опорные элементы и способы крепления станков на общей бетонной плите цеха, массивных фундаментах, перекрытиях. Проверка прочности бетонной плиты цеха под действием силы тяжести установленного станка. Установочные чертежи станков.

Раздел 3. Монтаж прецизионных станков (28 часов)

3.1. Общие сведения и рекомендации (12 часа)

[3], с. 107...147

Влияние способа установки на работоспособность станков. Температурные деформации станин с фундаментами. Особенности станков разных типов, определяющие выбор способа их виброизоляции: круглошлифовальных, внутришлифовальных и плоскошлифовальных; зубошлифовальных и резьбошлифовальных; координатно-расточных и алмазно-расточных; зубофрезерных. Рекомендации по установке прецизионных станков. Размещение станков и оценка уровня колебаний основания, при котором будут работать рассматриваемые станки. Определение параметров виброизоляции. Оценка возможности виброизоляции с помощью упругих опор, устанавливаемых непосредственно под станину. Выбор массы бетонного блока и способа его опирания. Установочные чертежи станков.

3.2. Опоры для виброизолирующей установки станков (16 часов)

[3], с. 170...182

Основные конструкции резинометаллических опор. Сравнительный анализ равночастотных опор и опор с линейной характеристикой. Виброизоляторы и системы установки с автоматическим регулированием жесткости опоры. Свайные фундаменты, фундаменты на резиновых ковриках и пружинах.

Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах (25 часов)

4.1. Особенности установки станков автоматических комплексов (11 часов)

[3], с. 184...190

Особенности автоматизированного оборудования, учитываемые при выборе способа установки станков автоматических комплексов: повышенная

интенсивность эксплуатации; высокая производительность; высокая степень автоматизации; конструктивные особенности автоматизированных станков; высокая точность монтажа станков, связанных единым транспортом; сложные конструктивные формы фундаментов; высокая стоимость.

4.2. Общие сведения о конструкциях фундаментов и установке станков в автоматических линиях (14 часов)

[3], с. 29...35

Требования, предъявляемые к фундаментам автоматических линий. Последовательность установки автоматических линий на фундаменте. Точность установки оборудования в автоматической линии. Опоры станков автоматической линии. Балочные настилы под автоматическую линию. Крепление станков на балочном фундаменте.

Заключение (1 час)

Пройденный материал необходим для правильного решения технологических задач по монтажу станочного оборудования, применяемого в машиностроительных предприятиях, с учетом конкретных производственных условий.

2.2. Тематический план дисциплины

2.2.1. Тематический план дисциплины для студентов очной формы обучения специальности 151001.65

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля											
			лекции		ПЗ (С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые Работы
			аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ВСЕГО	115	44	15	8	2	-	-	46	4		2		
	Введение	2	-	2	-	-	-	-	-					
1	Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования	36	16	2	8	2	-	-	8	№1				

1.1	Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	8	2	-	4	-	-	-	2			№1		
1.2	Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте	8	4	2	-	-	-	-	2					
1.3	Характеристики грунтов	4	2	-	-	-	-	-	2					
1.4	Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков	8	6	-	-	-	-	-	2					
1.5	Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	8	2	-	4	2	-	-	-			№2		
2	Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности	28	12	4	-	-	-	-	12	№2				
2.1	Общие сведения и рекомендации	12	4	2	-	-	-	-	6					
2.2	Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах.	16	8	2	-	-	-	-	6					
3	Раздел 3. Монтаж прецизионных станков	28	10	4	-	-	-	-	14	№3				
3.1	Общие сведения и рекомендации	12	4	2	-	-	-	-	6					
3.2	Опоры для виброизолирующей установки станков	16	6	2	-	-	-	-	8					
4	Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах	20	6	2	-	-	-	-	12	№4				
4.1	Особенности установки станков автоматических комплексов	6	2	2	-	-	-	-	2					

4.2	Общие сведения о конструкциях фундаментов и установке станков в автоматических линиях	14	4	-	-	-	-	-	10					
	Заключение	1	-	1	-	-	-	-	-					

2.2.2. Тематический план дисциплины для студентов очно-заочной формы обучения специальности 151001.65

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля											
			лекции		ПЗ(С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые Работы
			аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ВСЕГО	115	20	37	8	4	-	-	46	4	1	2		
	Введение	2	-	2	-	-	-	-	-					
1	Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования	36	6	8	8	4	-	-	10	№1				
1.1	Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	8	1	1	4	2	-	-	-			№1		
1.2	Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте	8	1	3	-	-	-	-	4					
1.3	Характеристики грунтов	4	1	-	-	-	-	-	3					
1.4	Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков	8	1	4	-	-	-	-	3					
1.5	Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	8	2	-	4	2	-	-	-		№1	№2		

2	Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности	28	6	8	-	-	-	-	14	№2				
2.1	Общие сведения и рекомендации	12	2	4	-	-	-	-	6					
2.2	Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах	16	4	4	-	-	-	-	8					
3	Раздел 3. Монтаж прецизионных станков	28	6	8	-	-	-	-	14	№3				
3.1	Общие сведения и рекомендации	12	2	4	-	-	-	-	6					
3.2	Опоры для виброизолирующей установки станков	16	4	4	-	-	-	-	8					
4	Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах	20	2	10	-	-	-	-	8	№4				
4.1	Особенности установки станков автоматических комплексов	6	1	4	-	-	-	-	1					
4.2	Общие сведения о конструкциях фундаментов и установке станков в автоматических линиях	14	1	6	-	-	-	-	7					
	Заключение	1	-	1	-	-	-	-	-					

2.2.3. Тематический план дисциплины для студентов заочной формы обучения специальности 151001.65

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля											
			лекции		ПЗ (С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые Работы
			аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ВСЕГО	115	8	49	6	6	-	-	46	4	1	2		
	Введение	2	-	2	-	-	-	-	-					

1	Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования	36	2	8	6	6	-	-	14	№1				
1.1	Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	8	2	2	2	2	-	-	-			№1		
1.2	Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте	8	-	2	-	-	-	-	6					
1.3	Характеристики грунтов	4	-	2	-	-	-	-	2					
1.4	Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков	8	-	2	-	-	-	-	6					
1.5	Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	8	-	-	4	4	-	-	-		№1	№2		
2	Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности	28	2	14	-	-	-	-	12	№2				
2.1	Общие сведения и рекомендации	12	1	6	-	-	-	-	5					
2.2	Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах	16	1	8	-	-	-	-	7					
3	Раздел 3. Монтаж прецизионных станков	28	1	13	-	-	-	-	14	№3				
3.1	Общие сведения и рекомендации	12	-	6	-	-	-	-	6					
3.2	Опоры для виброизолирующей установки станков	16	1	7	-	-	-	-	8					
4	Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах	20	3	11	-	-	-	-	6	№4				
4.1	Особенности установки станков автоматических комплексов	6	1	2	-	-	-	-	3					

4.2	Общие сведения о конструкциях фундаментов и установке станков в автоматических линиях	14	2	9	-	-	-	3					
	Заключение	1	-	1	-	-	-	-					

2.2.4. Тематический план дисциплины для студентов очной формы обучения специализации 080502.65

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля											
			лекции		ПЗ (С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые Работы
			аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ВСЕГО	120	44	20	6	2	-	-	48	4		2		
	Введение	2	-	2	-	-	-	-	-					
1	Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования	36	16	2	6	2	-	-	10	№1				
1.1	Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	8	2	-	4	-	-	-	2			№1		
1.2	Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте	8	4	2	-	-	-	-	2					
1.3	Характеристики грунтов	4	2	-	-	-	-	-	2					
1.4	Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков	8	6	-	-	-	-	-	2					
1.5	Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	8	2	-	2	2	-	-	2			№2		
2	Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности	28	12	4	-	-	-	-	12	№2				

2.1	Общие сведения и рекомендации	12	4	2	-	-	-	-	6					
2.2	Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах	16	8	2	-	-	-	-	6					
3	Раздел 3. Монтаж прецизионных станков	28	10	4	-	-	-	-	14	№3				
3.1	Общие сведения и рекомендации	12	4	2	-	-	-	-	6					
3.2	Опоры для виброизолирующей установки станков	16	6	2	-	-	-	-	8					
4	Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах	25	6	7	-	-	-	-	12	№4				
4.1	Особенности установки станков автоматических комплексов	11	2	5	-	-	-	-	4					
4.2	Общие сведения о конструкциях фундаментов и установке станков в автоматических линиях	14	4	2	-	-	-	-	8					
	Заключение	1	-	1	-	-	-	-	-					

2.2.5. Тематический план дисциплины для студентов очно-заочной формы обучения специальности 080502.65

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля											
			лекции		ПЗ(С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые Работы
			аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ВСЕГО	120	16	46	6	4	-	-	48	4	1	2		
	Введение	2	-	2	-	-	-	-	-					
1	Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования	36	6	10	6	4	-	-	10	№1				

1.1	Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	8	1	1	2	2	-	-	2			№1		
1.2	Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте	8	1	3	-	-	-	-	4					
1.3	Характеристики грунтов	4	1	-	-	-	-	-	3					
1.4	Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков	8	1	6	-	-	-	-	1					
1.5	Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	8	2	-	4	2	-	-	-		№1	№2		
2	Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности	28	4	12	-	-	-	-	12	№2				
2.1	Общие сведения и рекомендации	12	2	4	-	-	-	-	6					
2.2	Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах	16	2	8	-	-	-	-	6					
3	Раздел 3. Монтаж прецизионных станков	28	4	12	-	-	-	-	12	№3				
3.1	Общие сведения и рекомендации	12	2	4	-	-	-	-	6					
3.2	Опоры для виброизолирующей установки станков	16	2	8	-	-	-	-	6					
4	Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах	25	2	9	-	-	-	-	14	№4				
4.1	Особенности установки станков автоматических комплексов	11	1	4	-	-	-	-	6					

4.2	Общие сведения о конструкциях фундаментов и установке станков в автоматических линиях	14	1	5	-	-	-	-	8					
	Заключение	1	-	1	-	-	-	-	-					

2.2.6. Тематический план дисциплины для студентов заочной формы обучения специальности 080502.65

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля											
			лекции		ПЗ (С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые Работы
			аудит.	ДОГ	аудит.	ДОГ	аудит.	ДОГ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ВСЕГО	120	8	54	4	6	-	-	48	4	1	2		
	Введение	2	-	2	-	-	-	-	-					
1	Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования	36	2	10	4	6	-	-	14	№1				
1.1	Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	8	1	3	2	2	-	-	-			№1		
1.2	Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте	8	-	2	-	-	-	-	6					
1.3	Характеристики грунтов	4	-	2	-	-	-	-	2					
1.4	Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков	8	-	2	-	-	-	-	6					
1.5	Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	8	1	1	2	4	-	-	-		№1	№2		
2	Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности	28	2	14	-	-	-	-	12	№2				

2.1	Общие сведения и рекомендации	12	1	6	-	-	-	-	5					
2.2	Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах	16	1	8	-	-	-	-	7					
3	Раздел 3. Монтаж прецизионных станков	28	2	14	-	-	-	-	12	№3				
3.1	Общие сведения и рекомендации	12	1	6	-	-	-	-	5					
3.2	Опоры для виброизолирующей установки станков	16	1	8	-	-	-	-	7					
4	Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах	25	2	13	-	-	-	-	10	№4				
4.1	Особенности установки станков автоматических комплексов	11	1	4	-	-	-	-	6					
4.2	Общие сведения о конструкциях фундаментов и установке станков в автоматических линиях	14	1	9	-	-	-	-	4					
	Заключение	1	-	1	-	-	-	-	-					

2.3. Структурно-логическая схема дисциплины «Монтаж оборудования»



2.4. Временной график изучения дисциплины при использовании ДОТ

№	Наименование раздела (темы)	Продолжительность изучения раздела (темы) в днях
		(из расчета – 4 часа в день)
1	Раздел 1. Общие сведения о монтаже авторемонтного оборудования	9 дн.
2	Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности	7 дн.
3	Раздел 3. Монтаж прецизионных станков	7 дн.
4	Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах	6 дн.
5	Контрольная работа	2 дн.
	ИТОГО	31 дн.

2.5. Практический блок

2.5.1. Практические занятия

2.5.1.1. Практические занятия (очная форма обучения, специальность 151001.65)

Номер и название раздела (темы)	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов	
		Ауд.	ДОТ
Тема 1.1. Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков	4	-
Тема 1.5. Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	4	2

2.5.1.2. Практические занятия (очно-заочная форма обучения, специальность 151001.65)

Номер и название раздела (темы)	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов	
		Ауд.	ДОТ
Тема 1.1. Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков	4	2

Тема 1.5. Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	4	2
--	---	---	---

2.5.1.3. Практические занятия (заочная форма обучения, специальность 151001.65)

Номер и название раздела (темы)	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов	
		Ауд.	ДОТ
Тема 1.1. Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков	2	2
Тема 1.5. Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	4	4

2.5.1.4. Практические занятия (очная форма обучения, специальность 080502.65)

Номер и название раздела (темы)	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов	
		Ауд.	ДОТ
Тема 1.1. Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков	4	-
Тема 1.5. Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	2	2

2.5.1.5. Практические занятия (очно-заочная форма обучения, специальность 080502.65)

Номер и название раздела (темы)	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов	
		Ауд.	ДОТ
Тема 1.1. Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков	2	2

Тема 1.5. Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	4	2
--	---	---	---

2.5.1.6. Практические занятия (заочная форма обучения, специальность 080502.65)

Номер и название раздела (темы)	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов	
		Ауд.	ДОТ
Тема 1.1. Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты	Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков	2	2
Тема 1.5. Определение размеров фундамента; проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	2	4

2.6. Балльно-рейтинговая система оценки знаний

Текущий рейтинг-контроль на лекции:

Весь материал разбит на 4 раздела и 11 тем. По завершении каждого раздела студенты проходят тест из десяти вопросов.

Оценка за тест:

Количество правильных ответов	Балл
0...3	0
4...6	3
7...9	5
10	10
Итого максимальное количество баллов: 10 баллов за 10 правильных ответов	

Учитывая, что имеется 40 тестовых заданий, то каждый студент может получить не более 40 баллов за 40 тестовых заданий.

Рейтинг-контроль на практических занятиях

Оценка знаний студентов (и уровень рейтинга) по каждой практической работе формируется в процессе собеседования на основе индивидуальных ответов на вопросы преподавателя. Студенты, обучающиеся с элементами ДОТ, используют учебный сайт СЗТУ.

Вид практических занятий (тема)	Кол-во заданий	Кол-во баллов за задание	Кол-во баллов за самоконтроль	Итого
Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков	1	5	5	$1 \times 5 + 5 = 10$
Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка	1	5	5	$1 \times 5 + 5 = 10$
Итого максимальное количество баллов:				20

Рейтинг-контроль за контрольные работы:

Тема контрольных работ	Кол-во заданий	Кол-во баллов за задание	Итого
№1 «Проверка прочности бетонной плиты пола цеха под действием веса устанавливаемого оборудования»	1	10	10
Итого максимальное количество баллов:			10

Студенты очной формы обучения получают эти баллы за выполнение заданий, выдаваемых преподавателем на занятиях.

Итого каждый студент может получить не более 70 баллов. 30 дополнительных баллов студент получает при высоком качестве выполнения заданий и за скорость их выполнения.

Оценка результатов обучения:

Оценка	Кол-во набранных баллов
Удовлетворительно (зачтено)	50...70
Хорошо	71...90
Отлично	91...100

3. Информационные ресурсы дисциплины

3.1. Библиографический список

Основной:

1. Металлорежущие станки: учебник для вузов/ В.Д. Ефремов [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2007. – 696 с.
2. Схиртладзе, А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов, 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков; под ред. Ю.М. Соломенцева – М.: Высшая школа, 2002. – 407 с.

Дополнительный:

3. Фундаменты и установка металлорежущих станков/ В.В. Каминская, Д. Н. Решетов. - М.: Машиностроение, 1975. - 208 с.
4. Металлорежущие станки: учебник для вузов/ В. Э. Пуш [и др.]; под ред. В. Э. Пуша. - М.: Машиностроение, 1986. - 575 с.
5. Металлорежущие станки и автоматы: учебник для вузов/ А. С. Проников [и др.]; под ред. А. С. Проникова. - М.: Машиностроение, 1981. - 480 с.
6. Справочник механика машиностроительного завода. – М.: Машиностроение, 2001.
7. Паспорта металлорежущих станков.
8. Строительные нормы и правила (СНиП –19–79, СНиП II-В.8-71, СНиП 2.02.05-87).

3.2. Опорный конспект

Введение

Вы начинаете изучение дисциплины «Монтаж оборудования». Данная версия дисциплины построена на базе станочного оборудования, всестороннее знание которого необходимо как будущему специалисту-технологу по обработке металлов резанием, так и будущему экономисту, работающему в машиностроительном комплексе.

Технологический процесс монтажа металлорежущих станков является частью общего технологического процесса введения в эксплуатацию промышленного оборудования, в котором работам по монтажу оборудования предшествуют работы по изготовлению фундамента для его установки, а по завершении монтажных работ выполняются пусконаладочные работы, которые в данном курсе не рассматриваются.

Различают типовые и рабочие технологические процессы монтажа металлорежущих станков. Типовые процессы (стандарт предприятия) устанавливают последовательность, средства измерения, методы контроля типовых технологических операций монтажа металлорежущих станков различных типоразмеров. Рабочие технологические процессы конкретизируют общий характер содержания типовых технологических операций с учетом условий производства и руководств по эксплуатации станков. В общем случае и типовые и рабочие технологические процессы монтажа металлорежущих станков включают операции следующих наименований: **транспортирование, комплектация, ревизия, расконсервация, установка, монтаж**. Функция первых четырех технологических операций вспомогательная. На этом этапе технологического процесса узлы станка транспортируются к месту монтажа, производится проверка комплектности оборудования по документам завода-изготовителя, проверяется наружным осмотром отсутствие повреждений и поломок, трещин, раковин и прочих видимых дефектов, узлы и детали станка расконсервируются. **Установка и монтаж** являются определяющими. На этом

этапе технологического процесса производится собственно установка станка на подготовленный заранее фундамент с окончанием работ либо на операции **установка**, либо на следующей за ней операцией - **монтаже**. В первом случае станок устанавливается на фундамент сразу, единым блоком (как твердое тело), во втором случае станок монтируется по частям: вначале на операции **установка** на фундамент устанавливается станина станка, на которую на операции **монтаж** монтируются все прочие его узлы. В процессе выполнения операций **установка** и **монтаж** и по их завершении производится контроль качества установочных и монтажных работ средствами измерений – уровнями, линейками и т.п.

В результате работы с данным курсом Вы получите представление о видах фундаментов под станки и авторемонтное оборудование, познакомитесь со способами установки оборудования на фундаментах и способами его крепления к фундаментам, с конструкцией клиновых, винтовых и резинометаллических опор.

В данном курсе рассматриваются вопросы определения размеров фундамента в плане и высоты фундамента, приводится инженерная методика проверки прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка.

Кроме сведений о подготовительных работах, проводимых до начала монтажных работ, в данном курсе большое внимание уделяется последовательности, средствам измерения, методам контроля операций рабочих технологических процессов монтажа различных типов станков и другого авторемонтного оборудования.

Освоение основных положений курса позволит Вам в дальнейшем технически грамотно и экономически целесообразно решать вопросы монтажа практически любого авторемонтного оборудования, в том числе сварочного, кузнечно-прессового, литейного и т.п.

Раздел 1. Общие сведения о монтаже станочного оборудования

Первый раздел курса включает пять тем: Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты. Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте. Характеристики грунтов. Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков. Определение размеров фундамента, проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка. Работа с темой 5 завершается выполнением контрольной работы. Пример выполнения задания разобран в «Методических указаниях к выполнению контрольной работы».

Работа с каждой темой раздела 1 завершается ответами на вопросы для самопроверки.

1.1. Фундаменты под станки, способы установки станков на фундаменты

Фундамент должен служить надежным основанием станка, обеспечивающим максимальное использование его возможностей по производительности и точности в течение заданного срока службы и исключая влияние станка на работу соседнего оборудования. Для этого необходимо, чтобы фундамент при удобном размещении и прочном закреплении станка отвечал требованиям обеспечения жесткости и виброустойчивости станка и ограничения уровня колебаний, передаваемых от станка.

По условиям прочности почти всякий грунт может служить надежным естественным основанием фундамента, так как при размерах фундамента, выбираемых из условия размещения станка, давление на основание обычно не превышает 5 Н/см^2 . Прочность элементов конструкции фундамента при реальных размерах и конструктивных формах фундаментов оборудования также обычно обеспечивается с запасом.

Требования к фундаментам по критериям жесткости и виброустойчивости установленных на них станков разных типов различны и определяются влиянием установки на работоспособность станков.

Влияние установки на **точность** обработки и **качество** обработанной поверхности определяется уровнем относительных статических перемещений и колебаний инструмента и детали, разным при различных способах установки. У тяжелых станков при недостаточной жесткости фундамента оказываются значительными погрешности обработки, обусловленные деформациями системы станина–фундамент под действием веса перемещающихся узлов станка. Вынужденные колебания, интенсивность которых зависит от установки станка, определяют появление искажений формы обрабатываемых деталей, в частности появление волнистости.

Влияние установки станков на **производительность** проявляется в том, что при более жесткой установке возможна обработка на более высоких режимах и выше устойчивость при резании.

Влияние установки на **долговечность** станков определяется повышенным темпом износа в связи с нарушением правильного контакта в направляющих и ростом колебаний, а также «разбалтыванием» резьбовых соединений при интенсивных колебаниях. Токарные, револьверные, шлифовальные и некоторые другие станки, установленные на полу без выверки и крепления, через короткое время теряют точность и требуют ремонта.

В настоящее время наиболее распространена установка станков на фундаменты трех видов (рис. 3.2.1): 1 - бетонные полы первого этажа (общая плита цеха); 2 - утолщенные бетонные ленты (ленточные фундаменты); 3 - специально проектируемые массивные фундаменты (индивидуальные или групповые): *а* - обычного типа (опирающиеся на естественное основание), *б* – свайные, *в*, *г* - виброизолированные – на резиновых ковриках и пружинах, соответственно.

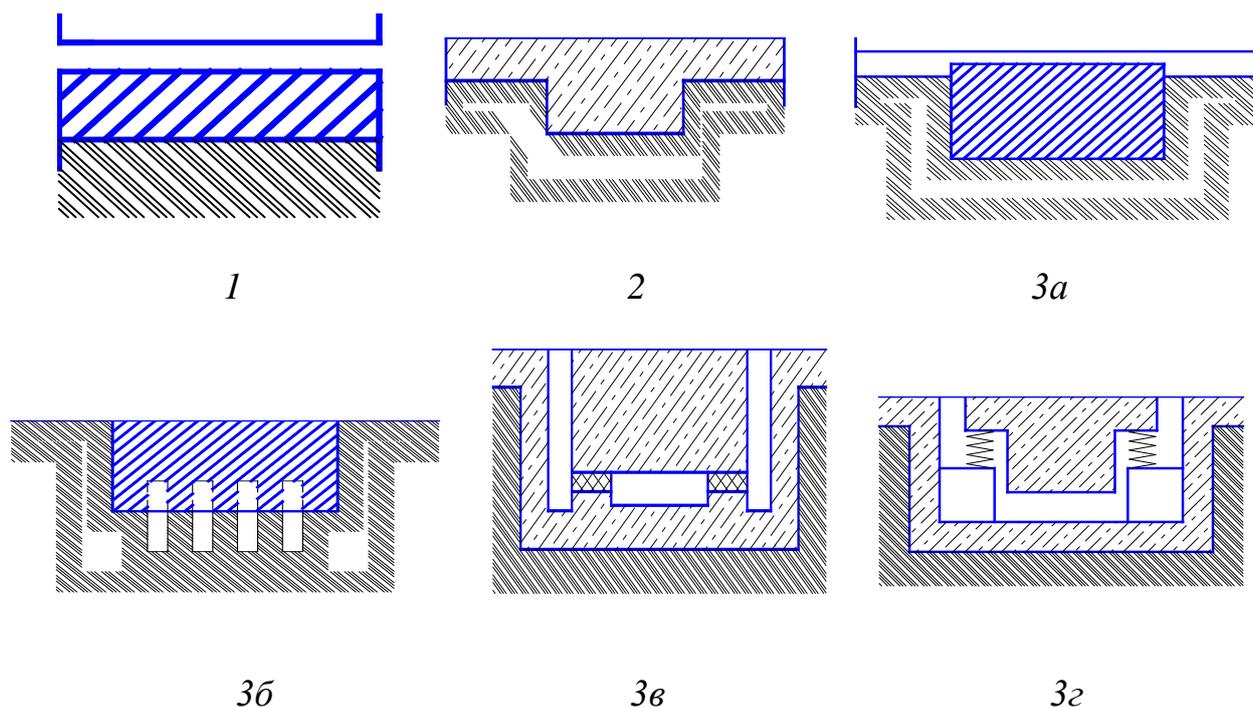


Рис. 3.2.1. Фундаменты под станки:
 1 – пол цеха (общая плита); 2 – ленточный (сечение в плоскости, перпендикулярной оси ленты); 3 - специально проектируемые массивные фундаменты: а – обычного типа; б – свайный; в – на резиновых ковриках; г – на пружинах

Как показано на рис. 3.2.2, установка станков на фундаментах осуществляется: а - с креплением фундаментными болтами; б - на клиньях с подливкой опорной поверхности станины цементным раствором; в - на регулируемых опорных элементах (винтовых или клиновых) без подливки; г - на жестких металлических регулируемых элементах без крепления болтами и без подливки; д - на упругих, в частности, на резинометаллических опорах.

