

УСТАНОВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

1. СПОСОБЫ УСТАНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Установка и закрепление механизмов, машин и другого оборудования — важнейшие монтажные работы, от качества выполнения которых во многом зависит их последующая работоспособность.

Оборудование устанавливают на несущие строительные конструкции, которые разделяют на *фундаменты* (перекрытия, промышленный пол) и *опорные металлоконструкции*.

Фундаменты различают: по конструкции (ленточные, рамные, сплошные и массивные), по материалу (бетонные и железобетонные, бутовые и др.); по способу изготовления (сборные, сборно-монолитные и монолитные).

Ленточные фундаменты применяют для установки машин, роликовых конвейеров, автоматических линий и металлорежущих станков.

Рамные фундаменты представляют собой жесткую раму, стойки которой устанавливают в гнезда опорной плиты и жестко заделывают в них. Горизонтальные элементы рамы образуют площадку, на которую устанавливают машину.

Сплошные фундаменты (под всей площадью здания или цеха) подразделяют на плитные и коробчатые. Такие фундаменты сооружают под насосы, вентиляторы, универсальные металлорежущие станки, небольшие компрессоры и другие подобные им машины и оборудование.

Массивные фундаменты представляют собой бетонный или железобетонный массив (соответствующий габаритам и очертанию машины), в котором предусмотрены отверстия и выемки для размещения и крепления частей машины, а также для ее обслуживания в процессе эксплуатации. Наиболее распространены массивные фундаменты бесподвального типа, сооружаемые для машин, которые устанавливают на отметке чистого пола первого

этажа здания. Сложные фундаменты сооружают для установки прокатных станков и другого тяжелого оборудования. Такие фундаменты имеют систему технологических подвалов и маслоподвалов.

Работы по установке оборудования включают подготовку фундаментов и опорных элементов к монтажу, установку, выверку, подливку и окончательное закрепление корпусных деталей и станин. Трудоемкость работ, связанных с установкой и закреплением технологического оборудования, составляет 50% общей трудоемкости его монтажа. Особенности выполнения отдельных операций при этом зависят от назначения монтируемого оборудования, его конструкции, типа фундаментов, требований к точности монтажа, выбранных баз, способов закрепления и установки, а также применяемых опорных элементов.

Варианты установки машин и оборудования различают по характеру связи с фундаментом (с креплением, без крепления и с виброизоляцией), по конструкции стыка «корпусная деталь — фундамент» (с *местным опиранием* на пакеты подкладок, специальные опорные башмаки, бетонные опоры и непосредственно на фундамент; со *сплошным опиранием* на бетонную подливку, виброизолирующий слой или непосредственно на фундамент; со *смешанным опиранием* на опорные элементы, затянутые при выверке, и на подливку, осуществляемую после окончательного закрепления оборудования; рис. 1).

С местным опиранием устанавливают машины и механизмы, требующие частой регулировки положения и перестановок. Со сплошным опиранием на бетонную подливку устанавливают машины и механизмы, требующие повышенной надежности и жесткости закрепления. Со смешанным опиранием устанавливают оборудование, требующее окончательного закрепления до подливки, например вертикальные аппараты. В этом случае работоспособность соединения понижается, так как подкладки имеют большую податливость, а подливка работает только в сжатой зоне стыка.

Способы закрепления. В большинстве случаев закрепление промышленного оборудования осуществляют с помощью фундаментных болтов (см. гл. 2). Иногда применяют крепление обычными болтами или шпильками к за-

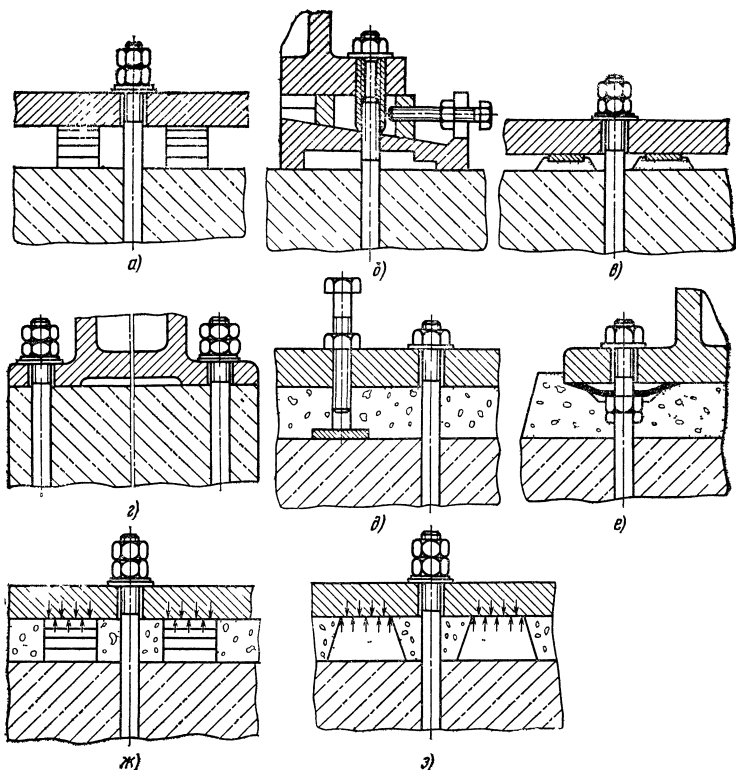


Рис. 1. Основные конструкции стыка корпусная деталь — фундамент: с местным опиранием на пакеты подкладок (а), на опорные башмаки (б), на бетонные опоры (в) и непосредственно на фундамент (г); со сплошным опиранием на бетонную подливку с временной установкой при выверке на отжимных вингах (д) и на установочных гайках (е); со смешанным опиранием на подливку и опорные элементы (ж и з)