Из рассмотрения выше примеров видно, что установка станков может быть жесткой или упругой.

К жесткой относятся те способы установки на жесткие (металлические) опоры (с креплением или без крепления), когда фундаментом служит общая плита пола цеха или бетонный блок, опирающийся на естественное основание, или перекрытие.

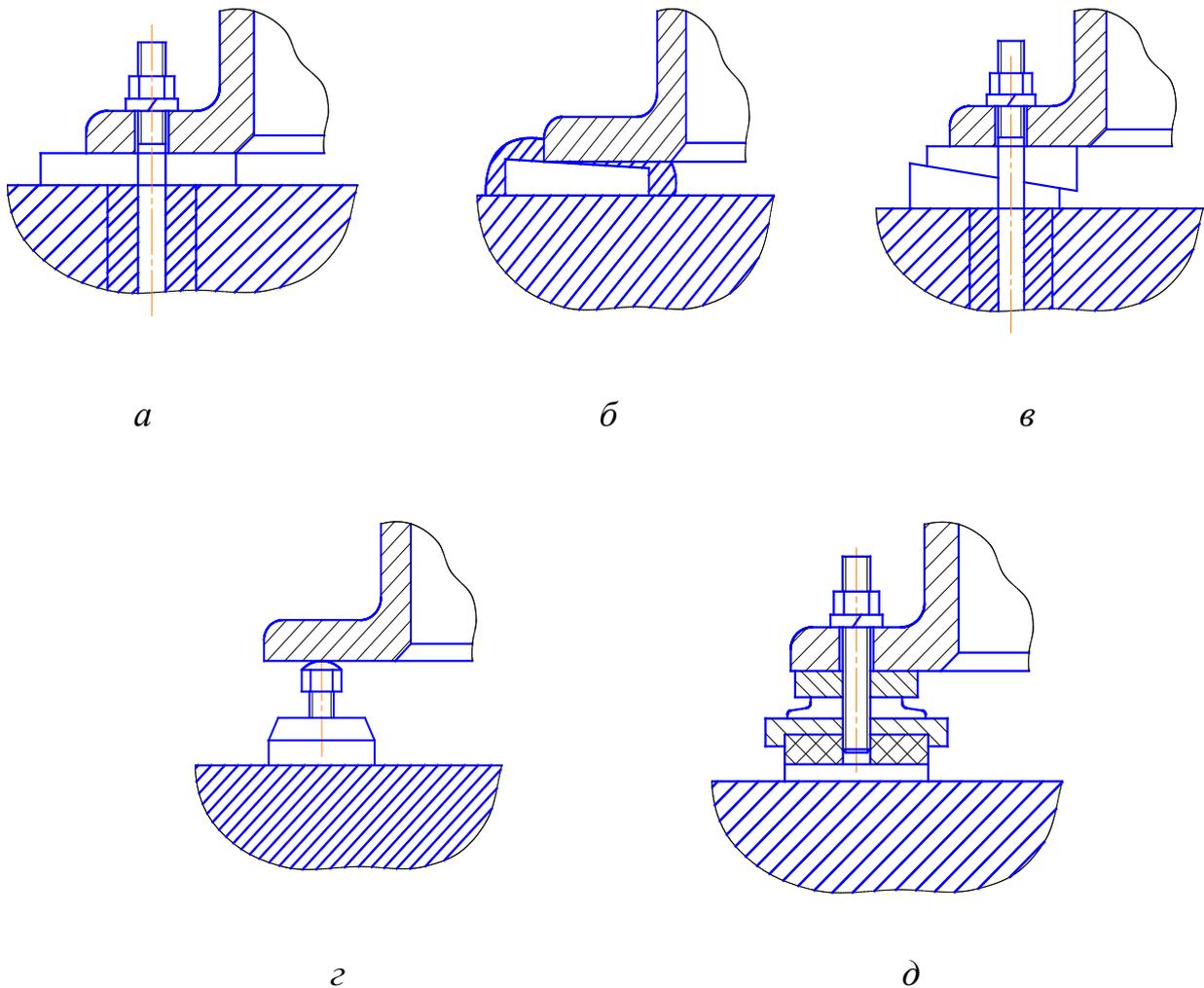


Рис. 3.2.2. Схемы установки станков на фундаментах:
a - с креплением фундаментными болтами; *б* - на клиньях с подливкой опорной поверхности станины цементным раствором;
в - на регулируемых клиновых опорных элементах без подливки;
г - на жестких металлических регулируемых элементах без крепления болтами и без подливки; *д* - на упругих резинометаллических опорах

К упругой относятся все способы установки на упругие опоры и те виды установки на жесткие опоры, когда фундаментом служит бетонный блок, опирающийся на упругие опорные элементы – резиновые коврики, пружины и т.п.

Рассматривая специфические особенности жесткой и упругой установок, следует подчеркнуть следующее.

При жесткой установке:

а) станина и фундамент деформируются совместно, в результате чего величины упругих перемещений и уровень колебаний от силовых факторов, действующих в станке, оказываются меньше, чем при упругой установке, но вся система становится весьма чувствительной к внешним воздействиям – осадке фундамента и колебаниям основания;

б) различные способы жесткой установки обеспечивают разную жесткость соединения станка с фундаментом. Наибольшая жесткость достигается при креплении станка болтами, несколько меньшая – при установке без крепления болтами, но с подливкой опорной поверхности станины цементным раствором, и еще меньшая – при установке без болтов и без подливки (этот способ применяется преимущественно при частой переустановке оборудования).

При упругой установке:

а) станок изолирован от внешней среды;

б) на работоспособность станка меньше влияют внешние возмущения, но уровень перемещений и колебаний от возмущений, действующих в нем самом, оказываются больше, поэтому, чем больше жесткость опор и масса системы, тем ниже уровень колебаний, вызываемый работой механизмов станка;

в) наиболее эффективным, но и самым дорогим средством виброизоляции, применяемым для особоточных станков, являются фундаменты на пружинах, а наиболее дешевым, обеспечивающим удовлетворительную степень виброизоляции для большинства станков средних размеров – упругие виброизолирующие опоры.

При назначении того или иного способа установки станка в первую очередь учитываются факторы, в основном влияющие на его работоспособность. К таким факторам относятся статические деформации и колебания элементов системы станина–фундамент под действием сил тяжести, сил резания, внешних и внутренних возмущений и некоторых других причин. Показателем работоспособности также является и устойчивость системы при резании.

Вместе с тем на выбор способа установки станков существенное влияние оказывают и технологические особенности производства. Например, массовое производство характеризуется постоянным совершенствованием технологического процесса, что вызывает частую смену и перестановку оборудования в цехе. Для основных цехов массового производства типична специализация оборудования по изделиям и операциям, когда даже универсальные станки работают с заданными режимами и используются только на предварительных или только на чистовых операциях. В этих условиях рекомендуется использовать наименее трудоемкие способы крепления станков, например, с помощью самоанкерующихся болтов, а там, где это не влияет на их работоспособность и допускается требованиями техники безопасности, следует ставить станки, не закрепляя болтами.

Напротив, для станков, встроенных в автоматические линии и связанных общим транспортом, важны тщательная установка и постоянство выверки. Это вынуждает жестко закреплять на фундаменте даже те станки, которые могли бы удовлетворительно работать и без крепления.

В цехах индивидуального, мелкосерийного и в ряде случаев серийного производства, в ремонтно–механических цехах, в ремонтных и инструментальных отделениях цехов массового производства универсальные станки используются для выполнения разнообразных операций в широком диапазоне режимов. Поэтому при выборе способа установки обычно ориентируются на наиболее тяжелые условия их работы.

Завершая рассмотрение данной темы, отметим следующее. Выбор способа установки специальных, тяжелых или высокоточных станков и т.д. производится заводом–изготовителем с учетом условий на конкретном участке, где будет размещаться оборудование.

Способ установки универсальных станков, составляющих значительную часть парка станков, назначают при проектировании новых предприятий технологи строительных организаций, а в действующих цехах – заводские механики. Это связано с тем, что при проектировании универсального станка

конструктор еще не знает, в каких условиях станок будет эксплуатироваться, для каких операций будет использоваться, каковы будут наиболее часто применяемые режимы обработки, требования к точности деталей, где будет установлен (на первом этаже или на перекрытии) и т.д. Поэтому заранее оговорить наиболее рациональный для данного универсального станка способ установки трудно.

Вопросы для самопроверки

1. Что включает в себя понятие монтаж (установка) оборудования?
2. Какие факторы необходимо учитывать в первую очередь при выборе способа установки станочного оборудования?
3. Как влияет способ установки на точность обработки, производительность и долговечность станков?
4. Каковы три наиболее распространенных вида фундаментов под станочное оборудование?
5. Какие есть способы установки станков на фундаментах?
6. Какая установка станков относится к жесткой, а какая к упругой?
7. Каковы особенности жесткой и упругой установок станков?
4. Как влияют на выбор способа установки станков технологические особенности производства?

1.2. Регулирование положения и закрепление станков на фундаменте

При установке большинства станков на фундаментных блоках используются жесткие опорные элементы – клинья, подкладки, клиновые башмаки, домкраты и т.п.

Опоры должны обеспечивать удобство регулирования положения станка и сохранение этого положения и иметь высокую жесткость. Для удобства регулирования положения станины по высоте необходимо, чтобы регулируемый элемент достаточно просто перемещался в вертикальной

плоскости как вверх, так и вниз. При регулировании положения в вертикальной плоскости установка в горизонтальном направлении не должна происходить, например, при значительных силах трения по подошве станины, если регулируемый элемент смещается относительно станины. Желательно также, чтобы сила, необходимая для перемещения регулируемого элемента, была сравнительно небольшой (что также зависит от трения в элементах опоры). Для часто переставляемых станков удобно, когда опора скреплена со станком и переносится вместе с ним.

Простейшим видом жестких опорных элементов являются прокладки или клинья, которые используются преимущественно для выверки подливаемых станков, не требующих периодической регулировки. При установке на клиньях без подливки быстро нарушается точность выверки станка, что для станков с нежесткими станинами недопустимо. В этом отношении плоские прокладки обладают преимуществами по сравнению с клиньями. Однако регулировка положения станка на прокладках требует больше времени, чем на клиньях.

Все жесткие опоры по виду элемента, регулирующего положение станка по высоте, можно разделить на клиновые и винтовые. Конструкции простых клиновых башмаков, используемых для станков, закрепляемых болтами и требующих периодической выверки, приведены на рис. 3.2.3.

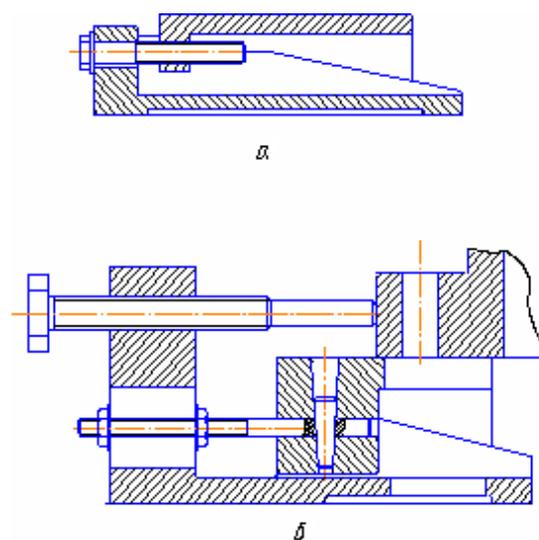


Рис. 3.2.3. Конструкции клиновых опор:
a – с перемещением клина винтом, *б* - с перемещением клина гайками

Перемещение клина осуществляется вращением винта (рис. 3.2.3,*а*) или гайки (рис. 3.2.3,*б*). При перемещении клина винтом только в одну сторону – «вверх», в другую сторону – «вниз» - клин подталкивается. Это затрудняет регулирование положения станка. Регулировка и фиксация горизонтального положения станины обеспечиваются специальными винтами, которые либо устанавливаются непосредственно на башмаке, либо отдельно – на специальных опорах, заделанных в фундамент.

Наиболее совершенные и жесткие конструкции клиновых опор изображены на рис. 3.2.4.

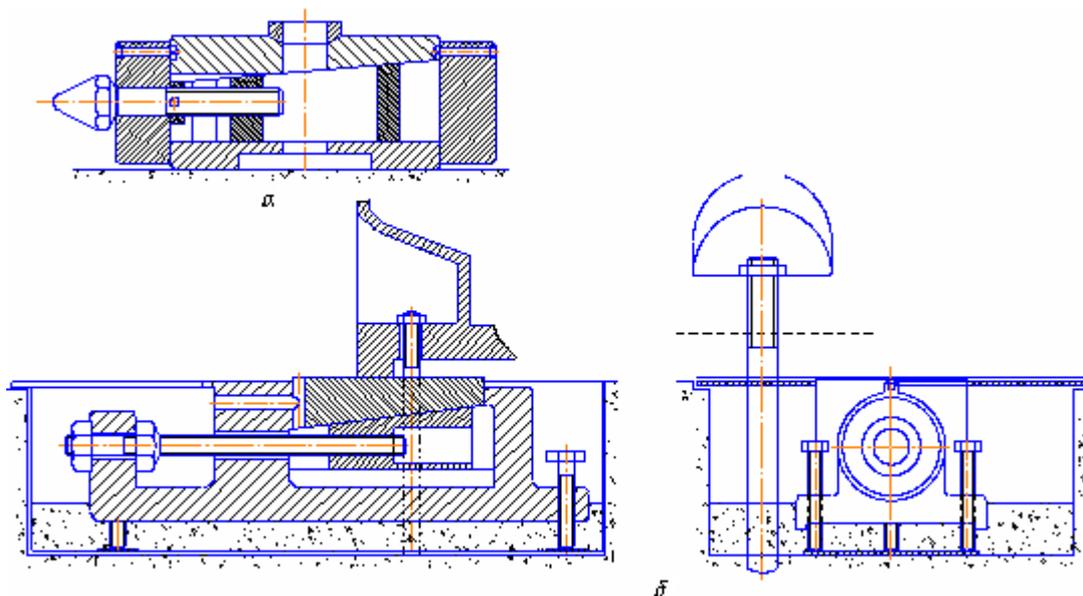


Рис. 3.2.4. Конструкции клиновых опор повышенной жесткости

Конструкция, приведенная на рис. 3.2.4,*а*, применяется главным образом для высокоточных станков, закрепляемых на фундаменте. Самоустановка обеспечивается сферической шайбой. При перемещениях клина силы трения по опорной поверхности станины не действуют, клин перемещается в обе стороны вращением винта, фундаментный болт проходит через середину башмака. Опоры такой конструкции можно использовать и для установки станков, не закрепляемых болтами. Для станков, требующих частой перестановки, опора

скрепляется со станиной с помощью болта, проходящего через отверстия в башмаке и в станине.

В опоре, показанной на рис. 3.2.4,б, правильный контакт в стыкующихся поверхностях обеспечивается регулировкой положения всей опоры относительно станины тремя регулировочными винтами, ввернутыми в корпус опоры и опирающимися на предварительно уложенные на фундамент металлические подкладки. После грубой выверки станка основание башмака подливается. Тонкая регулировка осуществляется клином после твердения цементного раствора подливки.

Конструкции винтовых опорных элементов, используемых для станков, закрепляемых болтами, приведены на рис. 3.2.5.

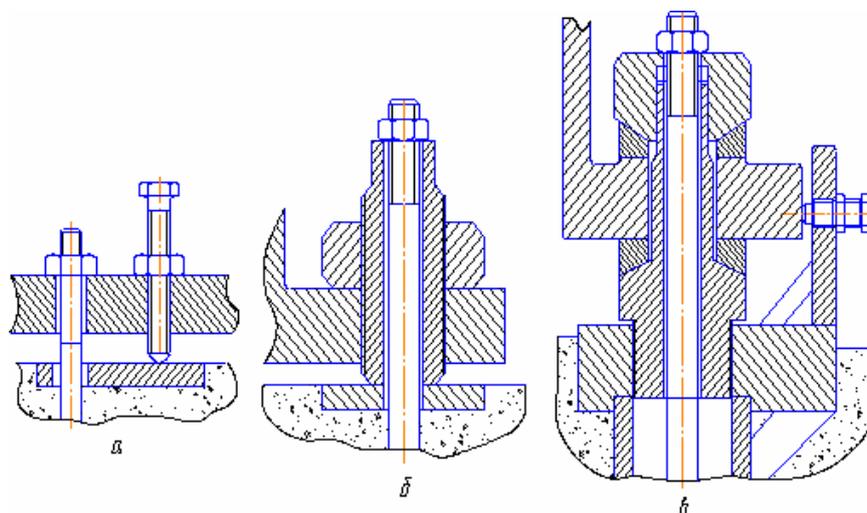


Рис. 3.2.5. Конструкции винтовых опор, используемых для станков, закрепляемых болтами

Жесткость простейших опор (рис. 3.2.5,а) несколько ниже, чем хороших клиновых. Эти опоры представляют собой сплошные или полые винты, ввернутые в лапу станины или в специальную стальную втулку, заделываемую в станину для того, чтобы избежать нарезки резьбы непосредственно в станине. В тех местах, где опорные винты опираются на фундамент, в бетонный массив заделывают металлические плиты, колодки, лаги и т.п. При соосном расположении регулировочного и фундаментного болтов (рис. 3.2.5,б) жесткость опоры оказывается существенно выше, чем при не соосном. Для

обеспечения стабильности положения станины регулировочный винт обычно контрится. В сложных винтовых опорах (рис. 3.2.5,в) самоустановка станины обеспечивается с помощью сферических шайб. Жесткость таких опор при хорошей затяжке фундаментного болта, как правило, выше, чем простых, и близка к жесткости клиновых опор. При использовании простых опор затруднено сохранение стабильного положения станины в горизонтальной плоскости. В сложных опорах оно фиксируется специальными упорными винтами (рис. 3.2.5,в).

Конструкции винтовых опор, используемых для установки станков, незакрепленных болтами, приведены на рис. 3.2.6.

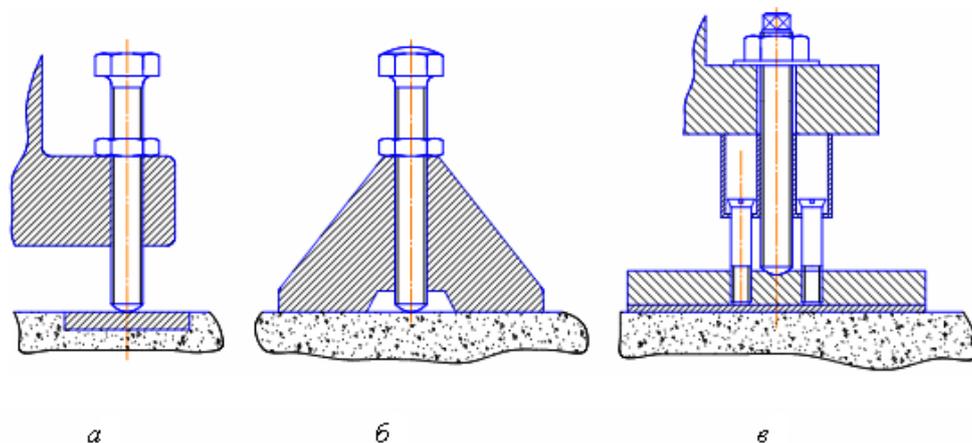


Рис. 3.2.6. Конструкции винтовых опор для установки станков, незакрепленных болтами

Простейшая опора (рис. 3.2.6,а) имеет невысокую жесткость и требует заделки в фундамент металлических плиток, на которые должны опираться регулировочные винты. Винтовые домкраты (рис. 3.2.6,б) применяют для установки станков, не имеющих отверстий в станине. Для станков, имеющих отверстия в станине и требующих частой перестановки, целесообразно использование опор, скрепляемых со станком (рис. 3.2.6,в). Сравнительно небольшая жесткость этой опоры обеспечивается путем притирки шарового конца опорного винта к поверхности гнезда в опорной плитке. Самоустановка опоры обеспечивается наклоном регулировочного винта относительно плиты. Во избежание смещения вдоль фундамента при значительных горизонтальных

нагрузках к нижней поверхности опорной плитки приклеивается тонкая резиновая прокладка.

Для особо точной и жесткой установки станков применяют специальные монтажные (фундаментные) рамы или плиты, снабженные регулировочными и крепежными приспособлениями, жестко связанными с фундаментом.

Точность установки станков на фундаментах и способы проверки оговариваются соответствующими нормами точности на станки и в руководствах к станку. Обычно точность установки порядка 0,01...0,02 мм на 1 м.

Станки на фундаменте можно закреплять с помощью фундаментных (анкерных) болтов или подливки опорной поверхности станины цементным раствором. Наиболее надежное и жесткое закрепление обеспечивается с помощью фундаментных болтов. В зависимости от способа установки и закрепления в бетоне фундаментные болты могут быть разделены на три группы: а) глухие или заливные болты, заделанные в бетонном фундаменте; б) съемные болты, установленные в фундаменте так, что стержень болта не имеет сцепления с бетоном, а анкеровка осуществляется с помощью, например, закладных плит; в) болты, устанавливаемые в готовом фундаменте путем ввертывания в предварительно заделанные фундаментные гайки, закрепляемые в пазах монтажного пола или в скважинах, изготовленных на готовых фундаментах и т.п.

При закреплении с помощью глухих болтов возможны два способа заделки болтов – либо при бетонировании фундамента оставляют специальные глубокие колодцы, которые заполняются бетоном после установки станка и размещения болтов в этих колодцах, либо болты на части длины заделываются в фундамент непосредственно при его бетонировании. При этом совпадение болта с соответствующим отверстием в станине обеспечивается деформированием стержня болта на свободной незалитой части длины обычно примерно равной $(5 \div 6)d$. Заделка болта на оставшейся свободной части длины происходит после установки станка.

Установить болты по разметке проще, чем делать для них колодцы. Кроме того, при плохой очистке колодцев перед их бетонированием сцепление бетона в колодце с остальной частью фундамента оказывается недостаточно прочным. Отметим также, что при заделке болтов в тело фундамента при его бетонировании одной из основных помех, возникающих при монтаже станка, является несовпадение осей фундаментных болтов и отверстий в станине (обычно допуск на расстояние между осями отверстий не превышает 1мм). Поэтому необходимо обеспечить соответствующую точность расположения болтов при установке их до бетонирования фундамента, либо устанавливать болты в колодцы непосредственно при монтаже станка.

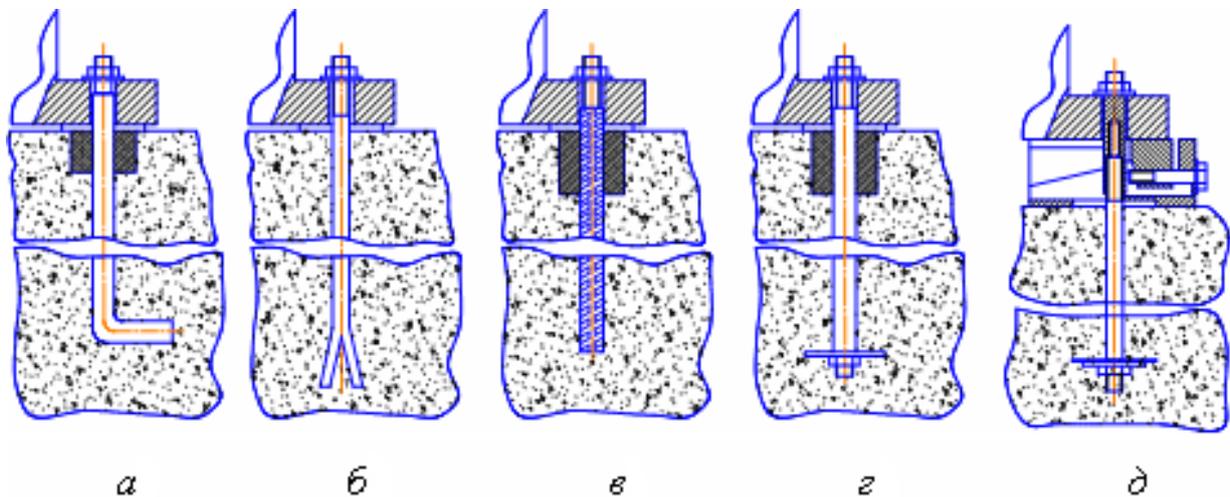


Рис. 3.2.7. Глухие и заливные фундаментные болты:
а, б – с отгибом; *в* – из периодического проката; *г* – с анкерной плитой; *д* – составные с анкерной плитой

Крепление наиболее простыми глухими болтами с отгибом (рис. 3.2.7,*а*) используется для станков средних размеров при сравнительно небольших диаметрах болтов. Применять болты диаметром $d < 14$ мм не рекомендуется. Длина заделки болтов, назначаемая из условий равной прочности болта и бетонного массива, обычно принимается $l = (13...15)d$. Для болтов из периодического проката (рис. 3.2.7,*в*) или с насечками можно принимать $l = (10...12)d$. На конце гладких болтов выполняют крюки, раздвоения (рис.

3.2.7,б), утолщения. Расстояние от болта до грани фундамента $c \geq 4d$; между болтами $c_1 \geq 6d$.

Глухие болты с анкерной плитой (рис. 3.2.7,з) применяют для болтов $d > 24$ мм; плиту приваривают или привертывают; размеры плиты $a \approx 4d$, глубина заделки $l \approx (10...12)d$; $c \geq 10d$; $c_1 \geq 6d$. Для упрощения установки станков на башмаках иногда верхние концы глухих болтов располагают ниже опорной поверхности башмака; при этом болт делают составным или затягивают фигурной гайкой (рис. 3.2.7,д).

При установке тяжелых станков на индивидуальных фундаментах чаще используют закрепление станков съемными фундаментными болтами с закладными анкерными плитами или с изолирующими трубами (рис. 3.2.8).

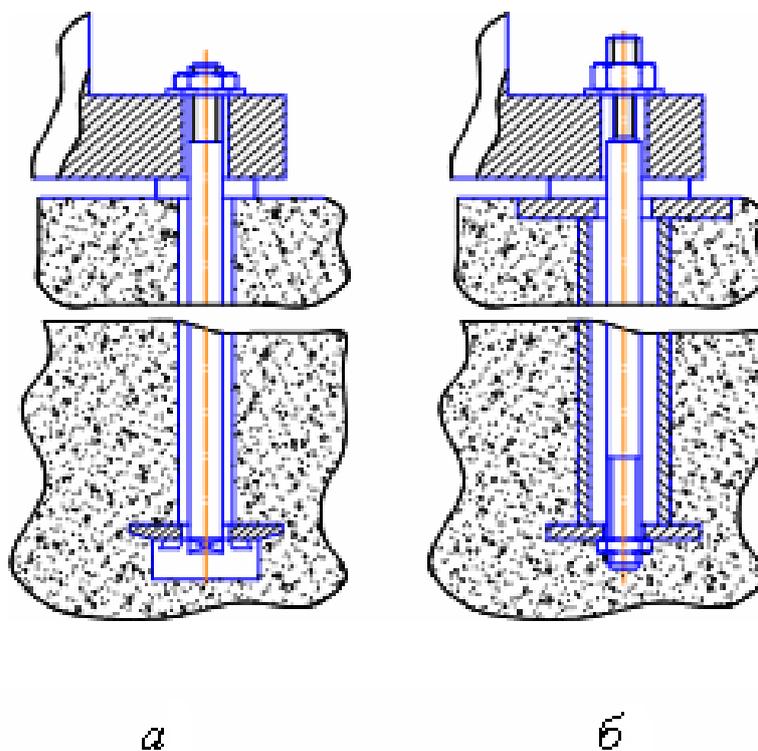


Рис. 3.2.8. Съемные фундаментные болты:
a – с закладной анкерной плитой; *б* – с изолирующей трубой

Анкерную арматуру заделывают в фундамент при его бетонировании. Болты, обычно больших диаметров ($d > 30$ мм), устанавливают в гнездо при монтаже и соединяют с плитой на резьбе или с помощью специального замка. Для болтов с анкерными плитами размеры плиты $a \approx (5...6)d$; глубина заделки

болтов: для бетона марки 100 – $l \approx 10d$; марки 200 – $l \approx 8d$; марки 300 и выше – $l \approx 5d$; расстояние от болта до грани фундамента должно быть не менее $15d$. Для болтов с изолирующими трубами $l \approx (10...12)d$; $c \geq 6d$; $c_1 \geq 10d$.

При установке станков на общей плите цеха или на перекрытиях используют крепление болтами на монтажных полах или на фундаментных плитах (рис. 3.2.9).

Также используется крепление с помощью болтов, устанавливаемых в скважины на готовых фундаментах (рис. 3.2.10).

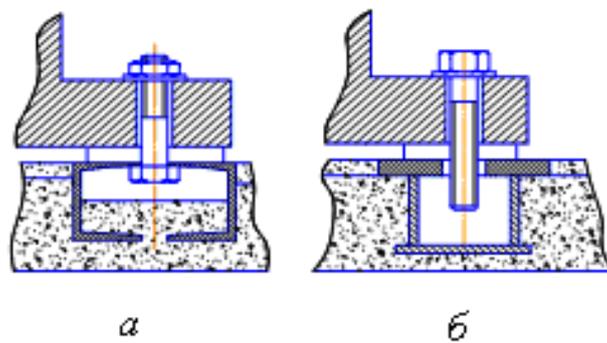


Рис. 3.2.9. Крепление станков на монтажных полах:
а – из швеллеров; *б* – из сварных балок

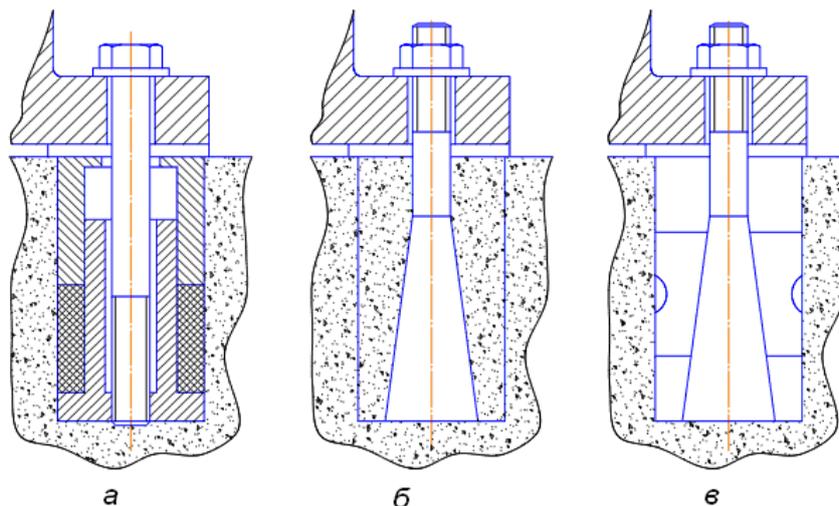


Рис. 3.2.10. Крепление станков болтами, устанавливаемыми в скважинах на готовых фундаментах:
а – крепление станков прямыми болтами с резиновой анкерной частью; *б*, *в* – коническими болтами, закрепляемыми, соответственно, с помощью цементной зачеканки и распорных втулок

Крепление с помощью болтов, устанавливаемых в скважины на готовых фундаментах, характеризуется высокой точностью и быстротой работ, связанных с установкой станка. Отверстия под болты сверлят с помощью специальных переносных станков алмазным или твердосплавным инструментом обычно по разметке (иногда используют для этих целей перфоратор, оснащенный подобным инструментом). Могут использоваться прямые болты в виде стержня, закрепляемого в скважине с помощью эпоксидного клея или резиновой анкерной части (рис. 3.2.10,*а*), и конические, закрепляемые с помощью цементной зачеканки (рис. 3.2.10,*б*), распорных цанг или втулок (рис. 3.2.10,*в*).

Крепление с помощью фундаментных гаек применяют главным образом для станков средних размеров, требующих перестановки, а также в сборочных цехах и участках. Для точных станков используют крепление на чугунных фундаментных плитах с помощью болтов, заворачиваемых в плиту.

Вопросы для самопроверки

1. Какие требования предъявляются к опорным элементам станков – клиньям, подкладкам, башмакам, домкратам и т.п.?
2. Назовите особенности конструкций простых клиновых опор?
3. Какие бывают конструкции клиновых опор повышенной жесткости?
4. Какие бывают конструкции винтовых опор, используемых для станков, закрепляемых болтами?
5. Какие бывают конструкции винтовых опор, используемых для станков, не закрепляемых болтами?
6. Назовите три группы фундаментных болтов?
7. Назовите два способа заделки глухих фундаментных болтов?
8. Каковы рекомендации по применению глухих болтов с отгибом, глухих болтов с анкерной плитой для крепления станков к фундаменту?
9. Назовите особенности закрепления тяжелых станков на индивидуальных фундаментах?

10. Как осуществляется крепление станков при их установке на общей плите цеха или перекрытиях?

11. Какова последовательность закрепления станков с помощью болтов, устанавливаемых в скважины?

1.3. Характеристики грунтов и материалы фундаментов

Грунты являются основанием фундаментов. Прочность основания влияет на величину деформации и колебания фундаментов. При выполнении требований по деформациям обеспечивается и выполнение требований по прочности оснований.

Грунты, являющиеся основанием фундаментов, подразделяются на глинистые, песчаные, крупнообломочные и скальные. Они представляют собой дисперсную среду, в порах которой заключены вода и газы. Свойства грунтов зависят от гранулометрического состава, свойств фаз (твердой, жидкой и газообразной) и количественных соотношений между ними.

Основные характеристики грунтов следующие.

1. Плотность скелета грунта – отношение массы данного образца к его объему: $\gamma_{ск} = \frac{Q_{ск}}{W_{ск}}$, для большинства грунтов $\gamma_{ск} = 2,5 \dots 2,8 \text{ г/см}^3$.

2. Средняя плотность грунта – отношение массы данного образца к его объему: $\gamma_{об} = \frac{Q_{ск} + Q_B}{w}$; обычно $\gamma_{об} = 1,5 \dots 2,2 \text{ г/см}^3$.

3. Влажность грунта – отношение массы воды к массе минеральных частиц в данном объеме грунта: $V = \frac{Q_B}{Q_{ск}} \cdot 100\%$.

4. Коэффициент пористости – отношение объема пор к объему скелета грунта: $\varepsilon_{пор} = \frac{W_n}{W_{ск}}$.

5. Степень влажности – отношение объема воды к объему пор: $G_{вл} = \frac{W_B}{W_n}$.

6. Консистенция B , которая меняется с изменением влажности. В зависимости от консистенции глинистые грунты находятся в твердом, пластичном или текучем состоянии. Границе перехода от одного состояния в другое соответствуют определенные показатели влажности. Твердую консистенцию от пластичной отделяет граница раскатывания V_p , или предел пластичности, а пластичную от текучей – граница текучести V_m .

Диапазон показателей влажности, в пределах которого грунт находится в пластичном состоянии, называется числом пластичности $V_n = V_m - V_p$.

Консистенция $B = \frac{V - V_p}{V_n}$.

К крупнообломочным грунтам относятся грунты с размерами частиц более 2 мм, если эти частицы составляют по массе больше 50%. Песчаные грунты подразделяются по гранулометрическому составу и плотности сложения в зависимости от коэффициента пористости. Глинистые грунты разделяются в зависимости от числа пластичности V_n на супеси ($1 \leq V_n \leq 7$), суглинки ($7 < V_n \leq 17$) и глины ($V_n > 17$) и по консистенции B .

Для фундаментов под машины в качестве естественных оснований используют также насыпные грунты, если в них не содержится гумус, древесные опилки (стружки), органический мусор и т.п. примеси, определяющие большие осадки грунта при сжатии. Перед возведением фундамента основание из насыпных грунтов тщательно уплотняется трамбовками, вибрированием или другими способами.

Для грунтов зависимость между напряжениями и деформациями - нелинейна. При сравнительно небольших нагрузках на грунт, типичных для машин, если среднее давление по подошве фундамента не превышает нормативное, грунт рассматривается как линейно-деформируемое полупространство и его сжимаемость характеризуется модулем общей деформации грунтов E_o . Величина E_o представляет собой коэффициент пропорциональности между давлением и осадкой и характеризует как упругие, так и остаточные деформации грунта.

При действии сжимающей нагрузки на грунт деформация грунта происходит не мгновенно, а изменяется во времени. Процесс постепенного уплотнения грунта во времени под действием неизменной статической нагрузки называется консолидацией. Консолидация определяется совокупностью ряда явлений – выжиманием свободной и слабосвязанной воды из пор грунта, упругим сжатием пузырьков воздуха, воды и твердых частиц, пластическим деформированием частиц скелета грунта и т.п. Основное значение имеют две формы консолидации – фильтрационная, связанная с выжиманием воды из пор грунта, и пластическая, связанная с вязкопластическим деформированием скелета грунта. При фильтрационной консолидации скорость уплотнения грунта зависит от водопроницаемости грунта, количественно оцениваемой коэффициентом фильтрации, характеризующим скорость фильтрации воды.

Ориентировочно значения коэффициентов фильтрации грунта можно принимать так: для песков крупнозернистых $3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^5$ см/год; среднезернистых $3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^4$ см/год; мелкозернистых и пылеватых $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^3$ см/год; для супесей и трещиноватых глин $3 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10$ см/год; для суглинков и тяжелых супесей $30 - 3$ см/год и для нетрещиноватых глин 3 см/год.

В водонасыщенных грунтах, сравнительно слабо связывающих воду (пылеватые пески, супеси, суглинки), скорость уплотнения в основном определяется фильтрационной консолидацией. В глинистых грунтах, сильно связывающих воду, существенное значение приобретает пластическая форма консолидации (ползучесть).

Материалами для фундаментов под машины могут служить железобетон, бетон, бутобетон. Для фундаментов под станки больше других материалов подходит малоармированный бетон. Он хорошо сопротивляется действию усадочных напряжений, позволяет сохранить монолитность конструкции в местах устройства рабочих швов и вместе с тем не требует большого расхода арматурной стали.

Бетон – это затвердевшая смесь из вяжущего вещества, воды, мелких и крупных заполнителей, взятых в определенных соотношениях. Вяжущее вещество (для фундаментов станков чаще портландцемент) и вода являются активными составляющими бетона. Заполнители (песок, гравий, щебень и др.) в большинстве случаев не вступают в химическое соединение с цементом и водой, образуя жесткий скелет бетона. Марка бетона соответствует пределу прочности при сжатии стандартных бетонных кубиков размером $200 \times 200 \times 200$ мм, изготовленных из рабочей смеси и испытанных через 28 дней твердения в нормальных условиях (температура $18 \dots 22^\circ\text{C}$; относительная влажность воздуха $90 \dots 100\%$). Для фундаментов станков применяют тяжелые бетоны (средняя плотность более $1.8 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$) как правило, проектных марок 200 -400, но не ниже 100, а при устройстве армированных фундаментов точных станков – не ниже 150.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные характеристики грунтов?
2. Какова классификация грунтов?
3. Каков физический смысл характеристик: плотность скелета грунта, средняя плотность грунта, влажность грунта, коэффициент пористости, степень влажности, консистенция грунта?
4. Каковы границы перехода от одного состояния грунта в другое состояние?
5. По каким признакам подразделяются песчаные и глинистые грунты?
6. В каких случаях для фундаментов под машины в качестве естественных оснований используют насыпные грунты?
7. В каком случае грунт рассматривается как линейно-деформируемое полупространство?
8. Что понимается под консолидацией грунта?
9. Что понимают под фильтрационной и пластической консолидацией грунта?

10. При каких условиях деформации грунта приобретают упругий характер?

11. Какие материалы используют для фундаментов под машины?
обычно

12. Какой материал для фундаментов под станки подходит больше других материалов?

13. Что такое бетон?

14. Какие проектные марки бетона применяют для фундаментов станков?

15. Каковы активные составляющие и заполнители бетона?

1.4. Средства измерения и методы контроля точности монтажа станков

Уровни. Уровни применяются для проверки плоскостности и прямолинейности. Уровни для монтажных работ и для проверки точности оборудования носят название **слесарных**.

Слесарные уровни изготавливаются двух типов: тип I – с неподвижно установленной ампулой (рис. 3.2.11,*а*) и тип II – с регулируемой относительно основания ампулой (рис. 3.2.11,*б*).

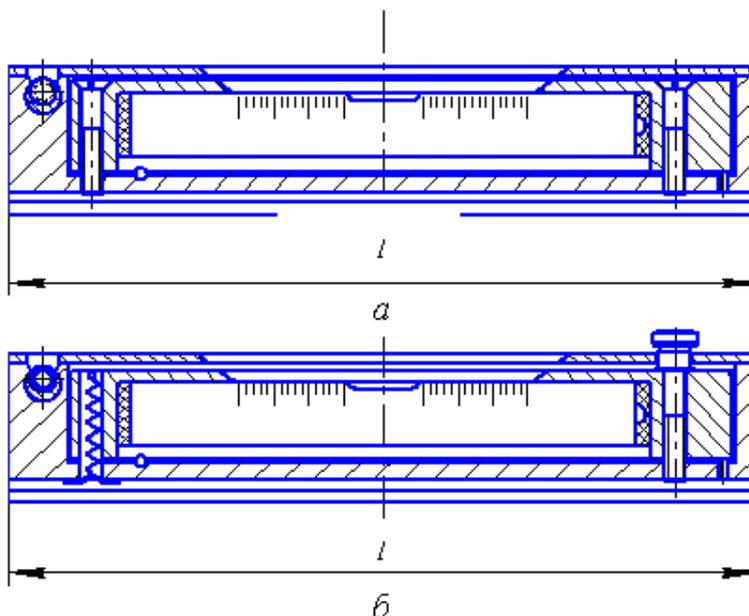


Рис. 3.2.11. Уровни слесарные:
а – тип I, *б* – тип II

Уровни каждого типа изготавливаются двух размеров: с длиной рабочей поверхности (L) 200 и 300 мм. Точность уровня характеризуется ценой деления, под которой понимается наклон уровня, соответствующий перемещению пузырька ампулы на одно деление шкалы, выраженный в миллиметрах на 1 м. Угол наклона 0,01 мм на 1 м соответствует в градусной мере углу в 2. ГОСТ 3308-46 разделяет слесарные уровни по цене деления на четыре группы (табл. 3.2.1). Для установки станков также применяются уровни рамные, микрометрические, гидростатические.

Таблица 3.2.1

Группы слесарных уровней

Группы	I	II	III	IV	Примечания
Цена деления, мм на 1 м	0,02-0,05	0,06-0,10	0,12-0,20	0,25-0,50	Изготавливаются особо точные уровни с ценой деления 0,02
Предельные отклонения поверхности основания от плоскости, мкм	3	6	12	12	При $L = 200$ мм
	5	10	20	20	При $L = 300$ мм

Примечание: опорные плоскости группы I должны быть доведены; для остальных групп разрешается шлифование или шабрение.

Рамные уровни (рис. 3.2.12) применяют для определения положения вертикальных плоскостей; изготавливают с размерами сторон ≈ 200 или 300×300 мм.

Уровень микрометрический применяют для измерения уклонов плоских и цилиндрических поверхностей. Предел измерения 30 мм на 1 м; величина отсчета по шкале микрометрического узла 0,1 мм на 1 м; величина отсчета по основной ампуле 0,1 мм на 1 м.

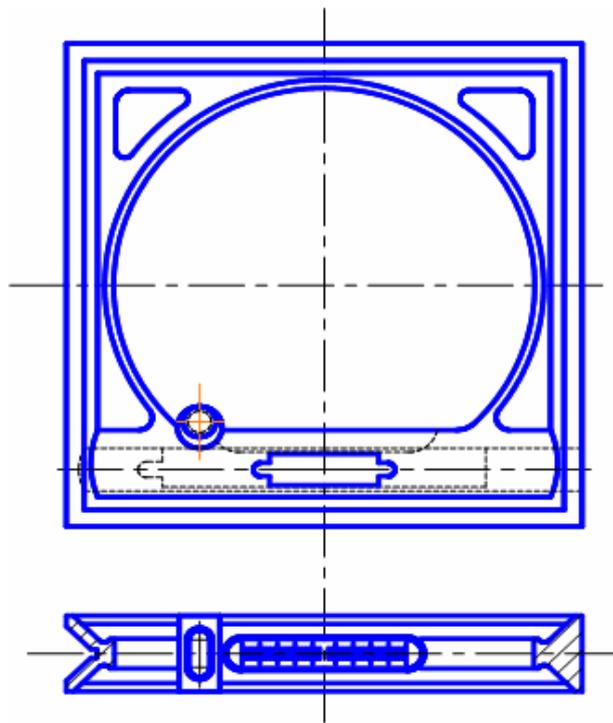


Рис. 3.2.12. Рамный уровень

ГОСТ 3053-45 разделяет рамные уровни по цене деления основной ампулы на четыре группы (табл. 3.2.2).

Таблица 3.2.2

Группы рамных уровней

Группы	I	II	III	IV	Примечания
Цена деления, мм на 1 м	0,02- 0,05	0,06- 0,10	0,12- 0,20	0,25- 0,50	Изготавливаются особо точные уровни с ценой деления 0,02
Предельные отклонения поверхности основания от плоскости, мкм	3	6	12	12	Для 200×200
	5	10	20	20	Для 300×300

Гидростатический уровень (рис. 3.2.13) применяют для определения разности высот двух точек, удаленных одна от другой на значительное расстояние. Разность высот отсчитывается по градуированным линейкам. Величина ошибки не более 1 мм и не зависит от расстояния нивелируемых точек.

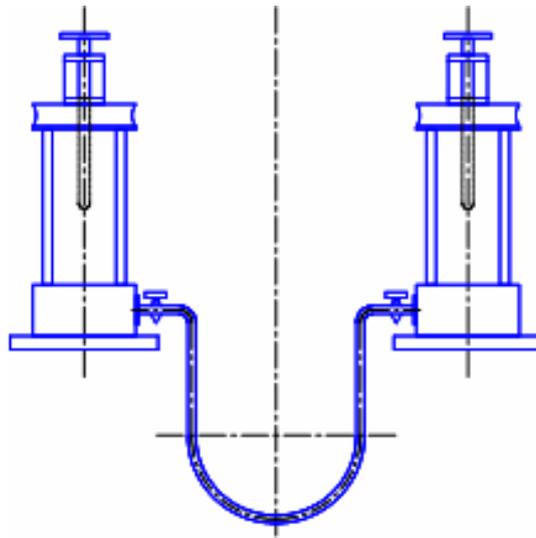


Рис. 3.2.13. Гидростатический уровень

Вопросы для самопроверки

1. Для чего применяются рамные уровни?
2. Для чего применяются гидростатические уровни?
3. По какому принципу уровни делятся на группы?
4. Для чего применяются микрометрические уровни?

1.5. Определение размеров фундамента, проверка прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка

Размеры фундамента в плане определяют по габаритам опорной поверхности станины с учетом способа крепления станка к фундаменту. Если для соединения станка с фундаментом применяют глухие заливные болты, то минимальное расстояние (b) от края фундамента до оси болта, при котором край фундамента не влияет на местную деформацию и на несущую способность болта, приближенно может быть равно $b = 15d$. Если же для соединения станка с фундаментом применяют анкерные болты, то расстояние от грани колодцев для анкерных болтов до грани фундамента должно быть не менее 12 см. Расстояние от грани опор станины до грани фундамента – не менее 10 см. Высоту фундамента для станков массой до 30 т определяют по эмпирическим зависимостям (табл. 3.2.3).

Минимальная высота фундамента станков массой до 30 т

Станки	Высота фундамента, м
Токарные, горизонтально-протяжные, продольно-строгальные, продольно-фрезерные	$0,3\sqrt{L}$
Шлифовальные	$0,4\sqrt{L}$
Зуборезные, карусельные, вертикальные автоматы и полуавтоматы, консольно- и бесконсольно-фрезерные, горизонтально-расточные	$0,6\sqrt{L}$
Вертикально- и радиально-сверлильные*	0,6 – 1,0
Поперечно-строгальные, долбежные*	0,8 – 1,4

Примечания:

1. L – длина фундамента. 2. Для агрегатных станков повышенной точности, многоцелевых станков и станков с программным управлением высоту фундамента следует увеличить на 20 %.

* Большие значения принимают для станков больших размеров

Для станков массой свыше 30 т высоту фундамента назначают из условия обеспечения необходимой жесткости станины за счет фундамента (тяжелые токарные, продольно-фрезерные и продольно-строгальные, расточные и т.п. станки), а также из конструктивных соображений. Прочность элементов конструкции фундаментов под станки, как правило, не проверяют. Исключение – полы первых этажей производственных зданий.

Конструкцию пола выбирают в зависимости от условий эксплуатации – механических, тепловых, агрессивных и других воздействий. Для конструктивных элементов полов, устраиваемых на грунте (рис. 3.2.14), приняты следующие названия: покрытие – верхний элемент пола, непосредственно подвергающийся эксплуатационным воздействиям; подстилающий слой (подготовка) – элемент пола, распределяющий нагрузки по основанию; теплоизоляционный слой – элемент пола на грунте, уменьшающий общую теплопроводность пола.

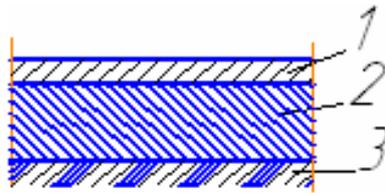


Рис. 3.2.14. Конструктивные элементы пола:
1 – покрытие; 2 – подстилающий слой; 3 – теплоизоляционный слой

При необходимости установки станков полы выполняют с жестким подстилающим слоем. Толщину подстилающего слоя и проектную марку бетона назначают на основе проверочного расчета, проводимого по предварительно заданным значениям характеристик прочности бетона и толщины слоя.