кладным деталям различной конструкции. К лагам или силовым полам крепят часто переставляемое оборудование. Иногда простое малонагруженное оборудование с опорными частями, выполненными из сварных металлоконструкций, закрепляют путем их заливки в бетон. При установке легкого оборудования на фундаменты или полы с химически стойкими покрытиями применяют приклеивание эпоксидными составами специальных крепеж-

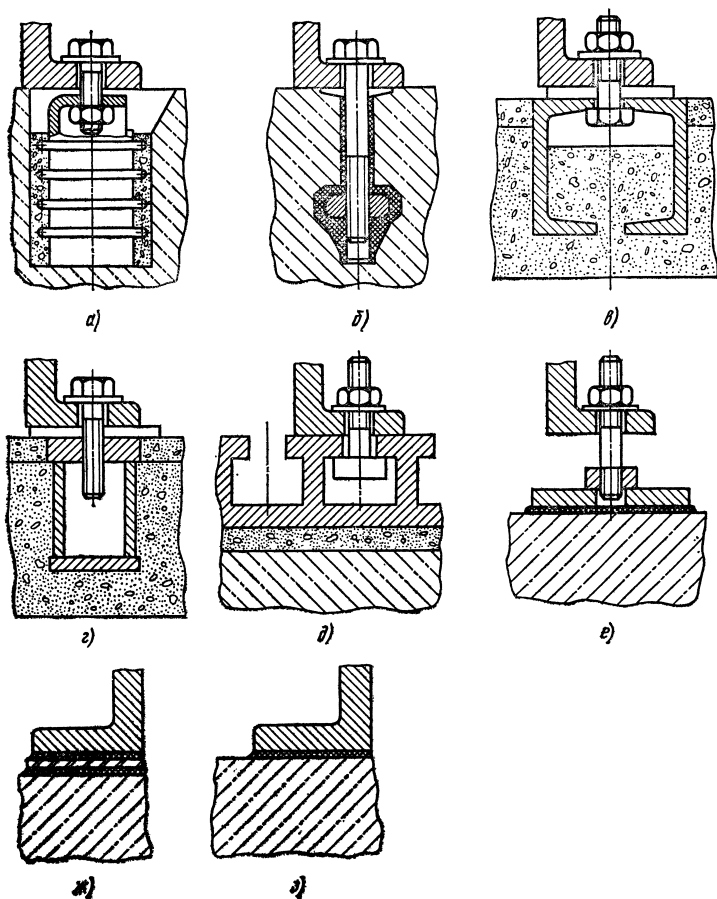


Рис. 2. Способы крепления оборудования;

a и *б* — к специальным закладным деталям; *в* и *г* — к лагам; *д* — к силовому полу; *е* — приклеиванием крепежного узла; *ж* — приклеиванием опорной поверхности через вибропоглощающую прокладку; *з* — непосредственно приклеиванием опорной поверхности

ных узлов или непосредственно опорной поверхности корпусных деталей (рис. 2).

В некоторых случаях применяют сочетания различных способов закрепления, например упоры прокатных станков крепят заливкой их опорной части в бетон и фундамент-

ными болтами. Встречаются виды оборудования, стабильность положения которого при эксплуатации обеспечивается его массой.

2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВЫВЕРКЕ

К выверке относятся регулировочные операции, обеспечивающие процесс введения оборудования в положение, предусмотренное проектом, с помощью специальных выверочных опорных элементов, центровочных приспособлений и грузоподъемных средств, а также технологические процессы и операции по измерению отклонений и контролю положения элементов оборудования. Средства и технологию измерения и контроля выбирают в зависимости от заданных допускаемых отклонений. При этом применяют средства измерений и методы контроля точности, приведенные в гл. 3 и 5.

Оборудование выверяют в плане, по высоте и по горизонтали (вертикали), а также относительно ранее установленного оборудования с контролем отклонений от соосности, перпендикулярности и параллельности в зависимости от требований технической документации завода-изготовителя и проекта производства работ.

Предварительную выверку в плане осуществляют путем совмещения отверстий в опорной части оборудования с ранее установленными фундаментными болтами. При отсутствии заранее установленных фундаментных болтов оборудование ориентируют путем совмещения его осей, заданных разметочными рисками, с монтажными осями или осями фундамента, заданными натянутыми струнами, отвесами или визирными осями оптических приборов. Отдельные виды оборудования ориентируют относительно ранее установленного оборудования. При этом проверяют совмещение отверстий под болты в станинах с колодцами или скважинами в фундаментах.

После предварительной установки оборудования и выверки в плане изогнутые болты устанавливают в колодцах, оставленных при бетонировании фундамента. Корпусную деталь 1 опускают на уложенные брусья 4 так, чтобы совпадали центры отверстий под фундаментные болты 2 и центры колодцев (рис. 3, а). При монтаже

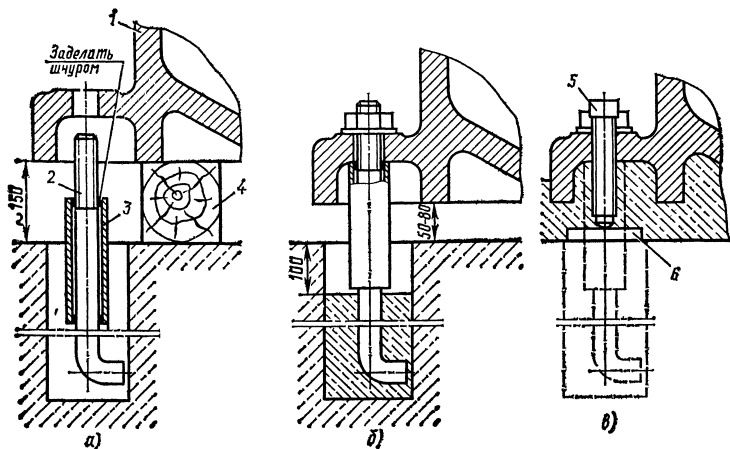


Рис. 3. Схемы установки изогнутых болтов:

а — в колодце; б — подвеска на гайке и заливка бетонной смесью; в — выверка и закрепление оборудования затяжкой гаек

динамически нагруженных машин фундаментные болты 2 на верхнем участке стержня изолируют от сцепления с бетоном с помощью защитных трубок 3. Концы фундаментных болтов 2 заводят в отверстия корпусной детали 1 и навинчивают гайки (рис. 3, б). Установленные болты заливают на $3/4$ глубины колодца, но не менее чем на 100 мм ниже уровня фундамента бетоном на мелкозернистом заполнителе проектной марки при прочности на сжатие не ниже 200. Окончательную выверку в плане и по высоте и предварительное закрепление оборудования осуществляют после твердения бетона, затем полностью заливают колодцы и проводят подливку оборудования. При наличии в корпусной детали регулировочных винтов 5 перед удалением брусьев 4 под ними размещают опорные подкладки б (рис. 3, в). Окончательную затяжку болтов, установленных в колодцах, проводят, так же как и для других болтов, после твердения бетона подливки.

При окончательной выверке в плане оборудование вводят в проектное положение относительно монтажных, контрольных или главных осей путем перемещения оборудования грузоподъемными механизмами, домкратами или монтажными приспособлениями (рис. 4) с проверкой

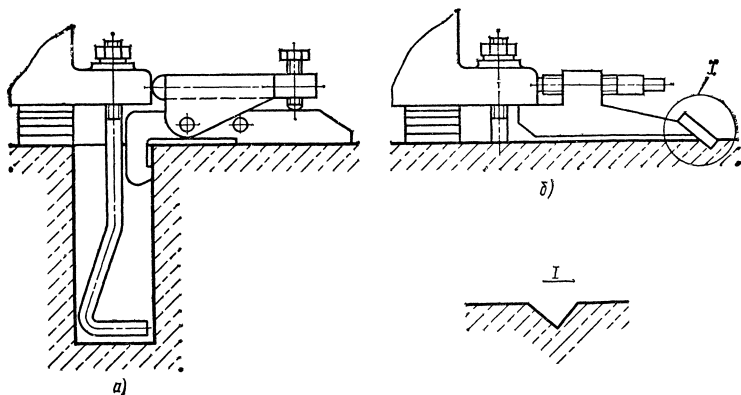


Рис. 4. Приспособления для выверки оборудования в плане:
 а — рычажно-винтовые; б — с упорным винтом

положения относительно ранее выверенного смежного оборудования.

Положение оборудования при выверке в плане контролируют струнным, струнно-оптическим методами, боковым нивелированием теодолитами, створными методами, способами прямого контроля линейных размеров, а также с помощью специальных инструментов, приборов, шаблонов, центровочных и других приспособлений, обеспечивающих измерение и контроль отклонений от перпендикулярности, параллельности или соосности баз.

Выверку оборудования по высоте осуществляют относительно рабочих реперов либо ранее установленных машин, с которыми данное оборудование кинематически или технологически связано, с последующей проверкой по реперу.

При выверке оборудования контрольными базами служат специальные площадки, изготовленные на корпусных деталях, исполнительные поверхности оборудования (балов, полумуфт, направляющих и т. п.), установочные (опорные) поверхности, а также свободные поверхности корпусных деталей или опорных частей.

Точность выверки оборудования по высоте контролируют геометрическим или тригонометрическим нивелированием гидростатическими методами, косвенными спо-

собами контроля линейных размеров от промежуточной базы до репера или ранее установленного оборудования, а также микронивелированием с применением поверочных линеек и уровня.

Выверку оборудования по горизонтали (вертикали) выполняют с применением уровней, нивелиров, отвесов и теодолитов.

При установке на фундамент иногда контролируют отклонения формы рабочих и сопрягаемых поверхностей оборудования, искривление которых возможно под воздействием остаточных напряжений, монтажных нагрузок и процессов старения. Операцию по исправлению формы поверхностей оборудования и конструкций называют *рихтовкой*. Иногда таким способом устраняют отклонения формы в виде вогнутой или выпуклой поверхности, полученные при заводском изготовлении оборудования. Особенности регулирования положения оборудования при выверке зависят от способов его опирания и закрепления на фундаментах.

1. Сравнительная оценка способов установки оборудования

Тип опорных элементов	Относительная трудоемкость выверки, %	Относительный расход металла, %	Диаметр фундаментных болтов, мм
-----------------------	---------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

С закреплением на опорных элементах

Пакеты подкладок	100	100	Не ограничен То же
Жесткие опоры (бетонные подушки)	60—70	20—30	
Пирамидальные пакеты подкладок	80—100	60—70	»

С закреплением на подливке

Регулировочные винты	30—40	10—15	До М42
Винтовые подкладки	40—60	15—25	До М42
Установочные гайки фундаментных болтов	30—50	5—10	До М42
Жесткие опоры (бетонные подушки)	40—60	10—15	Не ограничен
Уменьшенное число пакетов подкладок	60—70	40—60	То же
Инвентарные домкраты	30—40	—	»

Конструкцию опорных элементов выбирают с учетом используемых методов достижения требуемой точности установки оборудования и данных сравнительной оценки способов установки оборудования (табл. 1).