При проверочном расчете определяют напряжения растяжения σ_p при изгибе:

$$\sigma_p = 3,5 \frac{M_p}{h^2} \leq R_p, \quad (1)$$

где h – толщина подстилающего слоя, см; M_p – расчетный изгибающий момент отнесенный к одному сантиметру сечения плиты, Н · см/см; R_p – сопротивление бетона растяжению (табл. 3.2.4).

При определении расчетного изгибающего момента собственный вес пола, а также нагрузка, распределенная по всей площади пола, не учитываются. Нагрузки от станков рассматриваются как распределенные по площади следов опирания опорных элементов станка. При определении нагрузки на опору принимают, что вес станины распределен равномерно между всеми опорами, а вес верхних тяжелых узлов – между опорами, расположенными непосредственно под данным узлом.

Величину M_p определяют как сумму моментов от отдельных нагрузок в точке, принятой за расчетный центр:

$$M_p = M_0 + \sum M_i, \quad (2)$$

где M_0 – изгибающий момент в расчетном центре от нагрузки P_0 на опору под центром; M_i – изгибающий момент в расчетном центре от нагрузки P_i на i -ю

опору, зависящий от расстояния r_{oi} между центром этой опоры и расчетным центром.

Таблица 3.2.4

Расчетные характеристики бетона

Показатели	Марка бетона			
	100	150	200	300
Сопротивление растяжению R_p , Н/см ² при расчете на неподвижные нагрузки	40	52	64	95
Сопротивление растяжению R_p , Н/см ² при расчете на динамические, многократно повторяющиеся нагрузки (от безрельсового транспорта, от предметов, устанавливаемых на пол с помощью кранов и т.п.) и на одновременное действие неподвижных и динамических нагрузок	32	42	51	76
Модуль упругости бетона $E_b \cdot 10^6$, Н/см ²	1,6	1,95	2,25	2,7

Расположение расчетного центра выбирают из условия получения наибольшего значения изгибающего момента от всех действующих нагрузок. Например, при одинаковых нагрузках на все опоры расчетный центр принимают расположенным под одной из средних опор. Нагрузки, находящиеся от расчетного центра на расстояниях больших, чем bl , где l – характеристика гибкости плиты, при определении величины M_p не рассматриваются.

Характеристику гибкости плиты вычисляют по формуле:

$$l = 0.541 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_b \cdot h^3}{K_0}}, \quad (3)$$

где E_b – модуль упругости бетона в Н/см²; K_0 – коэффициент постели грунта основания в Н/см³. Значения E_b и K_0 выбирают из табл. 3.2.4 и табл. 3.2.5, соответственно.

Таблица 3.2.5.

**Значения коэффициента постели K_0 , применяемые при расчете полов
(СНиП II-V.8-71)**

Грунт	Содержание зерен по массе размером свыше	K_0 , Н/см ³
Песок крупный и гравелистый	0,5 мм более 50%	85
Песок средней крупности	0,25 мм более 50%	70
Песок мелкий	0,1 мм более 75%	60
Супесь	0,05 мм более 50%	40
Песок пылеватый	0,1 мм более 75%	50
Суглинок, глина	0,05 мм более 40%	65
Супесь, суглинок и глина пылеватая	0,05 мм более 40%	75

При известных P_0 и P_i значения изгибающих моментов M_0 и M_i находят по формулам:

$$M_0 = K_1 \cdot P_0, \quad M_i = K_4 \cdot P_i, \quad (4)$$

где K_1 – коэффициент, определяемый по табл. 3.2.6 в зависимости от величины

$\alpha = \frac{a}{l}$ и $\beta = \frac{b}{l}$ или от величины $\alpha = \beta = \frac{d}{l}$ (a и b или d – размеры следа опоры,

принятой за расчетный центр); K_4 – коэффициент, определяемый по табл. 3.2.7

в зависимости от величины $\frac{r_{0i}}{l}$ – расстояния i -й опоры до расчетного центра.

Если для предварительно заданных условий полученное значение σ_p окажется меньше или равно R_p , то станок данной массы может быть установлен на бетонной плите цеха.

Таблица 3.2.6.

Значения коэффициента $K_1 \cdot 10^3$

α	β					
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
0,2	132,5	–	–	–	–	–
0,4	123,9	118,3	–	–	–	–
0,6	116,2	110,8	105,9	–	–	–
0,8	109,3	103,9	99,2	95,0	–	–
1,0	102,9	97,7	93,1	89,0	85,4	–
1,2	97,0	91,9	87,5	83,5	80,0	76,9
1,4	91,6	86,7	82,4	78,5	75,2	72,1

Таблица 3.2.7.

Значения коэффициента $K_4 \cdot 10^3$

$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4	$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4	$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4	$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4
0,05	322,1	0,8	71,6	2,2	9,91	3,6	0,33
0,1	257,7	1,0	54,3	2,4	7,17	3,8	0,03
0,2	193,8	1,2	41,5	2,6	5,07	4,0	–0,16
0,3	156,7	1,4	31,6	2,8	3,48	4,5	–0,36
0,4	130,8	1,6	24,0	3,0	2,28	5,0	–0,31
0,5	111,1	1,8	18,06	3,2	1,4	5,5	–0,21
0,6	95,3	2,0	13,47	3,4	0,77	6,0	–0,13

Вопросы для самопроверки

1. По каким критериям определяют размеры фундамента в плане?
2. По каким зависимостям определяют минимальную высоту фундаментов станков массой до 30 т?
3. Как называются конструктивные элементы полов, устанавливаемых на грунте?
4. Какую характеристику прочности бетона определяют при проверочном расчете прочности полов, установленных на грунте?
5. При каких допущениях вычисляется расчетный изгибающий момент в проверочном расчете прочности пола?
6. Как выбирают расположение расчетного центра в проверочном расчете прочности пола?

7. Какие нагрузки на опоры станка не учитываются при вычислении изгибающего момента в расчетном центре?

8. При выполнении какого условия можно утверждать, что прочность бетонной плиты цеха достаточна для установки станка данной массы?

Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности

Второй раздел курса включает две темы: Общие сведения и рекомендации. Фундаменты станков нормальной точности и способы их (станков) установки на фундаментах.

Работа с каждой темой раздела 2 завершается ответами на вопросы для самопроверки.

2.1. Общие сведения и рекомендации

Тип и размеры фундаментов станков нормальной точности в значительной степени определяются требованиями статической жесткости системы под действием статических нагрузок, в то время как способ закрепления станка на фундаменте в первую очередь зависит от действия динамических нагрузок.

Рассматривая влияние установки станка на статические деформации системы, следует разделять общий наклон станка как жесткого тела и упругие перемещения элементов системы – искривление станины, наклон стоек относительно станины и т.п. Общий наклон станка как жесткого тела, характеризующий положение станка в пространстве, на точность обработки не влияет. Однако чрезмерное увеличение наклона в процессе работы нежелательно, так как это затрудняет работу на станке и использование точных уровней при монтаже и юстировке станка.

Так как система сил, действующих на станок от резания, уравновешена, то положение станка в пространстве меняется только под действием веса узлов или обрабатываемой детали в результате изменения положения центра тяжести системы и перераспределения нагрузок в опорных элементах станка или на

подошве фундамента. Чем больше вес и путь перемещаемого узла, а также податливость опор станка и основания фундамента, тем больше общий наклон станка. В станках с большими передвижными узлами, например, в тяжелых расточных станках с передвижными стойками, допустимый угол наклона при перемещении стойки принимается равным $0,01/1000$ рад (наклон измеряют с помощью точного уровня, устанавливаемого на линейке, длиной не менее 1,5 м, опирающейся на фундамент по концам).

Во избежание чрезмерного наклона фундаментов слабые грунты укрепляют сваями, уплотняют и т.п. Для тяжелых расточных станков с перемещающейся стойкой, в которых деталь устанавливается на плите, под весь станок (включая плиту) делают цельный фундамент. Иначе наклон станины под действием перемещающейся стойки обуславливает появление значительных погрешностей межосевого расстояния растачиваемых отверстий. На величину наклона станка также влияет податливость опор, на которые он установлен. При этом общий наклон станка при низкой жесткости опор резко возрастает, а от количества опор (больше некоторого минимума) при правильной установке практически не зависит.

Влияние параметров установки на деформацию элементов несущей системы зависит от конструкции элементов и способа установки станка. В наибольшей степени способ установки влияет на деформацию длинных сплошных станин, работающих вместе с фундаментами. В этом случае жесткость системы станина-фундамент определяется жесткостями опорных элементов и фундамента.

Установка сплошных станин на общей плите цеха на достаточное количество жестких опор даже без закрепления болтами и без подливки уменьшает упругие перемещения станины на 30 – 40 %, а с креплением болтами или с подливкой – в 2...4 раза. При закреплении станка на индивидуальном фундаменте жесткость станины вследствие взаимодействия с фундаментом повышается значительно (до 10 раз).

Если станок жестко закреплен на фундаменте, то высота фундамента H_ϕ существенно влияет на деформации станины. Угловые закручивания станины, не закрепляемой на фундаменте, намного больше, чем закрепленной, и почти не зависят от размера фундамента. При установке станка на плите толщиной 40 см углы закручивания оказываются примерно на 20 % больше, чем при установке на индивидуальном фундаменте той же высоты.

В тяжелых станках основными являются весовые нагрузки, поэтому деформации системы под действием сил резания, как правило, оказываются существенно меньше, чем от веса узлов. Однако свойства грунта оказывают влияние на поведение несущих систем тяжелых станков под действием статических нагрузок. На участках с грунтами высокой жесткости (модуль упругости $E_0 \approx 12 \cdot 10^3 \text{ Н/см}^2$) деформации станин станков, установленных на индивидуальных фундаментах и на плите той же толщины, что и высота фундамента, примерно одинаковые. На участках с грунтами малой жесткости выгоднее использовать индивидуальные фундаменты. Это объясняется тем, что на жестких грунтах основное участие в работе принимает часть плиты, расположенная непосредственно под станком, а на нежестких грунтах меньшая нагрузка воспринимается грунтом и относительно большая часть плиты вовлекается в работу; при этом кривизна плиты в зоне расположения станка оказывается больше. При установке станка на индивидуальном фундаменте жесткость грунта на деформации системы влияет незначительно.

При установке станков с длинными станинами на слабых грунтах осадка фундамента может быть неравномерной, что приводит к искривлению станин и нарушению прямолинейности направляющих. Осадка фундамента определяется уплотнением всей сжатой зоны грунта под фундаментом. Время полного уплотнения и стабилизации осадки неодинаково для разных грунтов. Величина полной осадки зависит от нагрузки на грунт и его сжимаемости, а скорость затухания осадки главным образом от водопроницаемости грунта и ползучести скелета грунта. Так как в станках с длинными станинами нагрузка на основание на длине фундамента распределяется неравномерно (на участках

под тяжелыми узлами, например под порталом, значительно больше, чем в остальной части), то и осадка протекает неравномерно, что вызывает изменение искривленности станины во времени. Разность осадок на длине станины, возникающая за некоторое время, зависит от свойств грунта, жесткости системы станина–фундамент и характера нагрузки на фундамент. Так как непрямолинейность станины может быть скорректирована регулировкой опорных элементов, скорость изменения осадки во времени определяет периодичность выверки станины. Например, при установке продольно-строгального станка массой 25 т на фундаменте высотой 1 м на хорошо водопроницаемых грунтах (коэффициент фильтрации $\kappa_{\phi} = 30$ см/г) первоначальная выверка станка сохраняется в течение всего срока службы. При установке на грунтах средней водопроницаемости ($\kappa_{\phi} = 0,03$ см/г) станину станка нужно выверять и выставлять 1 раз в шесть месяцев в течение 1,5...2 лет.

Необходимость частой периодической выверки вынуждает отказываться от подливки опорной поверхности длинных станин цементным раствором; при этом станки закрепляют только анкерными болтами. В общем случае высоту фундаментов станков с длинными станинами следует выбирать так, чтобы при заданной периодичности выверки искривление станины в результате неравномерной осадки фундамента не превышало допуска на ее прямолинейность.

Для уменьшения неравномерности осадки фундамента в процессе эксплуатации станка принимают специальные меры, в частности, выдерживают фундамент под нагрузкой (при давлении на грунт, близком к расчетному) не менее 1 года. Кроме неравномерной осадки фундамента искривление длинных станин, закрепленных на фундаментах, может быть вызвано температурными деформациями системы станина–фундамент.

Рассматривая влияние установки станков на их работоспособность при действии динамических нагрузок, приходится учитывать характер этих нагрузок. Действительно, динамические нагрузки, действующие в станке, могут

быть разделены на периодические и импульсные. К периодическим относятся нагрузки, определяемые вращением элементов с неуравновешенностью (заготовок, шлифовальных кругов и т.п.); нагрузки при непрерывном изменении скорости в станках с кулисными, кривошипно-шатунными и подобными механизмами; нагрузки от переменной составляющей силы резания при фрезеровании, прерывистом резании и т.п. К импульсным относятся кратковременно действующие нагрузки, резко изменяющие величину или направление (нагрузки, возникающие при реверсах узлов, врезании инструмента и т.п.). Периодические нагрузки, действующие в станке, вызывают периодические вынужденные колебания, а импульсные нагрузки – импульсные колебания и так называемые сбои размера, т.е. односторонние смещения узлов.

В токарных станках интенсивным источником периодических колебаний является неуравновешенность заготовок. При этом ось заготовки смещается относительно оси вращения, что обуславливает эксцентricность детали. Однако влияние параметров установки на общую величину эксцентricитета в результате неуравновешенности заготовки незначительно. Поэтому, допустимость того или иного вида установки в данном случае определяется допустимыми из условия обеспечения требуемой долговечности станка амплитудами колебаний элементов и условиями неизменяемости параметров установки и долговечности опор.

При закреплении токарных станков, используемых для обработки неуравновешенных заготовок, фундаментными болтами создается предварительное напряжение на опорной поверхности станины. При этом обеспечивается достаточная прочность соединения станины с фундаментом и высокая жесткость установки. Собственные частоты колебаний станка на опорах оказываются, как правило, выше частот возмущающих сил и амплитуды колебаний элементов не превышают допустимых. При установке этих же станков без закрепления болтами частоты собственных колебаний станков на опорах могут быть близкими к частотам возмущающих сил. При резонансных режимах амплитуды колебаний элементов и напряжения в опорных элементах

станка оказываются выше допустимых. Именно поэтому станки, предназначенные для обработки неуравновешенных заготовок, устанавливают жестко.

При фрезеровании и при токарной обработке прерывистых поверхностей весьма интенсивными являются возмущения, определяемые периодическим входом и выходом инструмента из металла и переменность сечения снимаемой стружки. Например, для фрезерных станков, установленных недостаточно жестко (на клиньях без подливки или на резинометаллических опорах), частота собственных колебаний станка на опорах часто оказывается близкой к частоте возмущений, действующих при работе фрезами большого диаметра с относительно небольшим числом зубьев и большим сечением стружки. При этом интенсивность нагрузки достаточно большая и возникающие колебания станины затрудняют работу на станке и отрицательно сказываются на долговечности станка. Этим и объясняется, что фрезерные станки, предназначенные для работы на обдирочных режимах, по возможности устанавливают с креплением фундаментными болтами. Фрезерные станки, установленные на полу цеха без крепления болтами и без подливки, так же как и токарные, либо используются на грубых операциях, либо работают на заниженных режимах.

В поперечно-строгальных и долбежных станках с кулисными, кривошипно-шатунными и аналогичными механизмами скорость перемещающегося узла (ползуна) непрерывно изменяется; изменяются ускорения узлов и силы инерции, действующие в системе. Наибольшей величины силы инерции достигают при обработке длинных деталей со значительными скоростями резания. При больших длинах хода и числах двойных ходов ползуна в минуту возникающие силы инерции оказываются значительно больше допустимых по прочности элементов привода. Поэтому в паспортах станков всегда указывают предельные значения чисел двойных ходов при данной длине хода. Учитывая сказанное, наиболее надежной является установка поперечно-строгальных станков с креплением

фундаментными болтами. При достаточно хорошем качестве и прочности подливки допустима также установка без крепления болтами. При плохом качестве подливки напряжения по подошве станины от сил инерции существенно больше, чем напряжения от веса, обуславливают разрушение подливки и отрыв станка от пола.

При жесткой установке на плите или перекрытии поперечно-строгальных и долбежных станков в одном помещении с точными станками уровень колебаний пола, возникающий при работе этих станков, может оказаться достаточно высоким (особенно при низкой жесткости несущих конструкций) и потребуются либо активная виброизоляция станков – источников колебаний, либо пассивная виброизоляция точных станков.

В шлифовальных, продольно-строгальных и других станках с реверсируемыми узлами, в которых скорость перемещающегося узла во время рабочего хода постоянна, наиболее интенсивные возмущения возникают при реверсах. Эти возмущения рассматривают как некоторый импульс сил инерции, величина которого определяется массой и скоростью перемещающегося узла, а форма, т.е. закон изменения во времени, и продолжительность – настройкой системы, осуществляющей реверс.

В продольно-строгальных станках, где массы реверсируемых узлов значительно больше, чем в шлифовальных, процесс реверсирования обычно оказывается более длительным и возникающие при реверсировании силы инерции значительно больше. Продольно-строгальные станки устанавливают на индивидуальных фундаментах, причем размеры фундамента определяются, как правило, не действующими в станке динамическими нагрузками, а жесткостью системы станина–фундамент, назначаемой из условия предотвращения чрезмерных деформаций от неравномерного проседания фундамента.

Вопросы для самопроверки

1. Какие факторы в значительной степени определяют тип и размеры фундаментов станков нормальной точности и способы закрепления таких станков на фундаменте?
2. Как влияет установка станка на статические деформации системы?
3. Как влияет общий наклон станка как жесткого тела на точность обработки?
4. Почему нежелательно чрезмерное увеличение наклона станка в процессе работы?
5. Какие факторы влияют на положение установленного станка?
6. С какой целью слабые грунты укрепляют сваями, уплотняют и т.п.?
7. Как влияет податливость опор и их количество на общий наклон станка?
8. В какой степени уменьшаются упругие перемещения сплошных станин при установке станка на общей плите цеха на достаточное количество жестких опор без крепления болтами и без подливки, с креплением болтами или с подливкой, при закреплении станка на индивидуальном фундаменте?
9. В каком случае высота фундамента существенно влияет на деформацию станины?
10. Какие фундаменты – общие или индивидуальные выгоднее использовать на грунтах малой жесткости и почему?
11. Почему установка станков с длинными станинами на слабых грунтах приводит к искривлению станин и нарушению прямолинейности направляющих?
12. Чем определяется осадка фундамента?
13. От чего зависит величина полной осадки фундамента и скорость затухания осадки?
14. Какой параметр грунта определяет скорость осадки фундамента во времени, а тем самым периодичность выверки станины?

15. Каким образом может быть скорректирована непрямолинейность станины в период осадки фундамента?

16. Какие меры применяются для уменьшения неравномерности осадки фундамента в процессе эксплуатации станка?

17. Какие периодические и импульсные нагрузки, действующие в станке, являются статическими или динамическими нагрузками?

18. Какие нагрузки, действующие в станке, относятся к периодическим, а какие к импульсным?

19. Какого рода колебания в действующем станке вызывают периодические и импульсные нагрузки?

20. Каковы наиболее интенсивные источники периодических и импульсных колебаний в токарных, фрезерных, строгальных (поперечных и продольных) и долбежных станках с кулисными, кривошипно-шатунными и аналогичными механизмами, шлифовальных станках?

21. Каким образом устанавливают станки с динамическими нагрузками – периодическими или импульсными?

2.2. Фундаменты станков нормальной точности и способы установки станков на фундаментах

Для станков нормальной точности, предназначенных для черновых и получистовых операций, характерна работа на интенсивных режимах со значительными сечениями среза с большими силами резания, обуславливающими деформацию системы станина–фундамент. Кроме того, в станках нормальной точности уровень колебаний от возмущений, действующих в приводе, или от сил резания обычно значительно выше уровня колебаний от внешних источников – колебаний основания. Поэтому жесткость закрепления станков на фундаменте оказывает существенное влияние на устойчивость при резании. Таким образом, основными требованиями, предъявляемыми к установке станков нормальной точности, являются:

1) ограничение упругих перемещений станин (преимущественно тяжелых станков) под действием сил резания, веса перемещающихся узлов и осадок фундамента;

2) ограничение уровня колебаний, вызываемых возмущениями, действующими в станке;

3) обеспечение устойчивости при резании в заданном диапазоне условий обработки.

С учетом перечисленных выше требований станки нормальной точности в зависимости от массы и конструкции могут быть установлены:

а) на бетонный пол (общую плиту) цеха;

б) на устроенные в полу цеха утолщенные бетонные ленты (ленточные фундаменты);

в) на массивные фундаменты (одиночные или общие);

г) на перекрытия.

На бетонный пол цеха устанавливают станки массой 10–15 т с жесткими и средней жесткости станинами ($\frac{l}{h} < 7 \div 8$, где l – длина, h – высота сечения станины).

На утолщенные бетонные ленты допускается устанавливать станки массой до 30 т.

На специально проектируемые массивные фундаменты устанавливают:

а) станки с нежесткими, т.е. с длинными ($\frac{l}{h} > 8$) и с составными станинами, в которых требуемая жесткость станины обеспечивается за счет фундамента;

б) станки массой более 10 т, размещаемые в цехах, толщина пола которых, определяемая работоспособностью основной массы установленного оборудования, недостаточна для установки станков данной массы;

в) станки, размещаемые на полу с нежестким подстилающим слоем (без бетонной подготовки).

На перекрытиях можно устанавливать станки средних размеров массой до 10 т при выполнении условий:

а) обеспечения прочности несущих конструкций здания (с учетом динамических нагрузок);

б) ограничения уровня колебаний (в соответствии с санитарно-техническими нормами и требованиями технологического процесса).

Прочность несущих конструкций здания проверяют расчетом под действием веса станков и номинальных динамических нагрузок, т.е. нагрузок, параметры которых могут быть вычислены в зависимости от параметров станка, детали и режимов обработки: например, от сил инерции в поперечно-строгальных и долбежных станках, от вращения неуравновешенных деталей в токарных станках и т.п., так как номинальные нагрузки по характеру воздействия близки к статическим.

Проверочных расчетов на колебания не выполняют, но величину колебаний перекрытий измеряют и, если уровень колебаний при жесткой установке станков оказывается выше допустимого, используют установку на упругие опоры, причем параметры опор определяют подбором так, чтобы колебания станка и перекрытия не превышали допустимых по санитарно-гигиеническим нормам СН 245–75 (табл. 3.2.8).

Таблица 3.2.8

Допустимый уровень колебаний перекрытий по санитарно-гигиеническим нормам СН 245–75

Частота, Гц	Амплитуда перемещения, мм	Амплитуда скорости, мм/с	Амплитуда ускорения, мм/с ²
До 3	0,6–0,4	11,2–7,6	220–140
3–5	0,4–0,15	7,6–4,6	140–150
5–8	0,15–0,05	4,6–2,5	150–130
8–15	0,05–0,03	2,5–2,8	130–270
15–30	0,03–0,009	2,8–1,7	270–320
30–50	0,009–0,007	1,7–2,2	320–700
50–75	0,007–0,005	2,2–2,8	700–1120
75–100	0,005–0,003	2,8–1,9	1120–1200

Способы установки станков нормальной точности на фундамент зависят от вида фундамента, от требований техники безопасности, от характера режимов эксплуатации, от того, как часто станки будут переставляться и от некоторых других факторов.

На общей бетонной плите цеха станки устанавливаются без закрепления и с закреплением с помощью фундаментных болтов или подливки опорной поверхности станины цементным раствором, на резинометаллические опоры.

Установка без крепления болтами и без подливки на жесткие опоры применяется для станков с недлинными станинами ($\frac{l}{h} < 5 \div 6$), требующих частой перестановки и работающих на нетяжелых режимах. Во избежание нарушения точности установки станка необходима фиксация регулируемого элемента опоры. Поэтому установка на клиновых подкладках не рекомендуется. Для удобства перестановки целесообразно использовать опоры, скрепленные со станком.

Установка без крепления болтами, но с подливкой цементным раствором опорной поверхности станины характерна для большинства типов легких и средних станков, используемых в широком диапазоне режимов. Станки, работающие со значительными динамическими нагрузками, в частности поперечно-строгальные, можно устанавливать на пол также без крепления болтами при прочности цементного раствора подливки не ниже 1500 Н/см².

Установка с креплением болтами (на клинья с подливкой цементным раствором опорной поверхности станины или на регулируемые опорные элементы без подливки) – наиболее жесткая. Этот способ можно применять для всех станков нормальной точности, которые допустимо устанавливать на пол. Он становится единственно возможным способом установки в случаях:

а) когда это диктуется требованиями техники безопасности, в частности, при установке станков, предрасположенных к опрокидыванию (радиально-сверлильные и высокие вертикально-сверлильные), или станков для обработки тяжелых деталей, монтируемых с помощью кранов;

б) при необходимости обеспечить совместную работу станины и фундаментной плиты (станки с относительно длинными нежесткими станинами при $\frac{l}{h} < 6 \div 8$;

в) при значительных динамических воздействиях возвратно-поступательно перемещающихся масс (строгальные станки), при работе на скоростных режимах (токарные, фрезерные станки).