Регулирование положения оборудования, устанавливаемого со сплошным опиранием на подливку. Опорные элементы, применяемые для установки такого оборудования, служат только для его выверки, а эксплуатационные нагрузки воспринимает подливка. Несмотря на то, что выверочные опорные элементы могут оставаться под оборудованием в процессе эксплуатации, такой способ установки получил название «бесподкладочного» монтажа. При этом соединение оборудование — фундамент отличается высокой виброустойчивостью, повышенной жесткостью и прочностью. Установка и выверка оборудования таким способом отличается повышенной производительностью и позволяет получать экономию металла до 2% массы монтируемого оборудования.

В качестве опорных элементов при выверке оборудования, устанавливаемого со сплошным опиранием на подливку, применяют: отжимные регулировочные винты; установочные гайки фундаментных болтов; инвентарные домкраты; бетонные опоры; пакеты облегченных металлических подкладок.

Если в опорной части оборудования конструкторской документацией не предусмотрены отжимные регулировочные винты, тип и число опорных элементов принимают в соответствии с технологической картой, проектом производства работ (ППР) или инструкцией на монтаж.

Опорные элементы необходимо размещать на возможно близком расстоянии от фундаментных болтов. Как правило, их располагают в местах нахождения ребер жесткости или перегородок в опорной части оборудования. При неравномерном распределении давления от массы оборудования на установочную поверхность опорные элементы размещают в местах действия наибольших нагрузок.

Число опорных элементов должно быть минимальным при соблюдении следующих условий: а) обеспечения устойчивого положения оборудования в процессе предварительного закрепления и подливки; б) исключения прогибов опорных частей под действием массы оборудования и усилий предварительной затяжки фундаментных болтов.

При рихтовке корпусных деталей оборудования в качестве опорных элементов используют пакеты подкладок, клиновые или другие домкраты, располагая их в местах наибольших отклонений от плоскостности или прямолинейности.

Суммарная грузоподъемность опорных элементов должна не менее чем в 2 раза превышать массу вывешиваемого узла оборудования или соответствовать указанной в проекте производства работ.

Минимально допускаемая площадь опирания опорных элементов на фундаменты (в см²)

$$S = 0,015M + 6nF,$$

где n — число фундаментных болтов, предварительно затягиваемых при выверке; F — расчетная площадь поперечного сечения фундаментного болта, см², принимаемая по табл. 2.

Регулирование положения оборудования с помощью отжимных регулировочных винтов (табл. 3). Опорные пластины размещают на фундаментах в соответствии с расположением отжимных регулировочных винтов в опорной части оборудования. Места расположения опорных пластин на фундаментах выравнивают с отклонением не более 10 мм на 1 м.

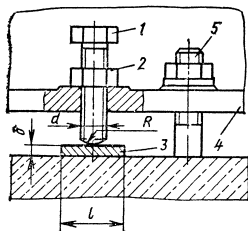
При опускании оборудования на фундаменты отжимные регулировочные винты должны выступать ниже установочной поверхности оборудования на одинаковую величину в пределах 10—30 мм.

Положение оборудования по высоте и горизонтали (вертикали) регулируют поочередно всеми отжимными винтами, не допуская в процессе выверки отклонения

2. Расчетные площади поперечного сечения фундаментных болтов по резьбе

Резьба болта, мм	Площадь сечения, см ²	Резьба болта, мм	Площадь сечения, см ²	Резьба болта, мм	Площадь сечения, см ²
M12	0,77	M42	10,34	M90×6	53,68
M16	1,44	M48	13,8	M100×6	67,32
M20	2,25	M56	18,74	M110×6	82,67
M24	3,24	M64	25,12	M125×6	108,56
M30	5,19	M72×6	32,23	M140×6	138
M36	7,59	M80×6	40,87		

3. Винты отжимные регулировочные



1 — регулировочный винт; 2 — стопорная гайка; 3 — опорная пластина; 4 — опорная часть оборудования; 5 — фундаментный болт

Размеры, мм

Диаметр резьбы d	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы P	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Размер «под ключ» S	27	32	41	50	60	70
Радиус опорной сферы R	20	25	32	32	40	50
Размеры опорных пластин: толщина δ	8		10	12	14	16
длина l	60	80	100	120	130	140

оборудования от горизонтальности (вертикальности) более чем 3 мм на 1 м. После завершения выверки плотность прилегания регулировочных винтов к опорным пластинам проверяют щупом толщиной 0,1 мм, а положение винтов фиксируют контргайками.

Перед окончательной затяжкой фундаментных болтов регулировочные винты должны быть вывернуты на два-три оборота. Неоднократно используемые винты выворачивают полностью. Оставшиеся отверстия, во избежание попадания масла и других разъедающих бетон веществ, заглушают резьбовыми пробками или заливают цементным раствором, поверхность которого покрывают маслостойкой краской.

Регулирование положения оборудования на установочных гайках. Для выверки оборудования с помощью установочных гаек используют заранее установленные фундаментные болты, которые должны иметь удлиненную (до шести диаметров) резьбу, что предусматривается при их изготовлении.

Оборудование выверяют на установочных гайках с помощью упругих элементов в виде тарельчатых стальных,

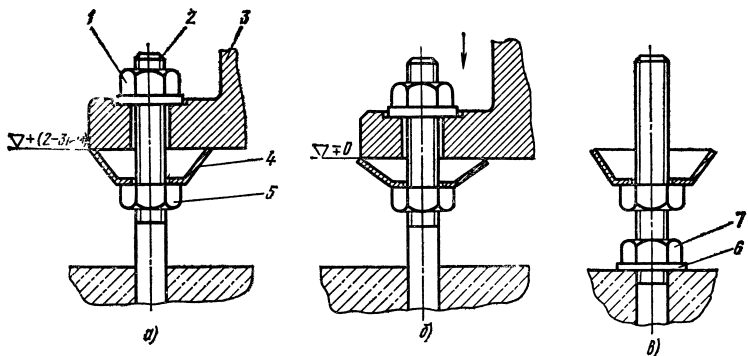


Рис. 5. Схемы регулирования положения оборудования на установочных гайках с упругим элементом:

a — установка оборудования с завышением на 2—3 мм; *б* — регулирование положения оборудования затяжкой гайки; *в* — установка дополнительной гайки при использовании съемных болтов или болтов с цапгами

плоских резиновых или пластмассовых шайб. Установочные гайки 5 (рис. 5) с упругими шайбами 4 размещают на болтах 2 так, чтобы верх шайбы был на 2—3 мм выше проектной отметки опорной поверхности оборудования 3. После установки оборудования на шайбы его окончательно выверяют с помощью затяжки крепежных гаек 1, деформируя шайбы. Выверку в более широких пределах осуществляют регулировкой положения установочных гаек 5. При этом крепежные гайки 1 должны быть отвинчены. При использовании съемных фундаментных болтов и болтов с цапгами для их фиксации устанавливают дополнительные гайки 7 с шайбами 6.

Для выверки можно также использовать установочные гайки без упругих элементов с регулированием положения оборудования на фундаментных болтах 2 по высоте (рис. 6). Перед подливкой установочные гайки 4 выгораживают опалубкой 5. После твердения подливки 6 (через двое-трое суток после подливки) опалубку 5 снимают, а закрепление оборудования 1 осуществляют затяжкой крепежных гаек 3. Перед окончательной затяжкой фундаментных болтов установочные гайки опускают на 3—4 мм. Оставшиеся ниши заполняют составом, используемым для подливки. Необходимость применения опалубки исключается при использовании гаек, срезающихся при

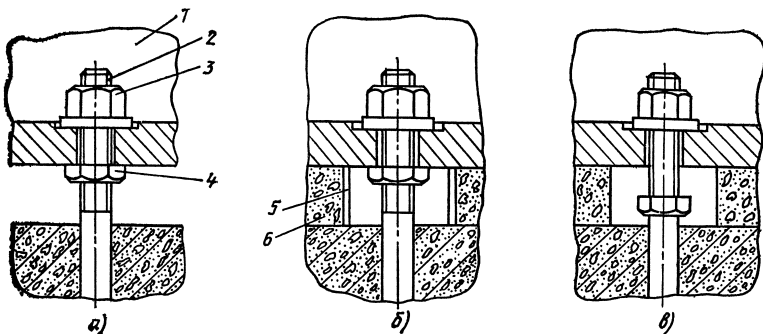


Рис. 6. Схемы регулирования положения оборудования на установочных гайках без упругого элемента:

a — установка в проектное положение; *б* — подливка оборудования; *в* — отвинчивание установочной гайки перед закреплением

окончательной затяжке фундаментных болтов (рис. 7). Такие гайки должны выдерживать нагрузку от оборудования и сил предварительного закрепления, но разрушаться или деформироваться при окончательной затяжке фундаментных болтов. В качестве ослабленных установочных гаек рекомендуется использовать гайки из менее прочного, чем у крепежных гаек, материала, стандартные гайки с уменьшенной на 50—70% высотой, а также

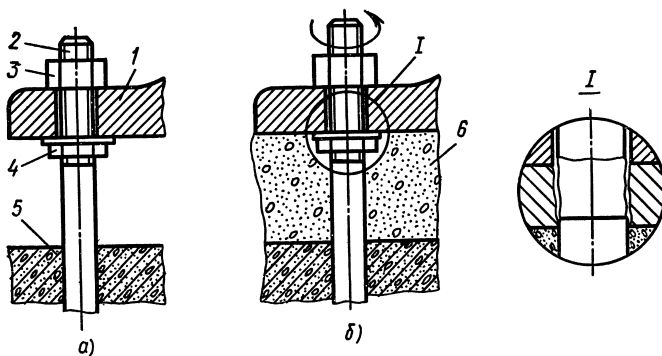


Рис. 7. Схемы регулирования положения оборудования на ослабленных установочных гайках:

a — установка в проектное положение по высоте и горизонтали; *б* — подливка и последующее закрепление; *1* — оборудование; *2* — фундаментный болт; *3* — крепежная гайка; *4* — специальная установочная гайка; *5* — фундамент; *6* — подливка

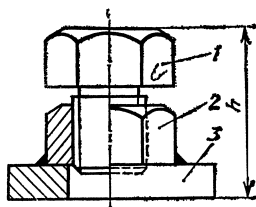
гайки, ослабленные путем расточки их до диаметра, соответствующего внутреннему диаметру резьбы, гайки с проточками или с резьбой неполного профиля. В этом случае после выверки оборудования и его подливки при окончательной затяжке фундаментных болтов происходит срез или смятие резьбы установочных гаек, что сопровождается скачкообразным падением силы затяжки, а затем постепенным увеличением силы до заданного значения.

Регулирование положения оборудования с помощью домкратов. Для выверки этим способом используют винтовые опоры (табл. 4), винтовые домкраты (табл. 5), регулируемые клиновые подкладки (табл. 6), гидравлические домкраты, опорные башмаки (табл. 7 и 8) и другие устройства.

Домкраты, размещенные на подготовленных фундаментах, регулируют по высоте на проектный уровень с помощью нивелира и рейки с точностью $\pm 1,0$ мм. Затем оборудование опускают на домкраты и окончательно регулируют его положение.