Фундаментные болты рекомендуется затягивать так, чтобы давление на поверхности контакта опорных элементов станка и фундамента от массы станка и силы затяжки болта были близки, но не превышали 800 Н/см², а для станков с динамическими нагрузками – 400...500 Н/см².

Установка на резинометаллические опоры применяется для станков с жесткими станинами ($\frac{l}{h} < 5 \div 6$), требующих частой перестановки, работающих на легких режимах с относительно небольшими динамическими нагрузками, вызывающих амплитуды колебаний станины, не превышающих допустимых (см. выше). В частности резинометаллические опоры допускается применять для установки относительно небольших токарных станков (наибольший диаметр обработки до 400 мм, расстояние между центрами не более 1000 мм), используемых для обработки уравновешенных деталей на нетяжелых режимах; координатно-расточных и алмазно-расточных; консольно- и бесконсольно фрезерных и зубофрезерных станков, используемых на нетяжелых режимах; станков шлифовальной группы при плавном реверсе перемещающихся узлов. Применение резинометаллических опор также рационально для станков, работающих в условиях интенсивного уровня колебания основания, а также при необходимости активной виброизоляции станков, в частности, поперечно-строгальных и долбежных, размещаемых на нежестких перекрытиях или вблизи точных станков.

При установке на резинометаллические опоры в течение первого года эксплуатации необходима периодическая выверка станков.

На специально проектируемые массивные фундаменты станки устанавливают с креплением фундаментными болтами или с подливкой опорной поверхности станины цементным раствором. Установка станков нормальной точности на фундаменты без крепления болтами или без подливки нецелесообразно.

На специально проектируемые массивные фундаменты устанавливают станки с относительно недлинными и длинными станинами. Станки с относительно недлинными станинами, не требующие периодической выверки, можно устанавливать на клинья и подливать цементным раствором по всей поверхности станины (с креплением болтами или реже без крепления ими).

Станки с длинными станинами устанавливают на регулируемые (винтовые или клиновые) опоры и притягивают болтами, основания клиновых башмаков подливают.

При установке на перекрытиях применяют те же опорные элементы и используют те же способы крепления станков, что и при установке на пол первого этажа. Станки крепят болтами только в том случае, когда в помещении предусмотрены специальные устройства для крепления (заделаны швеллеры, металлические плиты и т.п.).

Замечания:

1. При установке станков на перекрытиях на жесткие опоры или с подливкой опорной поверхности станины уровень колебаний перекрытия, допустимый по санитарно–гигиеническим нормам (см. табл. 3.2.8), обеспечивает и нормальную работу станка. В том случае, когда уровень колебаний перекрытия, вызываемых работающими станками, оказывается выше допустимого по санитарно–гигиеническим нормам, необходимо устанавливать станки на упругие опоры, правильный выбор которых снижает уровень колебаний перекрытия. Однако при этом уровень колебаний станка от действия внутренних источников возмущений может возрасти.

2. Выбор способа установки станка на перекрытии зависит не только от уровня колебаний, но и от уровня шума в помещении. Если шум в помещении

определяется главным образом работой станков, способ установки на уровень шума практически не влияет. В том случае, когда шум в помещении обусловлен колебаниями несущих конструкций здания, возбуждаемыми работой станков, которые размещены в соседних помещениях, установка этих станков на податливые опоры позволяет уменьшить уровень колебаний перекрытия и существенно снизить шум.

Вопросы для самопроверки

1. На какие фундаменты устанавливаются станки нормальной точности?
2. В зависимости от каких параметров выбираются фундаменты под станки нормальной точности?
3. Какие существуют способы установки станков нормальной точности на фундаменты?
4. С учетом каких требований станок нормальной точности может быть установлен на перекрытии?
5. В каком случае станки массой 10–15 т можно устанавливать на бетонной плите цеха?
6. В каких случаях станки нормальной точности устанавливаются на специально проектируемые массивные фундаменты?
7. В каком случае станки нормальной точности допускается устанавливать на утолщенные бетонные ленты?
8. В каких случаях станки нормальной точности можно устанавливать на общей бетонной плите цеха без крепления болтами и без подливки на жесткие опоры? Какие мероприятия при этом следует предусмотреть во избежание нарушения точности установки станка?
9. Когда способ установки станков нормальной точности с креплением болтами (на клинья с подливкой цементным раствором опорной поверхности станины или на регулируемые опорные элементы без подливки) становится единственным возможным способом?

10. В каких случаях станки нормальной точности можно устанавливать на резинометаллические опоры?

Раздел 3. Монтаж прецизионных станков

Третий раздел курса включает две темы: Общие сведения и рекомендации. Опоры для виброизолирующей установки станков.

Работа с каждой темой раздела 3 завершается ответами на вопросы для самопроверки.

3.1. Общие сведения и рекомендации

Для станков повышенной точности и высокоточных характерна работа на режимах, предназначенных для финишных операций. Возникающие при этом силы резания не вызывают заметной деформации системы станина–фундамент и при выборе способа установки ее (деформацию системы) можно не учитывать. Вместе с тем рассматриваемые станки весьма чувствительны к колебаниям основания, вследствие чего при установке такого оборудования необходима его виброизоляция для защиты от вредного воздействия отмеченного фактора.

Основными параметрами, определяющими эффективность виброизоляции, являются частоты собственных колебаний станка на опорах и характеристики демпфирования системы на этих частотах. В реальных условиях соотношения между частотами собственных колебаний станка на опорах в разных направлениях более или менее постоянны и степень виброизоляции может условно характеризоваться собственной частотой вертикальных колебаний станка на опорах (f_z). Таким образом, основное требование, предъявляемое к установке точного станка, состоит в том, чтобы собственная частота вертикальных колебаний станка на опорах f_z была в заданных для данной установки пределах.

Виброизоляция станка может осуществляться установкой его на упругие опоры, расположенные непосредственно под станком, или его установкой на дополнительный упруго опертый бетонный блок. Однако наиболее простое

средство, которое в ряде случаев позволяет избежать недопустимых колебаний станков, вызываемых колебаниями основания – это правильное размещение их на производственной площади. При достаточно низком уровне колебаний основания (при отсутствии в цехе тяжелых мостовых кранов, тяжелых станков, занятых на обдирочных операциях, при расположении цеха на значительном расстоянии от источников интенсивных возмущений и т.п.) станки повышенной точности могут устанавливаться так же, как станки нормальной точности, без виброизоляции.

При виброизоляции, обеспечиваемой установкой на упругие опоры, используются обычные фундаменты (на естественном основании) или свайные; с помощью упругих опор станки могут устанавливаться и на перекрытиях. Фундаменты (обычные или свайные) выполняют в виде отдельного или общего блока. Как правило, высокоточные станки устанавливают на отдельные блоки. На общий блок допустимо устанавливать станки повышенной точности, работающие без значительных динамических нагрузок.

Установка станка на виброизолирующие опоры – самое дешевое средство виброизоляции. Непосредственно на упругие опоры можно устанавливать станки средних размеров при необходимой степени виброизоляции $f_z > 10$ Гц, которые характеризуются высокой жесткостью станин ($\frac{l}{h} < 4 \div 5$), отсутствием мощных внутренних источников возмущений и допускают значительные перекосы без ущерба для удобства работы на станке и качества обработки. К таким станкам относятся токарные, координатно-расточные, алмазно-расточные, шлифовальные.

Упругие опоры – единственное средство виброизоляции станков, устанавливаемых на перекрытиях. При установке станков на перекрытиях следует иметь в виду, что чем выше жесткость перекрытия, тем ниже уровень колебаний в производственном помещении. Поэтому станки можно устанавливать на монолитных или сборномонолитных перекрытиях. На жестких монолитных перекрытиях в отдельных случаях можно устанавливать и

высокоточные станки (внутришлифовальные, круглошлифовальные с направляющими скольжения, плоскошлифовальные, координатно-расточные и т.п.) при условии, если уровень колебаний перекрытия при работающем оборудовании не превышает среднего уровня колебаний на полах первых этажей: ускорение колебаний $W_0 = 6,3 \text{ мм/с}^2$ при частотах от 1 до 10 Гц, скорость колебаний $V_0 = 1,0 \text{ мм/с}$ при частотах от 10 до 100 Гц. Отметим, что об уровне колебаний станков грубо можно судить и на ощупь – колебания высокоточных станков должны быть либо неощутимы совсем, либо мало ощутимы (табл. 3.2.9).

Таблица 3.2.9

Оценка уровня колебаний станков по характеру воздействия колебаний на людей

Характеристика воздействия колебаний на людей	Предельное ускорение колебаний, мм/с² (для частот от 1 до 10 кол./с)	Предельная скорость колебаний, мм/с (для частот от 10 до 100 кол./с)
Не ощутимы	10	0,16
Слабо ощутимы	40	0,64
Хорошо ощутимы	125	2,0
Сильно ощутимы (мешают)	400	6,4
Вредны при длительном воздействии	1000	16
Безусловно вредны	Более 1000	Более 16

При высоком уровне колебаний перекрытия, исключая жесткую установку точных станков, применение упругих опор для пассивной виброизоляции не может дать желаемого эффекта без активной виброизоляции соседних машин – источников колебаний.

Станки устанавливают на дополнительный упругоопертый бетонный блок в следующих случаях:

а) требуемая (низкая) частота собственных колебаний станка на опорах не может быть обеспечена с помощью упругих опор, размещаемых непосредственно под станиной;

б) необходимо увеличить массу (и, соответственно, жесткость опор) изолируемой системы для уменьшения амплитуд вынужденных колебаний, вызываемых динамическими нагрузками, действующими в станке, или для ограничения перекосов станка от статических нагрузок (при установке тяжелых деталей, перемещении узлов станка и т.п.);

в) станина станка имеет недостаточную жесткость;

г) требующий изоляции станок жестко связан с рядом стоящими агрегатами, и необходима их совместная установка на общем фундаменте;

д) прочность бетонного пола цеха не позволяет устанавливать станки данной массы на опоры.

В качестве упругих опорных элементов, устанавливаемых под бетонные блоки виброизолированных фундаментов, чаще всего используют стальные пружины или выпускаемые серийно специальные резиновые коврики КВ.

Способ установки станков и параметры виброизоляции, параметры опорных элементов и размеры фундамента для станков средних размеров (за исключением осеботорчных), работающих в условиях среднего уровня колебаний основания, типичного для механических цехов машиностроительных предприятий, можно определить на основе общего анализа особенностей станка и условий его работы, а также с помощью простейших расчетов.

Для особо точных станков (класса С) и крупных станков особо высокой точности (класса А), а также для высокоточных станков при вынужденной их установке в зоне интенсивных колебаний основания и в некоторых других случаях способ установки целесообразно выбирать на основе анализа работоспособности конкретного станка в конкретных условиях. При установке станков на перекрытиях способ установки рационально определять на основе общих соображений, подбирая параметры опор.

В общем случае способ установки станка выбирают следующим образом:

- 1) выбирают рациональное размещение станков и оценивают уровень колебаний основания, при котором будут работать рассматриваемые станки;
- 2) определяют параметры виброизоляции;
- 3) оценивают возможность виброизоляции с помощью упругих опор, устанавливаемых непосредственно под станину;
- 4) при необходимости выбирают массу дополнительного бетонного блока и способ его опирания.

Выше отмечалось, что наиболее простое средство, которое в ряде случаев позволяет избежать недопустимых колебаний станков, вызываемых колебаниями основания – это правильное размещение их на производственной площади. При достаточно низком уровне колебаний основания (при отсутствии в цехе тяжелых мостовых кранов, тяжелых станков, занятых на обдирочных операциях, при расположении цеха на значительном расстоянии от источников интенсивных возмущений и т.п.) станки повышенной точности могут устанавливаться так же, как станки нормальной точности, без виброизоляции.

В общем случае точные станки следует размещать так, чтобы расстояние между ними и источниками интенсивных колебаний основания было максимально возможным.

Поскольку точные станки, как правило, работают в цехах заводов, в которых расположено и другое металлообрабатывающее оборудование, условно уровень колебаний оснований можно охарактеризовать средними амплитудами регулярных колебаний основания порядка 2,5–3 мкм на частотах до 20–25 Гц, уменьшающимися на более высоких частотах, до 10–12 мкм в области частот до 40 Гц.

Уровень колебаний оснований будет примерно соответствовать среднему в том случае, если расстояние от источников возмущения до рассматриваемого участка не менее значений, приведенных в табл. 3.2.10 и табл. 3.2.11.

При расположении высокоточных станков в одном помещении со станками, работающими со значительными динамическими нагрузками

(долбежные, строгальные), расстояние между ними не должно быть меньше 15...25 м. При этом станки целесообразно располагать так, чтобы направление наиболее интенсивных колебаний основания (распространяется по радиусу от источников возмущений) примерно соответствовало направлению касательных к наиболее распространенным поверхностям, обрабатываемым на точном станке.

Таблица 3.2.10

Минимальные расстояния от площадок с точными станками до источников колебаний, необходимые для обеспечения работоспособности станков

Источник колебаний	Расстояние, м	
	Для площадок, сложенных пластичными глинами, суглинками и супесями или песками	Для площадок, сложенных полутвердыми и твердыми супесями
Транспорт: железнодорожный трамвайный	70 – 100 35	50 – 65 25 – 35
Кузнечные молоты с массой падающих частей, т: 6 – 10 3 – 6 1 – 3 менее 1	350 – 500 200 – 250 120 – 150 25 – 30	150 – 250 80 – 100 60 – 75 15 – 20
Машины с периодическими нагрузками	75 – 100	30 – 50

Примечание: Меньшие значения относятся к ненапряженным транспортным магистралям, к легкому режиму работы молотов, к компрессорам малой мощности и т.п.

Расстояние от движущихся составов до площадок с точными станками могут быть значительно уменьшены, если площадки сложены плотными неводонасыщенными грунтами (меньшие значения расстояний в табл. 3.2.11) или слабыми водонасыщенными грунтами (большие значения расстояний в табл. 3.2.11).

Минимальные расстояния от проходящих составов до площадок с точными станками, когда площадки сложены плотными неводонасыщенными грунтами или слабыми водонасыщенными грунтами

Скорость движения составов, км/ч	Расстояние, м	Скорость движения составов, км/ч	Расстояние, м
5	5 – 6	30	16 – 22
10	9 – 11	40	18 – 26
15	12 – 15	50	20 – 30
20	14 – 18		

Вопросы для самопроверки

1. Почему при выборе способа установки точного станка можно не учитывать деформацию системы станина–фундамент?
2. Почему при установке точного станка необходима его виброизоляция?
3. Какие параметры определяют эффективность виброизоляции?
4. Каким образом может быть осуществлена виброизоляция станка?
5. В каких случаях точные станки могут устанавливаться так же, как и станки нормальной точности?
6. Какие прецизионные станки устанавливают на отдельные блоки, а какие на общий блок?
7. При каком условии точные станки средних размеров можно устанавливать непосредственно на упругие опоры?
8. Каким способом виброизолируются точные станки, установленные на перекрытиях?
9. Каким способом можно грубо оценить уровень колебаний точных станков?
10. В каких случаях точные станки устанавливают на упруго-опертый блок?

3.2. Опоры для виброизолирующей установки станков

Выше отмечалось, что виброизоляция станков может осуществляться: установкой станка на упругие опоры на полу цеха или установкой на упруго опертый фундаментный блок. При установке на полу используются виброизолирующие опоры и подкладки, которые могут размещаться непосредственно под станиной или, в некоторых случаях, под вспомогательной плитой, на которую станок устанавливается с целью повышения жесткости станины или изменения опорных точек в соответствии с рис. 3.2.15.

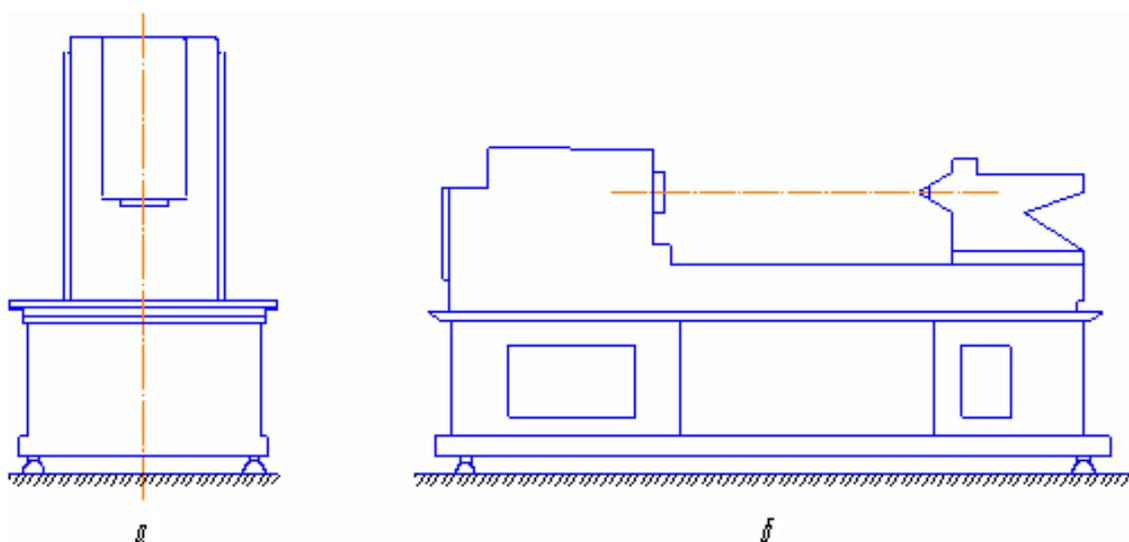


Рис. 3.2.15. Схемы виброизоляции с помощью виброизолирующих опор при установке станков на общей плите цеха:

a – на опорах, расположенных непосредственно под станиной; *б* – на опорах, расположенных под вспомогательной плитой

В виброизолирующих опорах в качестве упругого элемента обычно используют резину, фетр, пробку и т.п. Упругий элемент также может быть выполнен из металла с пружинами или объемной проволочной сетки, а резиновый упругий элемент может быть усилен металлом – так называемые резинометаллические опоры. Не останавливаясь на прочих виброизолирующих опорах, отметим, что из резинометаллических опор наиболее широко распространены равночастотные опоры. У таких опор жесткость примерно пропорциональна нагрузке и поэтому частота собственных колебаний станка мало зависит от нагрузки на опору. Это существенно упрощает подбор опор,

так как не нужно вычислять опорные реакции от веса станка, и требуется только определить, не превышает ли нагрузка на опору предельно допустимую. Преимуществами равночастотных опор является и то, что изменение веса детали или перемещение тяжелых узлов станка не вызывает перегрузки опор, один типоразмер может использоваться для установки разных машин и т.п. Одна из конструкций равночастотных резинометаллических опор приведена на рис. 3.2.16.

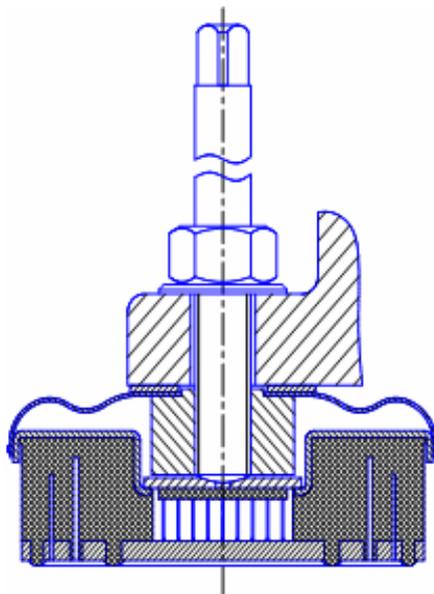


Рис. 3.2.16. Конструкция равночастотной резинометаллической опоры

Как видно из рисунка, такие опоры имеют устройство для выверки станка по уровню. Величина регулирования по высоте у опор различной конструкции составляет 8 мм и 15 мм. Специальная конструкция нижнего основания опор обеспечивает хорошее сцепление с поверхностью пола; срок службы не менее 10 лет.

Вместе с тем, при установке на резинометаллические опоры в результате ползучести резины наблюдаются большие наклоны станка при перемещении подвижных узлов. При значительных углах наклона сборка и юстировка высокоточных станков затруднена. В этих случаях целесообразно применять специальные упруго-жесткие опоры, позволяющие быстро перейти от упругой установки к жесткой без изменения базировки станка. В опоре, конструкция

которой приведена на рис. 3.2.17, этот переход осуществляется вращением винта до упора его в основание; регулировка по высоте обеспечивается с помощью вращения резьбовой втулки.

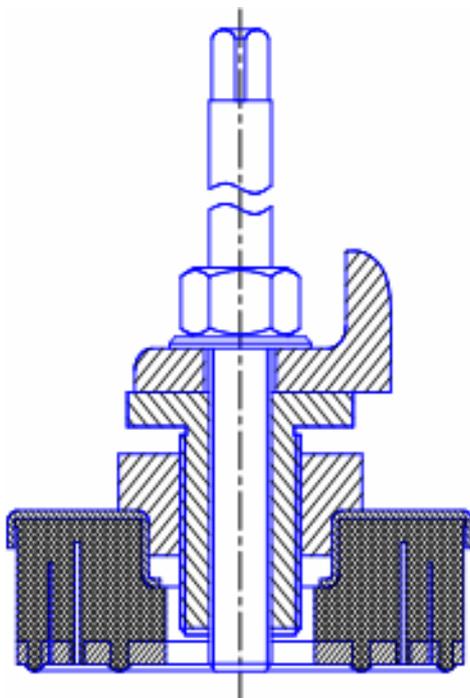


Рис. 3.2.17. Конструкция упруго жесткой резинометаллической опоры

В соответствии с рис. 3.2.18 виброизоляцию с помощью упругоопертого вспомогательного блока осуществляют в двух вариантах – опорном и подвесном. В опорном варианте виброизолирующий фундамент представляет собой бетонный короб, заглубленный в грунт, внутри которого размещается фундаментный блок на упругих прокладках из резиновых ковриков или пружинах. В подвесном варианте виброизолирующий фундамент также представляет собой бетонный короб, заглубленный в грунт, но фундаментный блок теперь подвешен на пружинах, закрепленных выше его подошвы. Коврики изготавливаются из маслостойких резин с малой ползучестью, способных обеспечить частоты $f_z \geq 9 \div 11$ Гц в широком диапазоне нагрузок. Если нужно получить меньшие значения f_z , то коврики укладывают в несколько слоев; при этом f_z уменьшается в \sqrt{n} раз (n – число слоев). Из пружин чаще всего используют спиральные пружины, навиваемые из круглого прутка.

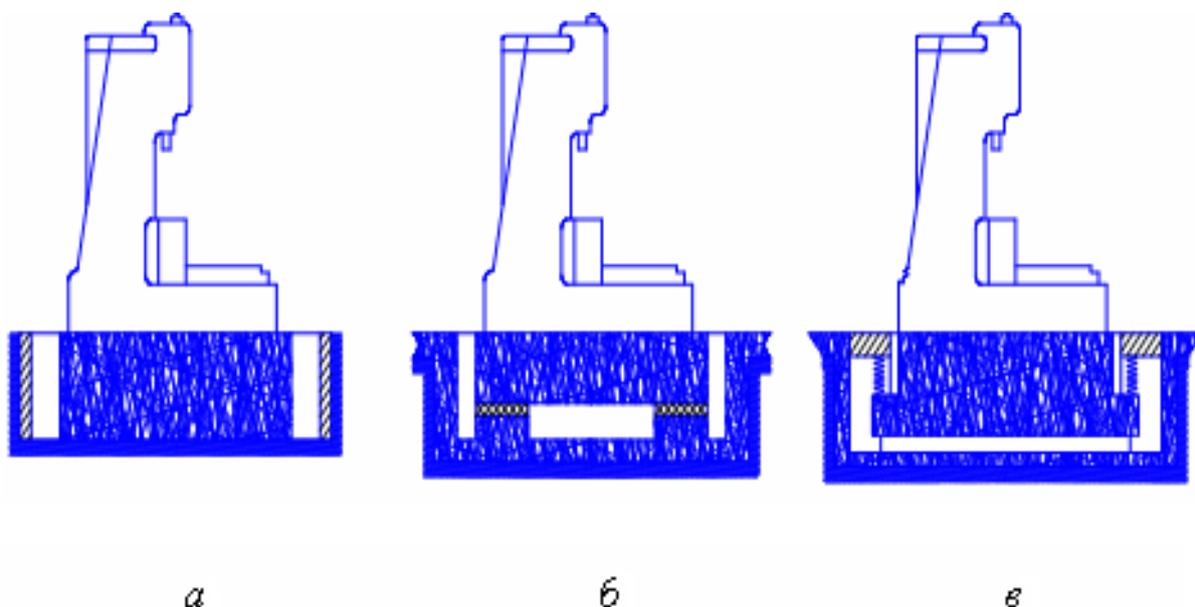


Рис. 3.2.18. Схемы виброизоляции с помощью упругоопертого вспомогательного блока:

а, б – опорные варианты – блок опирается по всей длине (*а*) и на отдельные виброизоляторы (*б*); *в* – подвесной вариант

Фундаменты на пружинах являются самым совершенным, но и самым дорогим средством виброизоляции. Достоинства фундаментов на пружинах определяются особенностями пружин, а именно:

а) стальные пружины допускают большие статические упругие перемещения (до 350 мм), поэтому с помощью пружин могут быть получены весьма низкие частоты собственных колебаний виброизолированной установки;

б) пружины могут быть точно рассчитаны и изготовлены для получения любой заданной (линейной и нелинейной) характеристики;

в) они могут работать при различных температурах, ползучесть стальных пружин пренебрежимо мала.