Перед подливкой инвентарные домкраты «выгораживают» опалубкой. Опалубку и инвентарные домкраты

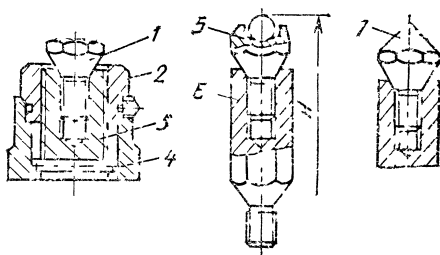
4. Винтовые опоры



1 — болт; 2 — гайка; 3 — пластина

Диаметр резьбы	Максимальная высота подъема, мм	Минимальная высота, мм	Крутящий момент, Н·м	Грузоподъемность	Масса подкладки
				кг	
M20	10	37	49,0	3 300	0,4
M24	12	44	69,0	6 000	0,7
M30	14	55	156,0	7 600	1,4
M36	16	64	369,0	11 000	2,2
M42	18	73	442,0	15 000	3,6
M48	20	84	693,0	20 000	5,3

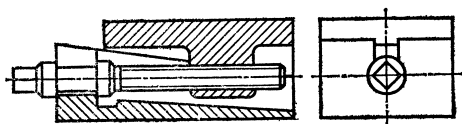
5. Малогабаритный вытвовой домкрат



1, 5, 7 — сменные опоры; 2 — гайка; 3 — винт; 4 — корпус; 6 — удлинитель

Параметр	ДМ-3	ДМ-5
Грузоподъемность, кг	3000	5000
Минимальная высота домкрата в сборе, мм	60	94
Высота подъема, мм	17	40
Масса, кг	1,1	3,5

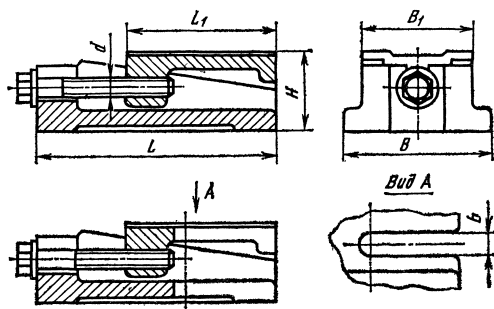
6. Регулируемые клиновые подкладки



Параметр	ПР-3	ПР-5	ПР-10
Грузоподъемность, кг	3000	5000	10 000
Высота подъема, мм	12	15	16
Усилие на рукоятке, Н	250	280	300
Минимальная высота, мм	68	75	76
Масса, кг	3,7	5,3	7,2

7. Опорные башмаки

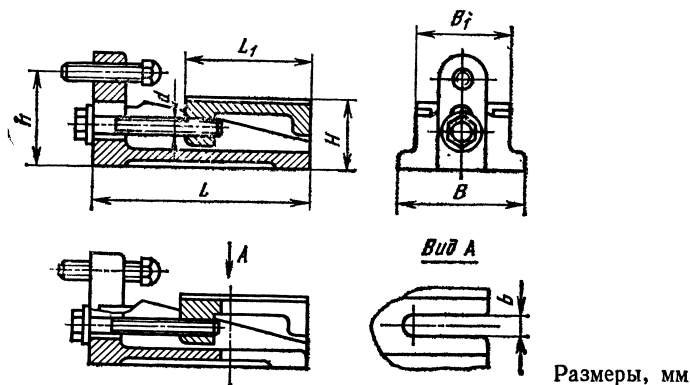
Размеры, мм



Параметр	P79-1.1		P79-1.2		P79-1.3	
	1	2	1	2	1	2
Грузоподъемность, кг	2000		3200		5000	
Высота подъема	7		8		:	
Минимальная высота H	80		94		108	
Длина башмака L	260		314		379	
Длина опоры L_1	150		190		240	
Ширина башмака B	150		170		200	
Ширина опоры B_1	110		130		150	
Размер под ключ	27		32		41	
Ширина прорези b	— 24		— 28		— 34	
Диаметр резьбы d	M20		M24		M30	
Масса, кг	11,5	11,1	19,4	18,7	30,5	29,2

Примечание. 1 и 2 — исполнения.

8. Опорные башмаки с упорным винтом



Параметр	P79-2.1		P79-2.2		P79-2.3	
	1	2	1	2	1	2
Грузоподъемность, кг	2000		3200		5000	
Высота подъема	7		8		9	
Минимальная высота, H	80		94		108	
Диаметр резьбы d	M20		M24		M30	
Высота упора h	110		130		150	
Длина башмака L	260		320		380	
Длина опоры L_1	150		190		240	
Ширина башмака B	150		170		200	
Ширина опоры B_1	110		130		150	
Ширина прорези b	— 24		— 28		— 34	
Размер под ключ	27		32		41	
Ход упорного винта	55		60		68	
Масса, кг	12,5	12,1	21,0	20,2	32,8	31,5

Примечание. 1 и 2 — исполнения.

удаляют через двое-трое суток после подливки. Оставшиеся ниши заполняют составом, используемым для подливки.

Удобство при выверке оборудования обеспечивают специальные домкраты в лапой. Такие домкраты не требуют выгораживания опалубкой, так как легко извлекаются из бетона подливки.

Установка оборудования на бетонных опорах. На бетонных опорах устанавливают оборудование, поверхность основания которого может выполнять функции установочной базы, погрешности изготовления которой значительно меньше допускаемых отклонений расположения оборудования по высоте. Суммарные погрешности изготовления поверхности бетонных опор и установочной поверхности оборудования (включая отклонения формы) не должны превышать допускаемых отклонений положения оборудования по высоте и горизонтали.

Бетонные опоры представляют собой местные возвышения на поверхности фундамента, изготавливаемые перед установкой оборудования.

Размеры опор выбирают такими, чтобы давление от оборудования не превышало 500 кПа. Опоры изготавливают из бетона марки не ниже 200 с наполнителем в виде щебня или гравия фракции 5—12 мм.

Для изготовления опор в специальную опалубку на предварительно очищенную и увлажненную поверхность фундамента загружают порцию бетонной смеси до уровня на 1—2 см выше требуемой отметки. Излишки смеси удаляют до требуемой высотной отметки. При этом поверхность опор выравнивают.

Для повышения точности бетонных опор на них укладывают металлические пластины с механически обработанной опорной поверхностью. Расстояние от пластины до края бетонной опоры не должно быть меньше ширины пластины.

Для изготовления бетонных опор с металлическими пластинами бетонную смесь укладывают в опалубку до уровня ниже проектной отметки на $1/2$ — $1/3$ толщины пластины. На несхватившийся бетон кладут пластину и легкими ударами молотка опускают ее до проектной отметки, которую выверяют с помощью нивелира с точностью $\pm 0,5$ мм. Для достижения более высокой точности

(0,1—0,2 мм) следует пользоваться прецизионным нивелиром с инварной рейкой или гидростатическим уровнем. Отклонение пластины от горизонтальности проверяют с помощью пузырькового уровня, который устанавливают на пластину последовательно в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Оборудование устанавливают при прочности бетона 1500 кПа. После опускания на опоры оборудование выверяют в плане и закрепляют путем предварительной затяжки гаек фундаментных болтов. В процессе выверки допускается точное регулирование высоты опорных элементов добавлением на пластину тонких металлических подкладок.

Регулирование положения оборудования на пакетах облегченных металлических подкладок. Пакеты подкладок применяют для выверки в тех случаях, когда регулировочные винты не предусмотрены конструкторской документацией, а также нет условий для использования установочных гаек, бетонных опор или инвентарных домкратов. Число и расположение пакетов при этом выбирают исходя из условия удобства выверки и обеспечения временного закрепления оборудования до момента твердения подливки. Обычно применяют три-четыре пакета подкладок.

Пакеты набирают из стальных чугунных подкладок толщиной 5 мм и более. Достижение проектного уровня и горизонтальности оборудования осуществляют подбором регулировочных подкладок толщиной 0,5—5 мм в процессе его предварительного закрепления. В пакет вместо регулировочных могут входить клиновые и другие, регулируемые по высоте подкладки. Для уменьшения расхода металла применяют верхние подкладки с площадью, меньшей нижних. Для установки легкого оборудования в пакет включают подкладки из швеллера или уголка. Рекомендуемые размеры и материал для нижних установочных подкладок приведены в табл. 9.

Регулирование положения оборудования, устанавливаемого с местным опиранием на фундамент. Такой метод применяют для легкого, переставляемого и часто регулируемого по высоте оборудования, не испытывающего существенных нагрузок, а также для оборудования, не закрепляемого на фундаменте. В качестве опорных эле-

9. Размеры и материал установочных подкладок

Масса машин, т	Размеры подкладок, мм	Материал	Масса машин, т	Размеры подкладок, мм	Материал
Св. 100	250×120×80 250×120×60 250×120×40	Чугун	5—30	150×80×50 150×80×30	Чугун или сталь
	250×120×30	Чугун или сталь		150×80×20 150×80×10 150×80×5	Сталь
	250×120×20 250×120×10 250×120×5	Сталь	До 5	100×60×30 100×60×20	Чугун или сталь
200×100×50 200×100×30	Чугун или сталь	100×60×10 100×60×5		Сталь	
30—100	200×100×20 200×100×10 200×100×5	Сталь			

ментов используют: опорные башмаки, винтовые опоры и клиновые регулируемые подкладки (см. табл. 4—8); бетонные опоры; пакеты металлических подкладок.

Для оборудования, закрепляемого на фундаменте, опорные элементы устанавливают около каждого фундаментного болта. Число опорных элементов выбирают так, чтобы суммарная площадь их контакта с фундаментом превышала минимально допустимую площадь контакта, определяемую в соответствии с ВСН 361—85 ММСС СССР. Подкладки в пакетах должны быть плоскими без заусенцев.

Перед установкой подкладок для предварительных расчетов их высоты в местах установки выполняют геодезическую съемку высотных отметок фундамента. При применении регулируемых опорных башмаков, винтовых опор съемку фундамента можно не делать.

Места установки опорных элементов должны быть тщательно выровнены. Приспособления для выравнивания фундамента и притирки мест установки опорных элементов показаны на рис. 8, а механизированный инструмент приведен в табл. 10.

10. Технические характеристики электрических молотков, применяемых для выравнивания фундамента

Показатель	ИЭ-4206	ИЭ-4207	ИЭ-4210	ИЭ-4203	ИЭ-4212	ИЭ-4204	ИЭ-4211
Энергия удара, Дж	3,92	4,5	6,3	9,8	9,8	24,5	24,5
Частота ударов в минуту	2700	3000	3000	1100	1100	1100	1100
Мощность, Вт	270	600	700	270	550	800	1050
Напряжение, В	220	220	220	220	220	220	220
Частота тока, Гц	50	50	50	50	50	50	50
Габариты, мм:							
длина	420	395	410	640	685	740	—
ширина	110	140	140	110	110	148	—
высота	235	190	190	195	215	220	—
Масса без кабеля, кг	8,3	6,9	8,1	10,5	12,5	20,0	22,0

Примечание. Электродвигатели асинхронные с короткозамкнутым ротором.