Фундаменты на пружинах применяют для виброизоляции машин давно, и вопросы их расчета и проектирования достаточно хорошо разработаны. При этом наиболее распространены опорные варианты данных фундаментов (рис. 3.2.19).

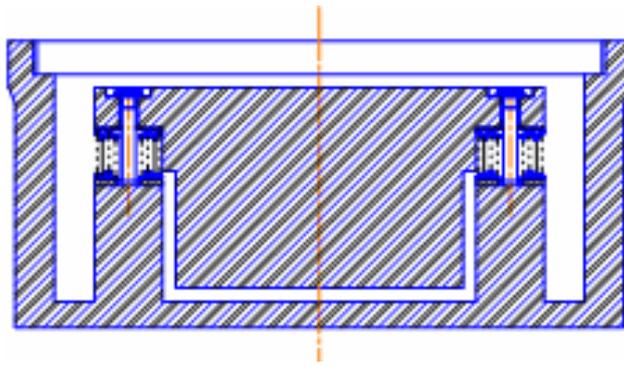


Рис. 3.2.19. Фундамент на пружинах

Вместе с тем, фундаменты на ковриках имеют некоторые преимущества перед пружинными фундаментами – блок может быть сделан меньше; конструкция фундамента проще; стоимость резиновых ковриков значительно ниже стоимости пружинных виброизоляторов; демпфирование фундамента на ковриках существенно больше пружинного и т.п. При этом прокладки из ковриков могут использоваться не только для установки под фундаментные блоки, но и для непосредственной установки станков при отсутствии соответствующих виброизолирующих опор (рис. 3.2.20).

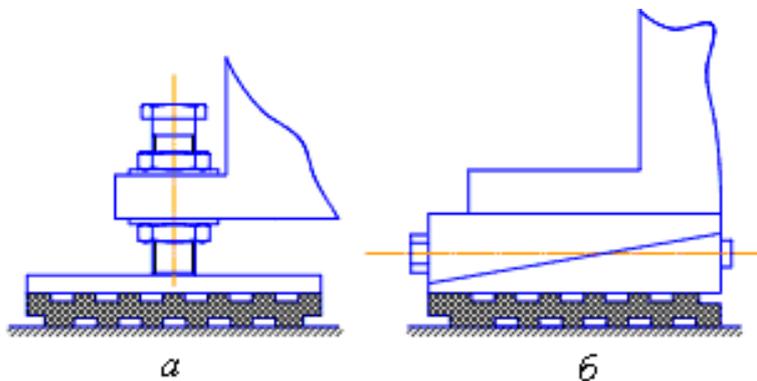


Рис. 3.2.20. Примеры использования прокладок из ковриков для установки станков:

а – на винтовых опорах; *б* – на клиновых опорах

Вопросы для самопроверки

1. Каким образом размещают станки на виброизолирующих опорах и прокладках?

2. Какие упругие элементы обычно используют в виброизолирующих опорах?

3. Какими преимуществами по сравнению с другими виброизолирующими опорами обладают равночастотные виброизолирующие опоры?

4. В каких случаях целесообразно применять упруго-жесткие резинометаллические опоры?

5. Каким образом в упруго-жесткой опоре осуществляется быстрый переход от упругой установки станка к жесткой установке?

6. Каковы варианты виброизоляции станков с помощью упруго-опертого вспомогательного блока?

7. Что представляет собой виброизолирующий фундамент в подвесном и опертом вариантах использования вспомогательного блока?

8. Почему фундаменты на пружинах являются самым совершенным, но и самым дорогим средством виброизоляции?

Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических линиях

Четвертый раздел включает две темы: Особенности установки станков автоматических линий. Общие сведения о конструкции фундаментов и установке станков в автоматических линиях.

Работа с каждой темой раздела 4 завершается ответами на вопросы для самопроверки. Если Вы испытываете затруднения в ответе на какой-либо вопрос, обратитесь к глоссарию или пособию [3, 5].

4.1. Особенности установки станков автоматических линий

Напомним, что основу автоматических линий составляют автоматизированные металлорежущие станки. Установка таких станков имеет свои особенности, определяемые условиями эксплуатации, требованиями, предъявляемыми к станкам, их конструкцией и т.п. При выборе способа

установки должны учитываться следующие особенности автоматизированного оборудования.

1. Повышенная интенсивность эксплуатации, при которой ресурс оборудования исчерпывается в значительно более короткие сроки, чем для станков обычного типа, а сокращение сроков службы в результате неправильной установки приводит к существенно более высоким затратам на восстановление работоспособности.

2. Высокая производительность, обеспечиваемая за счет высокой интенсивности рабочего процесса и высоких скоростей холостых перемещений, определяющих высокий уровень динамических нагрузок в станках. Значительные динамические нагрузки обуславливают необходимость жесткого ограничения уровня колебаний станков и соответственно высокой жесткости установки, так как в противном случае не будут обеспечены требуемые сроки службы станков.

3. Высокая степень автоматизации, в том числе обеспечивающая автоматическое получение заданного качества обработки партии деталей, что вызывает необходимость сохранения стабильных условий обработки в течение достаточно длительного времени. В связи с этим при выборе способа установки станков должны приниматься во внимание все факторы, которые могут привести к нарушению точности установки, - неравномерные осадки фундаментов, температурные деформации, связанные с колебаниями температуры в цехе в течение смены, нарушение точности установки от действий динамических нагрузок и т.д.

4. Связанность станков, работающих в автоматизированных комплексах, транспортирующими устройствами, диктующая необходимость обеспечения высокой точности монтажа станков и сохранения ее во времени.

5. Размещение под станками подвалов для транспортировки стружки, подвода электроэнергии, сжатого воздуха и пр., обуславливающая сравнительно сложные конструктивные формы фундаментов (с каналами, шахтами, приялками и т.п.).

б. Высокая стоимость, заставляющая стремиться к максимально возможному повышению коэффициента использования оборудования, определяет также необходимость сокращения сроков монтажа, что может быть обеспечено только за счет широкого использования современных конструкций фундаментов и способов установки и крепления станков.

Нормальная работоспособность автоматизированного оборудования обеспечивается только в тех случаях, когда станки устанавливаются с учетом изложенных выше соображений. Например, для автоматизированных станков, в частности для станков с ЧПУ, в связи с высокими требованиями к точности при высоком уровне динамических нагрузок наиболее рациональной оказывается установка на индивидуальных фундаментах или на полу из бетонных плит, разделенных деформационными швами, причем толщина плит должна приниматься большей, чем для обычных станков той же массы (порядка 40...60 см). При этом будет обеспечена как защита станков от высокочастотных колебаний основания, так и сравнительно невысокий уровень колебаний от возмущений, действующих в станке. Установка таких станков на резинометаллические опоры, при которой колебания элементов станка оказывается значительно выше, чем при жесткой установке, в большинстве случаев использована быть не может.

Вопросы для самопроверки

1. Чем объясняется более короткий срок службы станков, работающих в автоматических линиях, по сравнению со сроком службы станков, работающих в обычных условиях?
2. К чему приводит сокращение срока службы станков автоматической линии в результате их неправильной установки?
3. Почему станки автоматической линии целесообразно устанавливать жестко?

4. Какие факторы нужно учитывать при выборе способа установки станков автоматической линии, чтобы сохранить стабильность условий обработки в течение достаточно длительного времени?

5. Почему важно обеспечивать высокую точность монтажа станков в автоматической линии и сохранять ее (точность) во времени?

6. Почему фундаменты автоматических линий имеют достаточно сложную конструктивную форму?

7. Какими мероприятиями можно достигнуть сокращения сроков монтажа автоматических линий?

4.2. Общие сведения о конструкции фундаментов и установке станков в автоматических линиях

В автоматических линиях станки могут устанавливаться как на общей плите цеха, так и на отдельных фундаментах. Обычно на отдельные фундаменты устанавливают станки с интенсивными динамическими нагрузками и станки повышенной точности. Фундамент линии должен быть изолирован от стен здания и подкрановых колонн. В фундаменте предусматривают траншеи для транспортера стружки и для подвода коммуникаций, а в бетонной подливке станков – стоки для эмульсий. Для неармированных фундаментов применяют бетон марки не ниже 75, для армированных – не ниже 100. Фундаменты под станки массой более 12 т армируют сетками 150×150мм на расстоянии 20...30 мм от верхней грани фундамента. Стенки и дно траншеи транспортера штукатурят цементным раствором с гидродобавками и подвергают железнению с тем, чтобы не допустить утечки жидкостей в грунт. Верхняя часть фундамента и подливки станков покрывается маслостойкими покрытиями. Регулировка станков по высоте осуществляется с помощью регулируемых винтовых или клиновых опор. Чаще других опор используются винтовые, в виде установочных винтов со сферическими шайбами, как показано на рис. 3.2.21. Винты опираются на стальные плиты, перекрывающие колодцы для фундаментных болтов. При

установке станка болты заводят в колодцы через установочные винты, станок выверяют и болты заливают бетоном. После твердения бетона производится затяжка болтов с одновременной выверкой станка. После нескольких смен работы производится окончательная выверка и подливка опорной поверхности станины цементным раствором. В большинстве случаев используются глухие фундаментные болты. Определенное распространение также получили цанговые болты в соответствии с рис. 3.2.22. Болты устанавливают в скважины, которые сверлят в готовом фундаменте по разметке (или по кондуктору) с помощью специального станка.

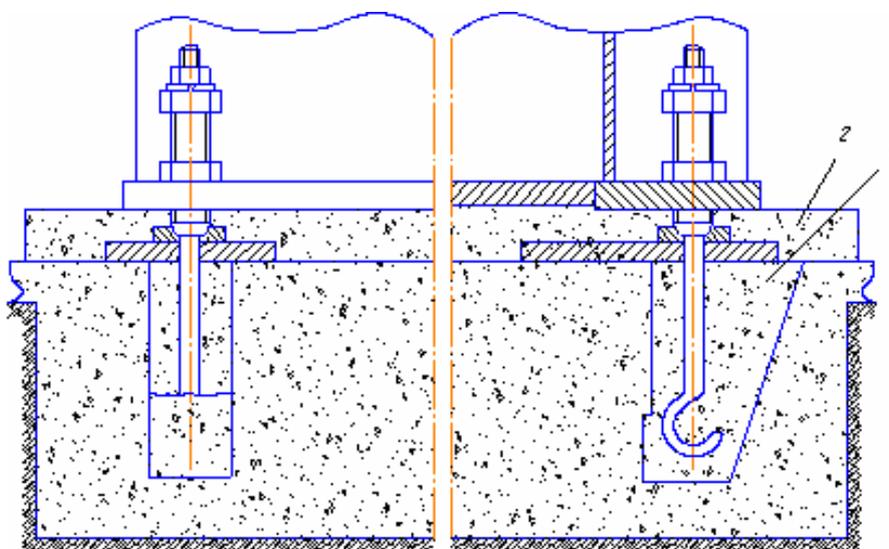


Рис. 3.2.21. Схема установки станков, работающих в автоматических линиях, на фундамент:
1 – колодец; 2 – подливка

Тяжелое оборудование устанавливается не на винтовых, а на клиновых опорах. При этом для обеспечения хорошего контакта в стыках опоры и высокой жесткости соединения рекомендуется последовательность установки и выверки в соответствии с рис. 3.2.23.

отверстия основания станины и в колодцы заводят фундаментные болты с кольцами, после чего в соответствии с рис. 3.2.23,в под станину над колодцем ставят клиновые башмаки и притягивают их с помощью фундаментных болтов к нижней поверхности станины и наконец около башмаков устанавливают опалубку, колодцы бетонируют и нижнюю часть башмака подливают (рис. 3.2.23,з). После твердения бетона установочные винты вывертывают и производят выверку станка на башмаках – затягивают болты с одновременным контролем выверки (для болта М20 рекомендуемая сила затяжки 20000 Н).

Для установки автоматических линий перспективным оказывается применение специальных фундаментов, так называемых балочных, с настилом из проката. В качестве примера на рис. 3.2.24 приведен балочный фундамент, сваренный из балок двутаврового профиля. Габариты фундамента в плане определяются расположением оборудования; высота – в зависимости от длины, чтобы обеспечить необходимую жесткость. Фундамент выполнен из бетона марки 200 и армирован сетками с шагом 500×500 мм из круглой стали диаметром 8 мм на расстоянии 20...30 мм от нижней и верхней граней фундамента и от дна траншеи для транспортера стружки. Крепление станков на фундаменте осуществляется с помощью установочных винтов со сферическими шайбами, опирающимися на специальные проставки размером 80×80 мм толщиной 40 мм в соответствии с рис. 3.2.25. Проставки привариваются к балкам после установки и выверки станков в линии. Головки установочных винтов и болтов подкаливаются. Пространство между станками и другим оборудованием в зоне балочного настила закрывается металлической решеткой из полосового материала высотой 30 мм с ячейками 30×30 мм. Открытые участки прямков перекрываются плитами.

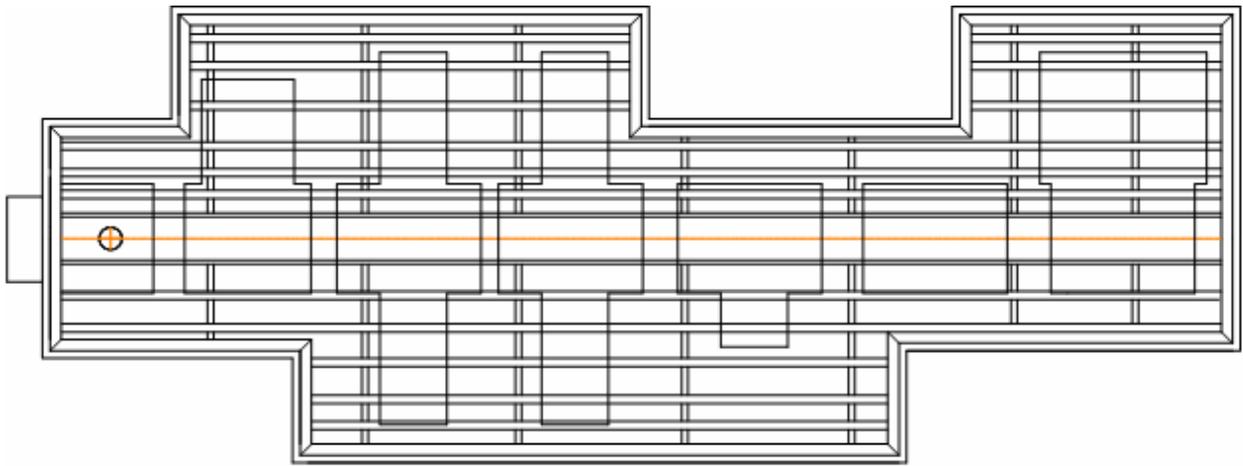


Рис. 3.2.24. Балочный настил фундамента автоматической линии

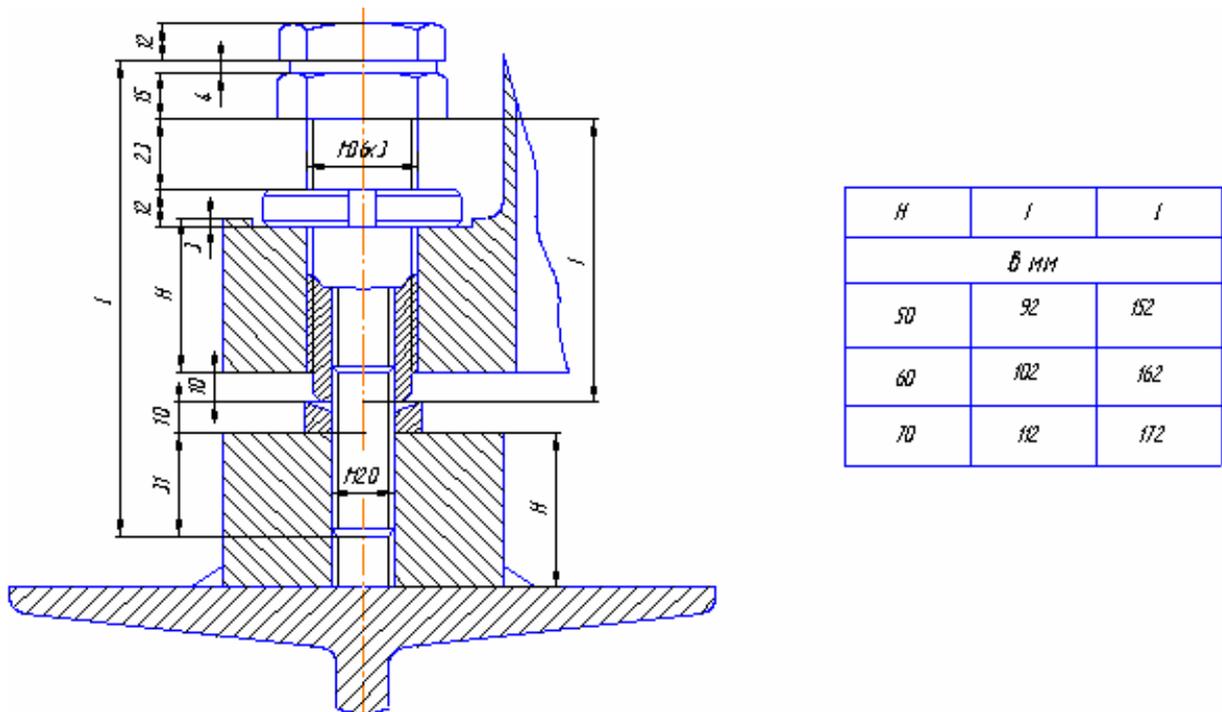


Рис. 3.2.25. Пример крепления станков на балочном фундаменте

Вопросы для самопроверки

1. На каких фундаментах могут устанавливаться станки в автоматических линиях?

2. Какие требования предъявляются к фундаментам автоматических линий?
3. В каком случае фундаменты под станки автоматических линий армируются сетками?
4. Каковы размеры у ячеек сеток и на каком расстоянии их устанавливают от верхней грани фундамента?
5. С какой целью стенки и дно траншеи транспортера автоматической линии штукатурят цементным раствором и подвергают железнению?
6. На какие опоры чаще всего устанавливают станки автоматических линий?
7. Какова работа установочных винтов, показанных на рисунке 22?
8. Какова работа цанговых винтов, показанных на рисунке 23?
9. Каким образом в условиях автоматической линии осуществляется последовательность установки и выверки станков на клиновых башмаках?
10. Что представляет собой балочный фундамент?
11. Какова работа опоры, показанной на рисунке 26?

Заключение

Технологический процесс монтажа металлорежущих станков является частью общего технологического процесса введения в эксплуатацию промышленного оборудования, в котором работам по монтажу предшествуют работы по изготовлению фундамента для его установки. Изложены подходы к изучению вопроса ввода в эксплуатацию металлорежущих станков – наиболее приоритетного оборудования предприятий машиностроительного комплекса.

Изучение данного курса позволит студентам приобрести теоретические и практические знания, необходимые для правильного решения технологических задач по монтажу станочного оборудования, применяемого в предприятиях машиностроения, с учетом конкретных производственных условий.

3.3. Глоссарий (краткий словарь терминов)

Анкерные болты – стальной цилиндрический стержень с головкой на одном конце и винтовой нарезкой на другом, предназначенный для препятствия возможного разъединения частей системы станина-фундамент.

Башмаки – опорные элементы, предназначенные для поддержки или упора оборудования.

Бетон – затвердевшая смесь из вяжущего вещества (цемента), воды и заполнителей, взятых в определенном соотношении, предназначенная для изготовления фундамента.

Виброизоляция – защита оборудования от вредного воздействия колебаний основания.

Жесткая установка оборудования – способ установки оборудования, когда фундаментом служит общая плита пола цеха или бетонный блок, опирающийся на естественное основание, или перекрытие.

Клинья – опорные элементы, предназначенные для поддержки оборудования и регулирования его положения в пространстве.

Колебания элементов системы – движения или изменения состояния системы станина-фундамент, обладающие той или иной степенью повторяемости, вызванные действием возмущений в оборудовании или в результате колебаний основания.

Комплектация – операция по проверке комплексности станка по документам завода-изготовителя.

Металлорежущие станки - технологическое оборудование для механической обработки заготовок деталей машин режущим инструментом.

Монтаж - совокупность мероприятий перед началом эксплуатации оборудования, направленных на придание станку такого расположения, при котором обеспечивается его нормальная (паспортная) работа в течение заданного срока службы.

Опорные элементы – элементы, на которые устанавливается оборудование при монтаже, к ним относятся башмаки, клинья и т.п.

Подстилающий слой (подготовка) – элемент пола, распределяющий нагрузки по основанию.

Покрытие – верхний элемент пола, непосредственно подвергающийся эксплуатационным воздействиям.

Прочность конструкции – способность конструкции сопротивляться разрушающим факторам при воздействии внешних нагрузок.

Расконсервация – операция по снятию скребками антикоррозийного покрытия со всех законсервированных поверхностей узлов станка, протирке поверхности чистой ветошью, смоченной в водном моющем составе, смазыванию расконсервированных поверхностей машинным маслом.

Ревизия – операция по распаковке и проверке наружным осмотром отсутствия повреждений и поломок, трещин, раковин и прочих видимых дефектов оборудования.

Регулирование положения – совокупность действий, направленных на придание устанавливаемому оборудованию требуемого положения в пространстве.

Станина – несущая часть оборудования, на которой монтируются рабочие узлы и механизмы, воспринимающая усилия, действующие при работе механизмов и обеспечивающая точное взаимное расположение частей оборудования.

Статические деформации системы – изменения взаимного расположения элементов системы в результате статических нагрузок, возникающих под действием веса перемещающихся узлов оборудования, сил резания и в результате неравномерных осадок фундамента.

Транспортирование – операция по доставке узлов станка к месту монтажа.

Упругая установка оборудования – способ установки оборудования на упругие опоры и те виды установки оборудования на жесткие опоры, когда фундаментом служит бетонный блок, опирающийся на упругие опорные элементы – резиновые коврики, пружины и т.п.

Устойчивость системы – способность системы, находящейся под действием различных сил в равновесии, после незначительного отклонения возвращаться в положение равновесия.

Фундаменты – подземные части оборудования, воспринимающие нагрузки и передающие их основанию.

Цемент – вяжущее вещество, способное при смешивании с водой образовывать пластичную массу, приобретающую после затвердевания камнеподобное состояние.

3.4. Методические указания к проведению практических занятий

Для студентов специальностей 151001.65 и 080502.65 всех форм обучения предусматривается выполнение двух практических работ.

Студенты, обучающиеся с элементами ДОТ, задания получают на Учебном сайте, в среде MOODLE и могут получить дополнительную информацию на сайте кафедры tam@nwpi.ru, разделы: «Методические материалы», «Консультация». Студент может изучать материал, неоднократно возвращаясь к вызывающему затруднение материалу, либо проходить заданный материал в произвольном порядке, обращаться за помощью к преподавателю с помощью таких средств общения, как электронная почта.

Целью практических занятий является изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков и расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка и соответствует выполнению контрольной работы по дисциплине.

Практическая работа №1 на тему «Изучение способов производственной установки станков нормальной точности и точных станков» соответствует графической части контрольной работы и рис. 4.2.1 - 4.2.7, п. 4.2 «Задание на контрольную работу и методические указания к ее выполнению».

Практическая работа №2 на тему «Расчет прочности бетонной плиты цеха под действием веса установленного станка» соответствует расчетной части

контрольной работы, п. 4.2 «Задание на контрольную работу и методические указания к ее выполнению».

4. Блок контроля освоения дисциплины

4.1. Общие указания

Блок контроля освоения дисциплины включает:

1. Задание на контрольную работу и методические указания к ее выполнению

Для студентов очно-заочной и заочной форм обучения специальностей 151001.65 и 080502.65 предусматривается выполнение контрольной работы. Порядок выбора индивидуальных заданий указан в «Задании на контрольную работу и методических указаниях к ее выполнению».

Студенты, обучающиеся с элементами ДОТ, задания получают на Учебном сайте, в среде MOODLE и могут получить дополнительную информацию на сайте кафедры tam@nwpi.ru, разделы: «Методические материалы», «Консультация».

2. Блок тестов текущего (промежуточного) контроля

Приводятся 40 тестовых заданий текущего контроля, по каждому разделу дисциплины. Они предлагаются студентам в качестве тренировочных (репетиционных). После работы с этими тестами можно проверить ответы – они приведены на стр. 120. Время ответа для тренировочного теста ограничено.

Студенты, обучающиеся с элементами ДОТ, тренировочные тесты получают на Учебном сайте, в среде MOODLE и могут получить дополнительную информацию на сайте кафедры tam@nwpi.ru, разделы: «Методические материалы», «Консультация».

3. Блок итогового контроля

Семестр у студентов специальностей 151001.65 и 080502.65 всех форм обучения завершается зачетом. При этом студенты сдают зачет по билетам.

В данном блоке приводятся вопросы по подготовке к зачету. Студенты, обучающиеся с элементами ДОТ, вопросы к зачету получают на Учебном сайте.

Контрольные тесты студенты получают у своего преподавателя, время ответа ограничено. Студенты, обучающиеся с элементами ДОТ, контрольные тесты получают на Учебном сайте и на сайте кафедры tam@nwpi.ru, разделы: «Методические материалы», «Консультация».

4.2. Задание на контрольную работу и методические указания к ее выполнению

4.2.1. Задание на контрольную работу

По курсу «Монтаж оборудования» предусматривается выполнение контрольной работы, к выполнению которой необходимо приступить после проработки соответствующих разделов курса (см. опорный конспект).

Целью контрольной работы является приобретение студентами практических навыков проектирования и расчета фундаментов для установки технологического оборудования для авторемонта. В первую очередь к этому оборудованию относятся металлорежущие станки, поэтому цель контрольных работ заключается в приобретении навыков проектирования и расчета фундаментов именно для этого вида оборудования.

Выбор задания на контрольную работу осуществляется по табл. 4.2.1.

Студенты, обучающиеся с элементами ДОТ, задания получают на Учебном сайте и на сайте кафедры tam@nwpi.ru, разделы: «Методические материалы», «Консультация».

На рис. 4.2.1 - 4.2.7 приведены схемы расстановки опорных элементов станков, устанавливаемых на бетонный пол цеха. Толщина пола 200 мм. Заданы масса m и установочные размеры станка, размеры a , b и d его опорных элементов, марка бетона подстилающего слоя пола цеха, вид грунта (табл. 4.2.1).

Таблица 4.2.1

Исходные данные

Параметры	Варианты и исходные данные									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра студента									
Модель станка	2Н125	2Н135	2Н150	16К20Ф3	16К30Ф3	6Т12-1	3К228В	3К229В	5П23БП	5К801
<i>a</i> , мм	150	150	150	200	160	150	–	–	–	–
<i>b</i> , мм	–	–	–	–	300	150	–	–	–	–
<i>d</i> , мм	–	–	–	–	–	–	200	200	140	140
<i>A</i> , мм	530	560	640	685	690	690	785	826	500	500
<i>B</i> , мм	555	650	790	1890	910	1180	1900	2050	900	1000
<i>C</i> , мм	440	435	480	–	492	–	–	–	–	600
<i>D</i> , мм	–	–	–	–	1590	–	–	–	–	–
<i>E</i> , мм	–	–	–	–	492	–	–	–	–	–
<i>F</i> , мм	–	–	–	–	780	–	–	–	–	–
<i>m</i> , кг	880	1200	1870	3800	7000	3200	6900	8600	2100	2900
	Предпоследняя цифра шифра									
Марка бетона	100	150	200	300	300	200	150	100	200	300
Грунт	ПКиГ	ПСК	ПМ	ПП	СГ	ССиГП	С	ПКиГ	ПСК	ПМ
Примечание – Грунты: ПКиГ – песок крупный и гравелистый; ПСК – песок средней крупности; ПМ – песок мелкий; С – супесь; ПП – песок пылеватый; СГ – суглинок, глина; ССиГП – супесь, суглинок и глина пылеватые										

Требуется проверить прочность бетонной плиты цеха под действием силы тяжести устанавливаемого оборудования.

В расчетах принять, что вес станка равномерно распределен между опорами.

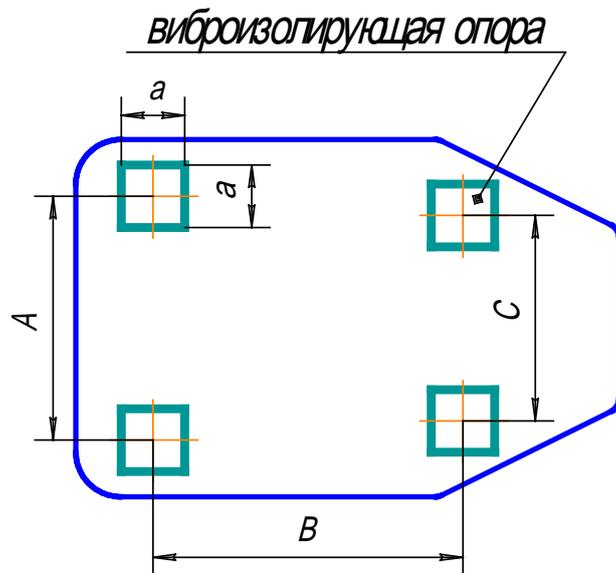


Рис. 4.2.1. Схема расстановки опор вертикально-сверлильных станков моделей 2Н125, 2Н135, 2Н150

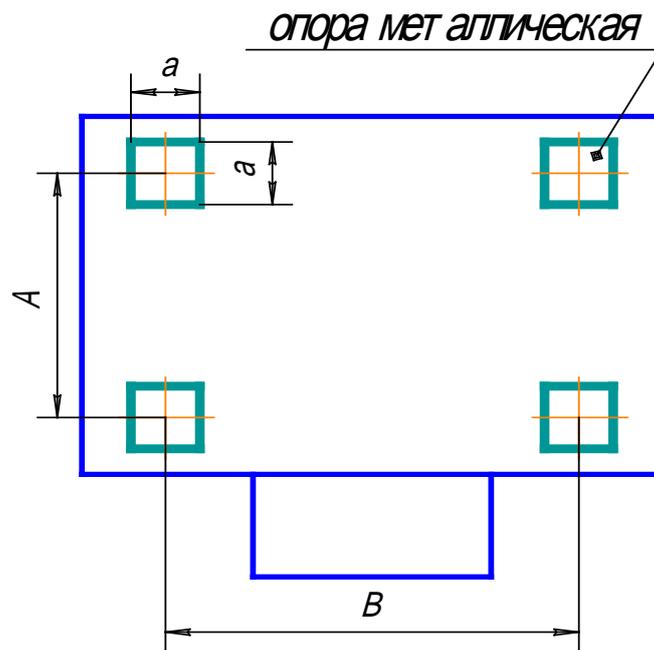


Рис. 4.2.2. Схема расстановки опор токарного станка модели 16К20Ф3

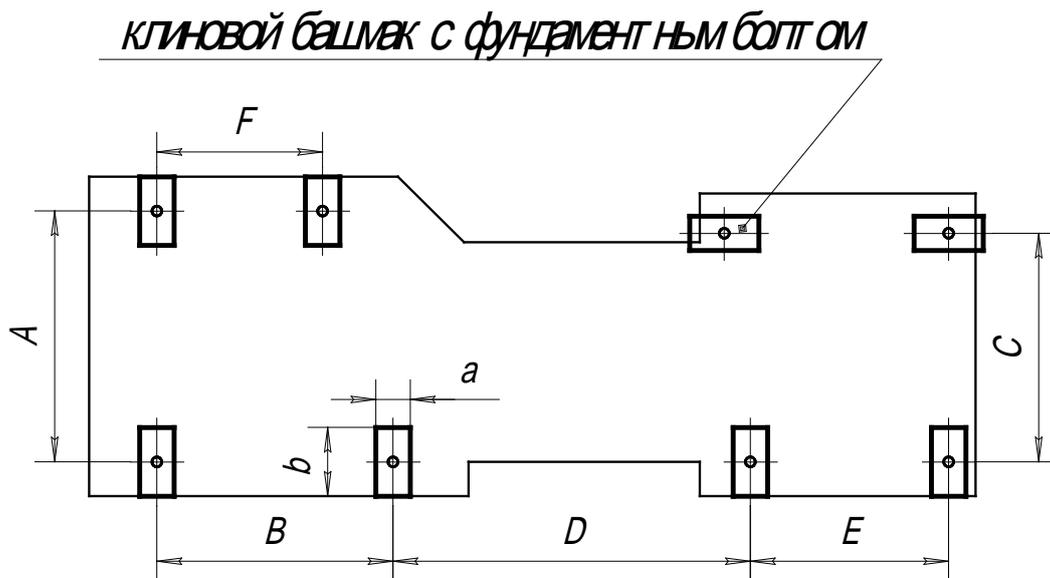


Рис. 4.2.3. Схема расстановки опор токарного станка модели 16К30Ф3

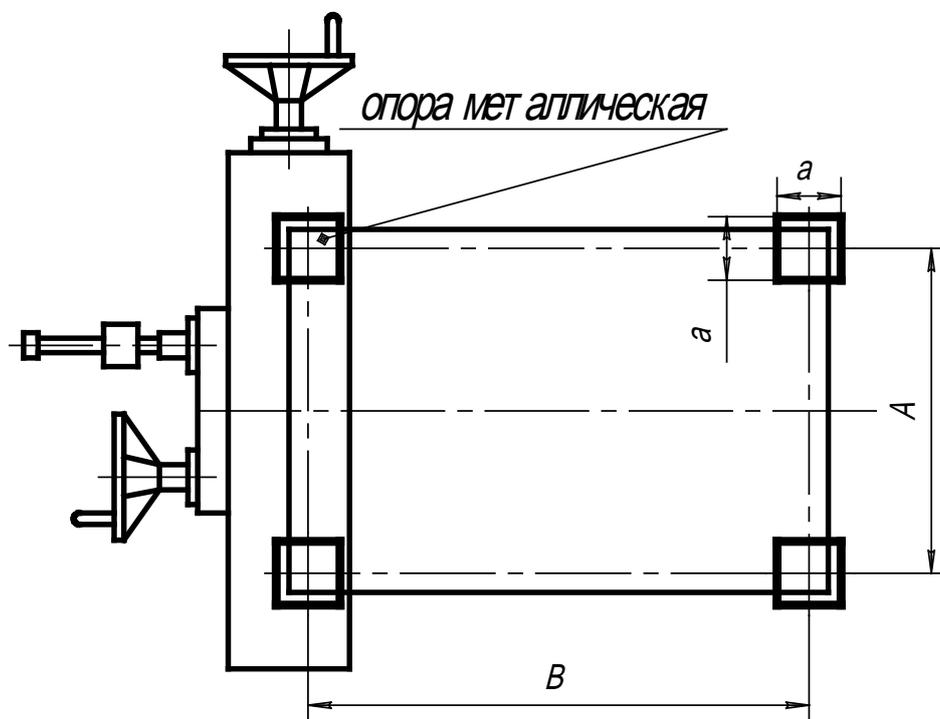


Рис. 4.2.4. Схема расстановки опор вертикального консольно-фрезерного станка модели 6Т12-1

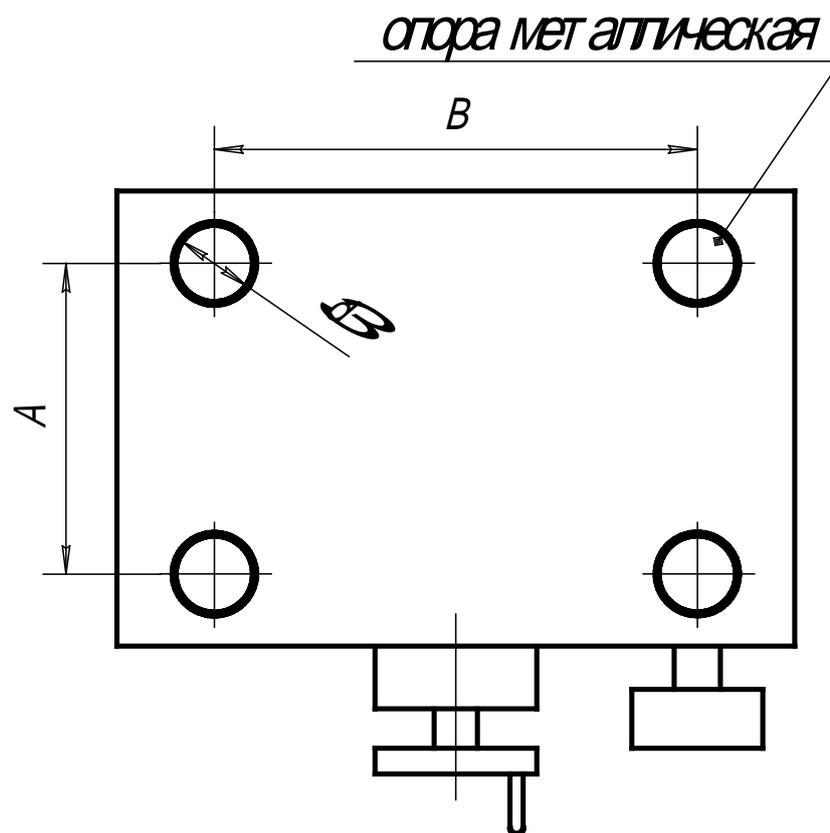


Рис. 4.2.5. Схема расстановки опор внутришлифовальных станков моделей 3К228В, 3К229В

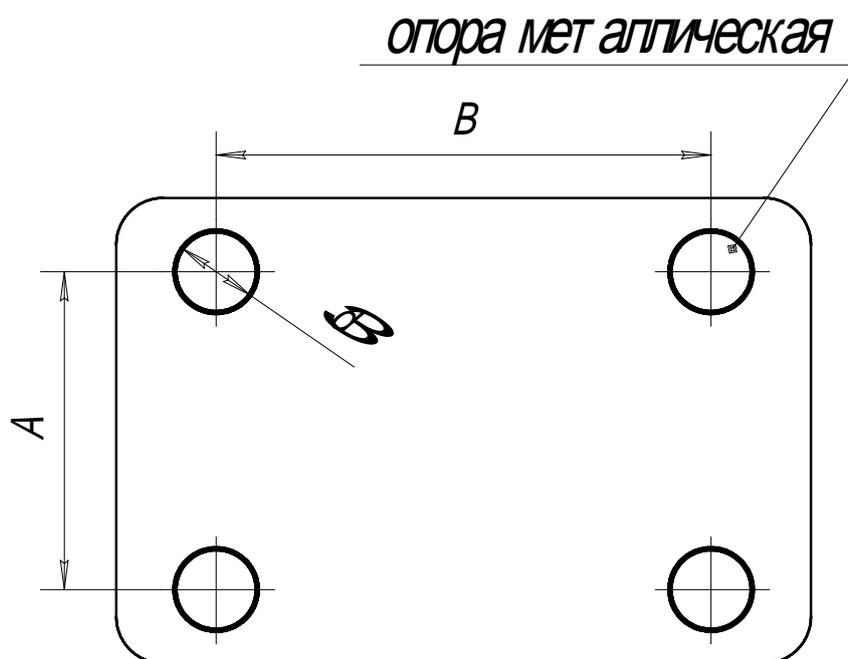


Рис. 4.2.6. Схема расстановки опор зубодолбежного станка модели 5П23БП

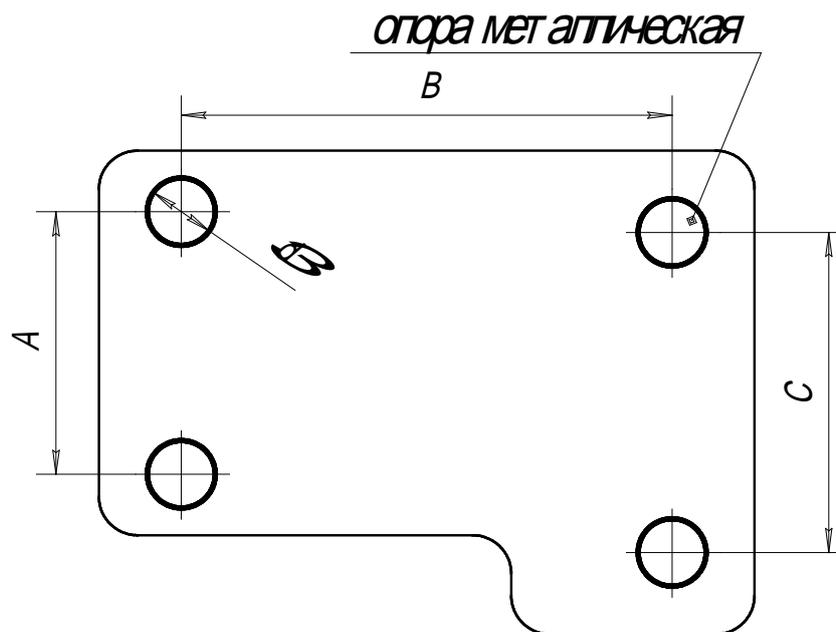


Рис. 4.2.7. Схема расстановки опор зубофрезерного станка модели 5K801

4.2.2. Методические указания к выполнению контрольной работы

Контрольная работа является самостоятельной инженерной работой студента.

Задачи контрольных работ:

- закрепить теоретические знания, полученные при изучении дисциплины «Монтаж оборудования», и расширить технический кругозор;
- научиться самостоятельно проектировать и рассчитывать фундаменты, выполнять инженерно-технические расчеты, связанные с выбором оптимального варианта монтажа оборудования.

Выполнение контрольной работы является подготовкой к завершаемому этапу обучения студента в университете, т.е. к выполнению дипломного проектирования.

Студенты, успешно выполнившие и защитившие контрольные работы, допускаются к зачету по дисциплине «Монтаж оборудования».

В контрольной работе необходимо проверить прочность бетонной плиты цеха под действием силы тяжести устанавливаемого оборудования.

Контрольные работы выполняются в виде пояснительной записки, печатным текстом на листах формата А4 на одной стороне листа с тем, чтобы с другой стороны можно было внести дополнения или исправления после рецензирования. Поля на листе: слева - 30 мм, справа - 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм.

Пояснительная записка должна иметь титульный лист, оглавление и сквозную нумерацию страниц, начиная с первой страницы - титульного листа. Номер страницы на нем не ставится.

При использовании тех или иных методик расчета, теоретических положений или различных справочных материалов в тексте должны делаться ссылки на соответствующие литературные источники, которые представляют собой порядковый номер источника в перечне используемой литературы, заключенный в квадратные скобки.

В перечне используемой литературы указываются порядковый номер источника, фамилия автора и инициалы, наименование источника, издательство и год издания.

Рисунки в пояснительной записке должны иметь номера и названия.

Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин в международной системе СИ.

Заключение

В конце пояснительной записки следует сформулировать основные выводы о проделанной работе.

Указания к выполнению задачи

При проверочном расчете определяют напряжения растяжения σ_p бетонной плиты при изгибе:

$$\sigma_p = 3,5 \frac{M_p}{h^2} \leq R_p,$$

где M_p – расчетный изгибающий момент, отнесенный к одному сантиметру сечения плиты в Н·см/см; h – толщина подстилающего слоя, см; R_p – сопротивление бетона растяжению, определяемое по табл. 4.2.2.

Величину M_p находят в точке, принятой за расчетный центр, причем при одинаковых нагрузках на все опоры расчетный центр принимают расположенным под одной из средних опор.

При этом условии:

$$M_p = M_0 + \sum M_i,$$

где M_0 – изгибающий момент в расчетном центре от нагрузки P_0 на опору под центром; M_i – изгибающий момент в расчетном центре от нагрузки P_i на i -ю опору, зависящий от расстояния r_{0i} между центром этой опоры и расчетным центром.

Нагрузки, находящиеся от расчетного центра на расстояниях больших, чем bl , где l – характеристика гибкости плиты, при определении величины M_p не рассматриваются.

Характеристику гибкости плиты вычисляют по формуле:

$$l = 0.541 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_\sigma \cdot h^3}{K_o}},$$

где E_σ – модуль упругости бетона в Н/см²; K_o – коэффициент постели грунта основания в Н/см³.

Значения E_σ и K_o выбирают соответственно по табл. 4.2.2 и табл. 4.2.3.

При известных значениях P_0 и P_i значения изгибающих моментов M_0 и M_i находят по формулам:

$$M_0 = K_1 \cdot P_0, \quad M_i = K_4 \cdot P_i,$$

где K_1 – коэффициент, определяемый по табл. 4.2.4 в зависимости от величины $\alpha = \frac{a}{l}$ и $\beta = \frac{b}{l}$ или от величины $\alpha = \beta = \frac{d}{l}$ (a и b или d – размеры следа опоры,

принятой за расчетный центр); K_4 – коэффициент, определяемый по табл. 4.2.5 в зависимости от величины $\frac{r_{0i}}{l}$ – расстояния i -й опоры до расчетного центра.

Если для предварительно заданных условий полученное значение σ_p окажется меньше или равно R_p , то станок данной массы может быть установлен на бетонной плите цеха.

4.2.3. Пример решения задачи

Проверить возможность установки горизонтально–расточного станка на общей плите цеха, если масса станка $m = 13,1$ т ($G = 13,1 \cdot 10^4$ Н – вес станка), пол в цехе – железобетонная плита толщиной $h = 40$ см, бетон марки 200 ($R_p = 64$ Н/см²; $E_\sigma = 2,25 \cdot 10^6$ Н/см² - см. табл. 4.2.2), грунт на площадке – тугопластинчатые глины ($K_o = 65$ Н/см³, см. табл. 4.2.3), опоры – клиновые башмаки с размерами опорной поверхности 300×160 мм.

Схема расположения опор станка приведена на рис. 4.2.8.

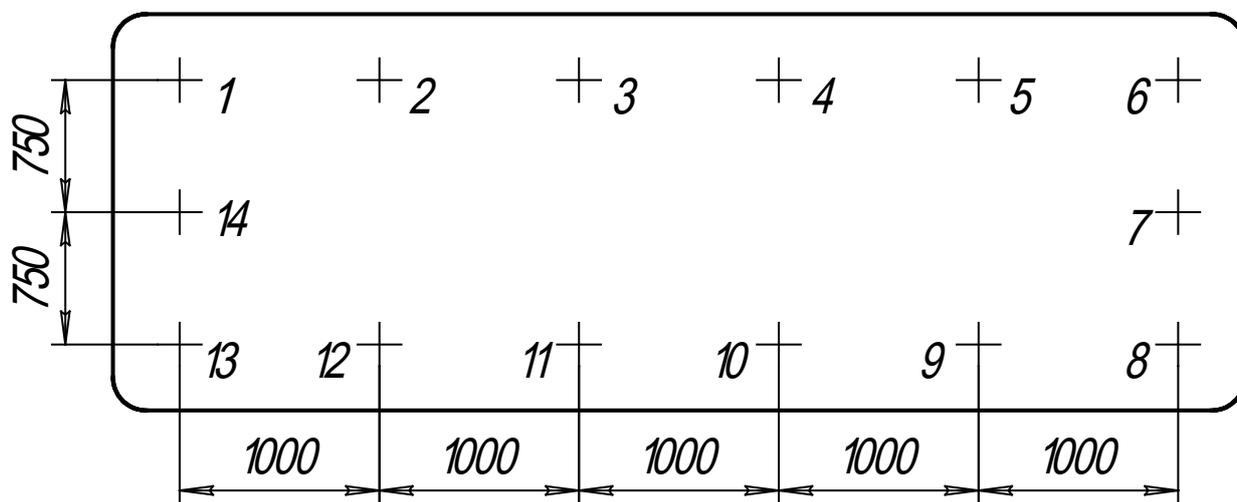


Рис. 4.2.8. Схема расположения опор горизонтально–расточного станка

Примерные величины нагрузок, действующих на опоры:

$$P_1 = 0,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_2 = 0,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_3 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_4 = 2,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_5 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

$$P_6 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_7 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_8 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_9 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_{10} = 2,3 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

$$P_{11} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_{12} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_{13} = 0,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; P_{14} = 0,3 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Решение

За расчетный центр примем наиболее нагруженную опору №10. Размеры следов опирания примем равными размерам опорного элемента: $a = 30$ см; $b = 16$ см.

Определяем характеристику гибкости плиты по формуле:

$$l = 0,541 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_o \cdot h^3}{K_o}} = 0,541 \cdot \sqrt[4]{\frac{2,25 \cdot 10^6 \cdot 40^3}{65}} = 117 \text{ см}.$$

Определяем величину расчетного изгибающего момента по формуле:

$$M_p = M_0 + \sum M_i = K_1 \cdot P_0 + \sum K_4 \cdot P_i,$$

где M_0 – изгибающий момент в расчетном центре от нагрузки $P_0 = P_{10} = 2,3 \cdot 10^4$ Н; M_i – изгибающий момент в расчетном центре от нагрузки P_i на i -ю опору, зависящий от расстояния r_{0i} между центром этой опоры и расчетным центром.

В зависимости от величин $\alpha = \frac{a}{l} = \frac{30}{117} = 0,26$ и $\beta = \frac{b}{l} = \frac{16}{117} = 0,14$ по табл.

4.2.4 получаем $K_1 = 130$.

Для определения значений K_4 предварительно вычисляем r_{0i} , а затем отношения $\frac{r_{0i}}{l}$. При известных величинах r_{0i} и $\frac{r_{0i}}{l}$, K_4 находим по табл. 4.2.5.

$$r_{0-1} = \sqrt{150^2 + 300^2} = 335 \text{ см}; \quad \frac{r_{0-1}}{l} = \frac{335}{117} = 2,86 \text{ см}; \quad K_4 = 3,08 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-2} = \sqrt{150^2 + 200^2} = 250 \text{ см}; \quad \frac{r_{0-2}}{l} = \frac{250}{117} = 2,14 \text{ см}; \quad K_4 = 10,9 \cdot 10^{-3}.$$

Вычисляя аналогично, получим:

$$r_{0-3} = 180 \text{ см}; \quad \frac{r_{0-3}}{l} = 1,54; \quad K_4 = 26,1 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-4} = 150 \text{ см}; \quad \frac{r_{0-4}}{l} = 1,28; \quad K_4 = 32,6 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-5} = 180 \text{ см}; \frac{r_{0-5}}{l} = 1,54; K_4 = 26,1 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-6} = 250 \text{ см}; \frac{r_{0-6}}{l} = 2,14; K_4 = 10,9 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-7} = 214 \text{ см}; \frac{r_{0-7}}{l} = 1,83; K_4 = 17,39 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-8} = 200 \text{ см}; \frac{r_{0-8}}{l} = 1,71; K_4 = 20,8 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-9} = 100 \text{ см}; \frac{r_{0-9}}{l} = 0,85; K_4 = 75,2 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-0} = 0 \text{ см}; \frac{r_{0-0}}{l} = 0; K_4 = 0;$$

$$r_{0-11} = 100 \text{ см}; \frac{r_{0-11}}{l} = 0,85; K_4 = 75,2 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-12} = 200 \text{ см}; \frac{r_{0-12}}{l} = 1,71; K_4 = 20,9 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-13} = 300 \text{ см}; \frac{r_{0-13}}{l} = 2,56; K_4 = 5,7 \cdot 10^{-3};$$

$$r_{0-14} = 309 \text{ см}; \frac{r_{0-14}}{l} = 2,64; K_4 = 4,7 \cdot 10^{-3}.$$

При известных значениях P_0 и P_i значения изгибающих моментов M_0 и M_i находим по формулам:

$$M_0 = K_1 \cdot P_0, \quad M_i = K_{4i} \cdot P_i,$$

тогда получаем:

$$M_0 = 130 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 10^4 = 2990 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-1} = 3,08 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 \cdot 10^4 = 9,24 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-2} = 10,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 \cdot 10^4 = 32,7 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-3} = 26,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 339,3 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-4} = 32,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 10^4 = 749,8 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-5} = 26,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 339,3 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-6} = 10,9 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 141,7 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-7} = 17,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 224,9 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-8} = 20,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 270,4 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-9} = 75,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 977,6 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-11} = 75,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 977,6 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-12} = 20,9 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^4 = 271,7 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-13} = 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 \cdot 10^4 = 17,1 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см};$$

$$M_{0-14} = 4,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 \cdot 10^4 = 14,1 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см}.$$

В результате получаем:

$$M_p = M_0 + \sum M_i = 7355,44 \text{ Н}\cdot\text{см}/\text{см}.$$

Определяем напряжения растяжения σ_p бетонной плиты при изгибе:

$$\sigma_p = 3,5 \frac{7355,44}{40^2} = 16,1 \text{ Н}/\text{см}^2.$$

Так как $\sigma_p < R_p = 64 \text{ Н}/\text{см}^2$ то станок может быть установлен на бетонной плите цеха.

Таблица 4.2.2

Расчетные характеристики бетона

Показатели	Марка бетона			
	100	150	200	300
Соппротивление растяжению R_p , Н/см ² при расчете на неподвижные нагрузки	40	52	64	95
Соппротивление растяжению R_p , Н/см ² при расчете на динамические, многократно повторяющиеся нагрузки (от безрельсового транспорта, от предметов, устанавливаемых на пол с помощью кранов и т.п.) и на одновременное действие неподвижных и динамических нагрузок	32	42	51	76
Модуль упругости бетона $E_\sigma \cdot 10^6$, Н/см ²	1,6	1,95	2,25	2,7

Таблица 4.2.3

**Значения коэффициента постели грунта основания K_o ,
применяемые при расчете полов (СНиП II-V.8-71)**

Грунт	Содержание зерен по массе размером свыше	K_o , Н/см ³
Песок крупный и гравелистый	0,5 мм более 50%	85
Песок средней крупности	0,25 мм более 50%	70
Песок мелкий	0,1 мм более 75%	60
Супесь	0,05 мм более 50%	40
Песок пылеватый	0,1 мм более 75%	50
Суглинок, глина	0,05 мм более 40%	65
Супесь, суглинок и глина пылеватая	0,05 мм более 40%	75

Таблица 4.2.4

Значения коэффициента $K_1 \cdot 10^3$

α	β					
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
0,2	132,5	–	–	–	–	–
0,4	123,9	118,3	–	–	–	–
0,6	116,2	110,8	105,9	–	–	–
0,8	109,3	103,9	99,2	95,0	–	–
1,0	102,9	97,7	93,1	89,0	85,4	–
1,2	97,0	91,9	87,5	83,5	80,0	76,9
1,4	91,6	86,7	82,4	78,5	75,2	72,1

Таблица 4.2.5

Значения коэффициента $K_4 \cdot 10^3$

$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4	$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4	$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4	$\frac{r_{0i}}{l}$	K_4
0,05	322,1	0,8	71,6	2,2	9,91	3,6	0,33
0,1	257,7	1,0	54,3	2,4	7,17	3,8	0,03
0,2	193,8	1,2	41,5	2,6	5,07	4,0	-0,16
0,3	156,7	1,4	31,6	2,8	3,48	4,5	-0,36
0,4	130,8	1,6	24,0	3,0	2,28	5,0	-0,31
0,5	111,1	1,8	18,06	3,2	1,4	5,5	-0,21
0,6	95,3	2,0	13,47	3,4	0,77	6,0	-0,13

4.3. Текущий контроль. Тренировочные тесты

Тест №1

1. Технологический процесс монтажа станочного оборудования является частью технологического процесса...

- A. Технологического процесса изготовления станка.
- B. Технологического процесса испытания станка.
- C. Технологического процесса внедрения в эксплуатацию промышленного оборудования.
- D. Не является частью какого-либо технологического процесса.

2. Работам по монтажу станочного оборудования предшествуют...

- A. Работы по транспортированию узлов станка к месту его монтажа.
- B. Работы по расконсервации узлов станка.
- C. Предварительные работы, направленные на изготовление фундамента под станок.
- D. Работ, предшествующих работам по монтажу станочного оборудования, не производят.

3. Типовой технологический процесс монтажа металлорежущих станков включает операции...

- A. Только операции «транспортировка» и «комплектация».
- B. Только операции «ревизия» и «расконсервация».
- C. Только операции «установка» и «монтаж».
- D. Все перечисленные выше операции.

4. Суть операции «транспортная» заключается в...

- A. Доставке узлов станка на участок окраски.
- B. Доставке узлов станка в измерительную лабораторию.
- C. Доставке узлов станка к месту его монтажа.
- D. Доставке узлов станка с завода-изготовителя к заказчику.

5. Суть операции «комплектовочная» заключается в...

- A. Проверке комплектности узлов станка на стадии их изготовления.

В. Проверке комплектности станка на стадии его сборки на заводе-изготовителе.

С. Проверке комплектности станка на месте его монтажа по документам завода-изготовителя.

Д. Проверке наличия сопроводительной технической документации после доставки станка с завода-изготовителя к заказчику.

6. Суть операции «ревизия» заключается в...

А. Проверке прочности тары, используемой для транспортировки узлов станка.

В. Проверке технической характеристики монтируемого станка.

С. Распаковке и проведении проверки наружным осмотром на предмет отсутствия повреждений узлов станка.

Д. Проверке наличия контрольных пломб на узлах монтируемого станка.

7. Суть операции «расконсервация» заключается в...

А. Снятии скребками антикоррозийного покрытия со всех законсервированных поверхностей узлов станка.

В. Протирке поверхностей узлов станка чистой ветошью, смоченной в водном моющем составе.

С. Смазывании расконсервированных поверхностей узлов станка машинным маслом.

Д. Выполнении всех перечисленных выше мероприятий.

8. Работа, предшествует операции «монтаж», это...

А. Подключение станка к электросети.

В. Установка станка единым блоком (как твердое тело) на фундамент.

С. Установка станины станка на фундамент.

Д. Установка на станину прочих узлов станка.

9. К выполнению операции «монтаж» по завершении операции «установка» приступают в этом случае...

А. Если станок монтируется единым блоком (как твердое тело).

В. Если при выполнении монтажных работ опорную поверхность станины подливают цементным раствором.

С. Если станок монтируется по частям.

Д. Если по завершении операции «установочная» производится контроль качества установочных работ.

10. Средства измерения – уровни, линейки и т.п. - используют при выполнении установочных и монтажных работ с этой целью...

А. Чтобы проверить качество выполнения транспортных работ.

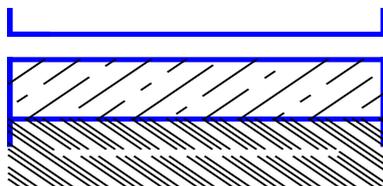
В. Чтобы проверить качество выполнения работ по расконсервации узлов станка.

С. Чтобы проверить качество выполнения установочных и монтажных работ.

Д. Чтобы проверить качество изготовления фундамента.

Тест №2

1. На нижеприведенном рисунке представлена схема...



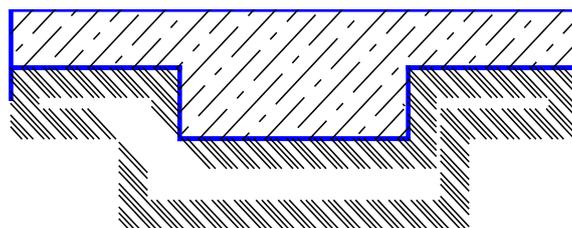
А. Ленточного фундамента.

В. Массивного фундамента на естественном основании.

С. Бетонного пола цеха.

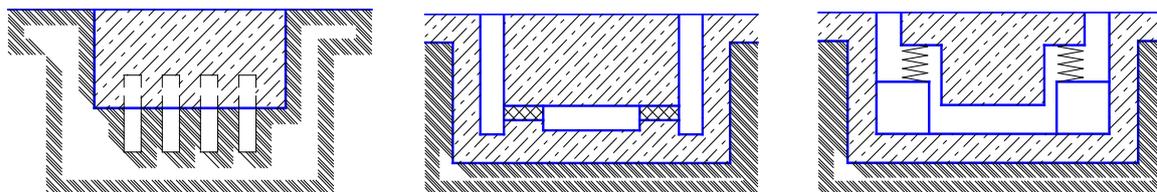
Д. бетонного блока на упругих элементах.

2. Фундамент, схема которого представлена на нижеприведенном рисунке, называется...



- A. Ленточный фундамент.
- B. Бетонная плита цеха.
- C. Фундамент на естественном основании.
- D. Бетонный блок на резиновых ковриках.

3. Фундамент на сваях изображен...

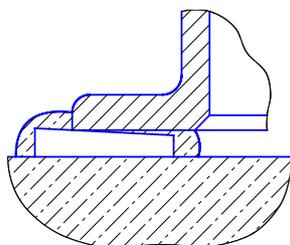


- A. На среднем рисунке.
- B. На левом рисунке.
- C. На правом рисунке.
- D. На приведенных рисунках отсутствует изображение фундамента на сваях.

4. С помощью фундаментов на резиновых ковриках и пружинах достигается это...

- A. Увеличивается жесткость установки станков.
- B. Исключается изоляция станков от внешней среды.
- C. Станки изолируются от внешней среды.
- D. Уменьшается величина статической деформации системы станина – фундамент.

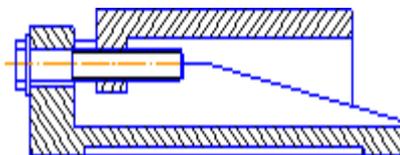
5. С помощью клиньев на нижеприведенной схеме делается это...



- A. Станок закрепляется на фундаменте.
- B. Станок перемещается по фундаменту.

- C. Станок выставляется по уровню.
- D. Станок вводится в эксплуатацию.

6. Вращением винта нижеприведенной простой клиновой опоры достигается это...



- A. Клин перемещается только «вверх».
- B. Клин перемещается только «вниз».
- C. Клин перемещается или «вверх» или «вниз» в зависимости от направления вращения винта.
- D. Клин не перемещается при вращении винта.

7. Совпадение глухого (заливного) болта с отверстием в станине станка достигается...

- A. Доработкой станины (сверлением в станине дополнительного соосного с болтом отверстия).
- B. Доработкой фундамента (дроблением бетона в колодце под болт с последующим смещением болта).
- C. Деформированием стержня болта на свободной незалитой части.
- D. Доработкой и станины и фундамента.

8. Коэффициент фильтрации грунта характеризует...

- A. Скорость накопления воды в порах грунта при действии сжимающей нагрузки.
- B. Скорость пластической деформации грунта при действии сжимающей нагрузки.
- C. Скорость выжимания воды из пор грунта при действии сжимающей нагрузки.
- D. Скорость упругого сжатия пузырьков воздуха в порах грунта при действии сжимающей нагрузки.

9. Слесарные уровни это...

А. Уровни, применяемые для проверки точности работ по изготовлению фундаментов под станки.

В. Уровни, применяемые для проверки точности выполнения установочных и монтажных работ, связанных с вводом в эксплуатацию промышленного оборудования, и для проверки точности оборудования.

С. Уровни, применяемые при выполнении строительных работ.

Д. Уровни, применяемые для проверки качества обработки поверхностей узлов станка.

10. На размеры станочных фундаментов в плане влияют...

А. Размеры башмаков.

В. Размеры фундаментных болтов.

С. Габариты опорной поверхности станины с учетом способа крепления станка к фундаменту.

Д. Характеристики грунта.

Тест №3

1. Выбор типа и размеров фундаментов станков нормальной точности зависит...

А. От уровня колебаний системы станина–фундамент под действием динамических нагрузок в работающем станке.

В. От требований статической жесткости системы станина – фундамент под действием статических нагрузок в станке.

С. От уровня колебаний основания.

Д. От всех перечисленных выше факторов.

2. Выбор способа закрепления станков нормальной точности на фундаменте зависит...

А. От величины статических нагрузок, действующих в станке.

В. От величины динамических нагрузок в работающем станке.

С. От величины внешних возмущений.

D. От уровня колебаний основания.

3. Меры, принимаемые для уменьшения неравномерности осадки фундамента в процессе эксплуатации станка нормальной точности, заключаются в следующем...

A. В выдерживании фундамента под нагрузкой (при давлении на грунт, близком к расчетному) не менее 1 года.

B. В периодической подсыпке грунта под подошвой фундамента песком.

C. В Создании периодической искусственной вибрации фундамента.

D. В уменьшении массы станка посредством демонтажа тяжелых рабочих органов.

4. Общий наклон станка нормальной точности (как твердого тела) влияет на точность обработки именно так...

A. Такой наклон станка повышает точность обработки.

B. Такой наклон станка уменьшает точность обработки.

C. Такой наклон станка не влияет на точность обработки.

D. Такой наклон станка приводит к периодическим изменениям точности обработки.

5. Параметром грунта, определяющим скорость осадки фундамента во времени и тем самым периодичность выверки станины, является...

A. Водопроницаемость грунта.

B. Плотность скелета грунта.

C. Средняя плотность грунта.

D. Влажность грунта.

6. На выбор фундаментов под станки нормальной точности влияет...

A. Масса станка.

B. Жесткость станины.

C. Масса станка и жесткость станины.

D. Фундаменты под станки нормальной точности выбираются произвольно.

7. Станки нормальной точности массой 10...15 т можно устанавливать на бетонной плите цеха в этом случае...

- A. Если станины станков нежесткие или составные.
- B. Если станины станков жесткие или средней жесткости.
- C. Если станины станков крепятся к бетонной плите фундаментными болтами.
- D. Если станины станков установлены на жесткие металлические опоры.

8. Станки нормальной точности массой до 10 т можно устанавливать на перекрытии в этом случае...

- A. Если обеспечена прочность несущих конструкций здания (с учетом динамических нагрузок).
- B. Если ограничен уровень колебаний перекрытия в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами и требованиями технологического процесса.
- C. При соблюдении условий пунктов А и В.
- D. В любом случае.

9. Станки нормальной точности допускается устанавливать на утолщенные бетонные ленты в этом случае...

- A. Если масса станка более 30т, но менее 100т.
- B. Если масса станка более 30т, но менее 50т.
- C. Если масса станка более 100т.
- D. Если масса станка менее 30т.

10. Наиболее жесткой считается такая установка станков нормальной жесткости...

- A. Установка на клинья с подливкой опорной поверхности станины цементным раствором.
- B. Установка на жесткие металлические опоры (без болтов и без подливки).
- C. Установка на резинометаллические опоры.
- D. Установка с креплением фундаментными болтами.

Тест №4

1. При выборе способа установки станков повышенной точности и высокоточных...

- A. Деформацию системы станина-фундамент можно не учитывать.
- B. Деформацию системы станина-фундамент требуется учитывать.
- C. Деформацию системы станина-фундамент требуется учитывать с определенными ограничениями.
- D. Деформацию системы станина-фундамент можно не учитывать, если станина станка жесткая.

2. При установке станков повышенной точности и высокоточных их виброизоляция необходима для защиты от вредного воздействия этого фактора...

- A. Осадки фундамента.
- B. Внутренних возмущений.
- C. Колебания основания.
- D. колебания инструмента.

3. Основными параметрами, определяющими эффективность виброизоляции точных станков, являются...

- A. Уровень колебаний системы станина–фундамент.
- B. Частоты собственных колебаний станка на опорах.
- C. Характеристики демпфирования системы на частотах собственных колебаний станка.
- D. Частоты собственных колебаний станка на опорах и характеристики демпфирования системы на этих частотах.

4. Степень виброизоляции станка может условно характеризоваться...

- A. Собственной частотой горизонтальных колебаний станка на опорах.
- B. Собственной частотой вертикальных колебаний станка на опорах.
- C. Собственной частотой горизонтальных колебаний станка на жестких опорах.

D. Собственной частотой вертикальных колебаний станка на жестких опорах.

5. Наиболее простым средством, которое в ряде случаев позволяет избежать недопустимых колебаний станков, вызываемых колебаниями основания, является...

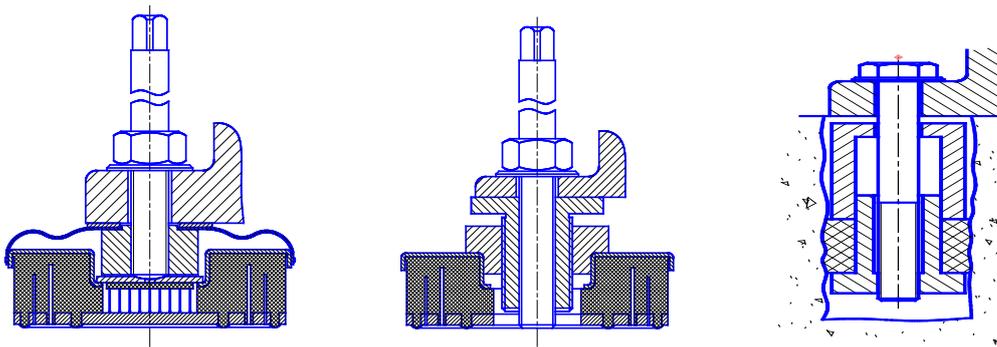
A. Правильное размещение их на производственной площади.

B. Правильное размещение подъемно-транспортного оборудования на производственной площади.

C. Правильное размещение станков с динамическими нагрузками на производственной площади.

D. Правильное размещение покрытия на бетонном полу цеха.

6. На рисунках, приведенных ниже, упруго-жесткая резинометаллическая опора представлена...



A. На правом рисунке.

B. На среднем рисунке.

C. На левом рисунке;

D. На всех рисунках.

7. Виброизоляция станка будет наиболее дешевой, если она осуществляется...

A. Установкой на упруго опертый блок.

B. Установкой на виброизолирующие опоры.

C. Установкой на жесткие металлические опоры.

D. Подливкой опорной поверхности станины цементным раствором.

8. Жесткость равночастотных резинометаллических опор...

- A. Примерно пропорциональна нагрузке на опору.
- B. Примерно пропорциональна нагрузке на шпиндель станка.
- C. Примерно пропорциональна нагрузке на режущий инструмент.
- D. Не зависит от нагрузки на опору.

9. Фундаменты на пружинах являются самым совершенным и...

- A. Самым простым средством виброизоляции.
- B. Самым дешевым средством виброизоляции.
- C. Самым дорогим средством виброизоляции.
- D. Самым распространенным средством виброизоляции.

10. При отсутствии соответствующих виброизолирующих опор станки виброизолируют с помощью этого...

- A. Клиновых или винтовых башмаков.
- B. Подливки опорной поверхности станины цементным раствором.
- C. Прокладок из ковриков, размещенных под станиной станка.
- D. Специальных фундаментных болтов.

Правильные ответы на контрольные тесты

№ теста	Раздел	Номера вопросов / Номера правильных ответов										
		Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ответ	C	C	D	C	C	C	D	C	C	C
2	2	Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ответ	C	A	B	C	C	C	C	C	B	C
3	3	Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ответ	B	B	A	C	A	C	B	C	D	D
4	4	Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ответ	A	C	D	A	A	C	B	A	C	C

4.4. Итоговый контроль

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Понятие монтаж (установка) оборудования.
2. Факторы, которые необходимо в первую очередь учитывать при выборе способа установки станочного оборудования.
3. Влияние способа установки на точность обработки, производительность и долговечность оборудования.
4. Влияние технологических особенностей производства на выбор способа установки станков.
5. Три наиболее распространенных вида фундаментов под оборудование.
6. Способы установки оборудования на фундаментах.
7. Жесткая и упругая установки станков, их отличия.
8. Особенности жесткой и упругой установки станков.
9. Фундаменты для установки станков нормальной точности.
10. Параметры, определяющие выбор фундаментов под станки нормальной точности.
11. Способы установки станков нормальной точности на фундаменты.
12. Определение размеров фундамента в плане.
13. Сущность методики проверки возможности установки оборудования на бетонный пол цеха.
14. Определение минимальной высоты фундамента для станков нормальной точности массой до 30 т.
15. Требования по установке станка нормальной точности на перекрытии.
16. Смысл применения виброизоляции при установке прецизионных станков.
17. Основные параметры, определяющие эффективность виброизоляции прецизионных станков.

18. Установка, применяющаяся для осуществления виброизоляции прецизионных станков.
19. Условие, позволяющее устанавливать прецизионные станки непосредственно на упругие опоры.
20. Условие, позволяющее устанавливать прецизионные станки на дополнительный упруго-опертый бетонный блок.
21. Требования расположения точных станков в одном помещении со станками, работающими со значительными динамическими нагрузками.
22. Определение параметров виброизоляции точных станков.
23. Оценка возможности виброизоляции точного станка с помощью упругих опор, устанавливаемых непосредственно под станину.
24. Этапы технологического процесса изготовления массивного фундамента на естественном основании.
25. Цель изготовления колодцев в фундаменте.
26. Конструктивные исполнения фундаментных болтов.
27. Содержание задания на изготовление фундамента.
28. Устройство клиновых и винтовых башмаков.
29. Приборы контроля горизонтальности направляющих монтируемого оборудования.
30. Назначение и устройство рамного уровня.
31. Типы авторемонтного оборудования по способу установки.
32. Особенности установки авторемонтного оборудования в зависимости от его технологического назначения.
33. Виды авторемонтного оборудования, требующие проектирования для них специальных фундаментов.
34. Правила установки оборудования, работающего с большими вибрациями.
35. Правила установки оборудования в фундаментах ямного типа.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Информация о дисциплине	3
1.1. Предисловие	3
1.2. Содержание дисциплины и виды учебной работы	4
2. Рабочие учебные материалы	6
2.1.. Рабочая программа	6
2.2. Тематический план дисциплины	11
2.3. Структурно-логическая схема дисциплины.....	20
2.4. Временной график изучения дисциплины при использовании ДОТ.....	21
2.5. Практический блок.....	21
2.6. Балльно-рейтинговая система оценки знаний.....	23
3. Информационные ресурсы дисциплины	25
3.1. Библиографический список.....	25
3.2. Опорный конспект.....	26
Введение.....	26
Раздел 1. Общие сведения о монтаже авторемонтного оборудования.....	28
Раздел 2. Монтаж станков нормальной точности.....	57
Раздел 3. Монтаж прецизионных станков.....	72
Раздел 4. Установка станков, работающих в автоматических комплексах.....	84
Заключение.....	92
3.3. Глоссарий.....	93
3.4. Методические указания к проведению практических занятий.....	95
4. Блок контроля освоения дисциплины	96
4.1. Общие указания.....	96
4.2. Задание на контрольную работу и методические указания к ее выполнению.....	97
4.3. Текущий контроль. Тренировочные тесты.....	110
4.4. Итоговый контроль.....	121

Максаров Вячеслав Викторович
Валентин Александрович Денисов
Алексей Дмитриевич Халимоненко

МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

Учебно-методический комплекс

Технический редактор М.Ю. Комарова

Сводный темплан 2009 г.
Лицензия ЛР № 020308 от 14.02.97

Подписано в печать	09г.		Формат 60x84 1/16
Б. кн.-журн.	П.л.	Б.л.	Изд-во СЗТУ
Тираж			Заказ

Северо-Западный государственный заочный технический университет
Издательство СЗТУ, член Издательско-полиграфической ассоциации
университетов России
191186, Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 5