11. Размеры плоских подкладок пирамидальных пакетов

Номера подкладок	Рекомендуемый размер, мм	Оптимальная толщина, мм	Масса, кг	Номера подкладок	Рекомендуемый размер, мм	Оптимальная толщина, мм	Масса, кг
0	45×60	15—20	0,32—0,42	5	150×250	25—30	7,2—8,6
1	55×85	15—20	0,7—0,93	6	190×280	27—32	11,15—13,5
2	75×100	18—22	1,05—1,30	7	210×320	30—35	16—18,5
3	100×140	20—25	2,2—2,7	8	260×400	32—38	26—31
4	130×200	22—27	4,4—5,4				

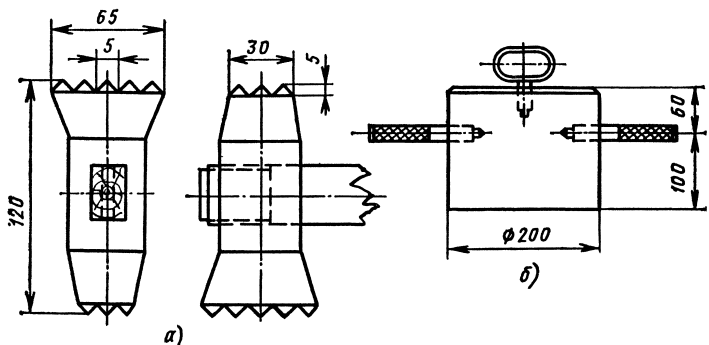


Рис. 8. Молоток с зубьями (а) для выравнивания фундамента и приспособление (б) для притирки мест установки подкладок

После установки подкладок с целью упрощения последующего регулирования контролируют их высотные отметки и горизонтальность с помощью нивелира и уровня.

При установке оборудования на опорных башмаках, винтовых опорах и клиновых опорах контроль высотных отметок опор можно не выполнять.

Число подкладок в пакете должно быть минимальным и не превышать пяти, включая и тонколистовые, применяемые для окончательной выверки.

После установки на подкладки частично затягивают фундаментные болты, а затем контролируют положение оборудования. При необходимости оборудование приподнимают, добавляют в пакеты тонколистовые подкладки или заменяют их на подкладки другой толщины. Затем вновь затягивают фундаментные болты и контролируют положение оборудования. После окончательной затяжки фундаментных болтов подкладки прихватывают между собой сваркой. Рекомендуемые размеры подкладок приведены в табл. 9. В схеме установки, показанной на

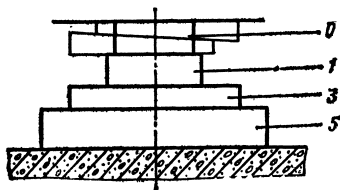


Рис. 9. Пирамидальный пакет подкладок; 0, 1, 3, 5 — номера подкладок

12. Характеристики наборов пирамидальных пакетов подкладок

Номера		Высота пакета, мм	Масса пакета, кг	Диаметр резьбы фундаментного болта	Номера		Высота пакета, мм	Масса пакета, кг	Диаметр резьбы фундаментного болта
пакетов	подкладок				пакетов	подкладок			
П1	2, 1, 0	50—65	2—2,6	M24, M36 (2)	П5	6, 4, 2, 0	80—95	16,9—20,6	M90 (2)
П2	3, 1, 0, 0	55—80	3,5—4,6	M30, M42—48 (2)	П6	7, 5, 3, 1	85—95	26,1—30,7	M100 (2)
П3	4, 2, 0, 0	70—90	6—7,5	M56—64 (2)	П7	8, 6, 4, 2	95—105	43,5—51,3	M125 (2)
П4	5, 3, 1, 0	75—95	10,4—12,7	M72—80 (2)					

Примечания: 1. В качестве верхней подкладки рекомендуется использовать клиновую пару.
2. Цифра в скобках указывает, что около фундаментного болта следует устанавливать два пакета.

13. Размеры клиновых подкладок

Типоразмер	Размеры, мм (см. рис. 10)			Диаметр резьбы фундаментных болтов	Пределы регулирования высоты подъема подкладок, мм	Масса 1 шт., кг
	$a \times b$	h	t			
75×50	75×50	7,5	15	До M36	7,5	0,33
100×75	100×75	10	20	M36—M64	10	0,9
150×100	150×100	10	25	M64—M90	15	2,1

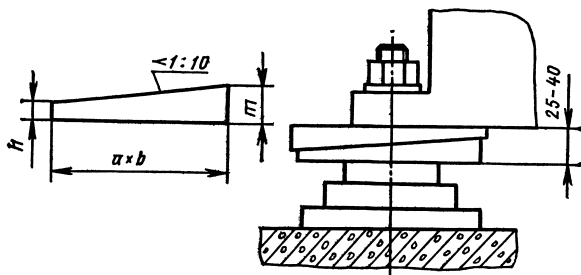


Рис. 10. Клиновые подкладки

рис. 9, применяют пирамидальные пакеты подкладок, размеры которых должны соответствовать табл. 11 и 12.

Меньшие трудоемкость и расход металла достигаются при установке оборудования с использованием клиновых подкладок (рис. 10), размеры которых приведены в табл. 13.

Качество подбора пакета подкладок и закрепления оборудования проверяют в затянутом состоянии обстукиванием молотком. При этом подкладки должны издавать звук без дребезжания.

Установку на бетонные опоры выполняют так же, как при сплошном опирании оборудования на фундамент.

При применении регулируемых опор выверку осуществляют так же, как и для оборудования, устанавливаемого со сплошным опиранием на подливку. После выверки оборудование окончательно закрепляют и не подливают.

Применяют также установку оборудования непосредственно на фундамент с опиранием на лапы корпусной детали. Фундамент в местах опирания предварительно выравнивают с требуемой точностью, а выверку по высоте не проводят.

Предварительную установку рам, каркасов, плит и их закрепление на фундаментах проводят так же, как и оборудования. Например, предварительную установку основания 4 (рис. 11) опоры 2 цилиндра 1 компрессора осуществляют бесподкладочным способом на регулировочных винтах 7. Основание 4 закрепляют фундаментными болтами 5, предварительно залитыми до уровня опорной подкладки 6. Подливают основание 4 до уровня фунда-

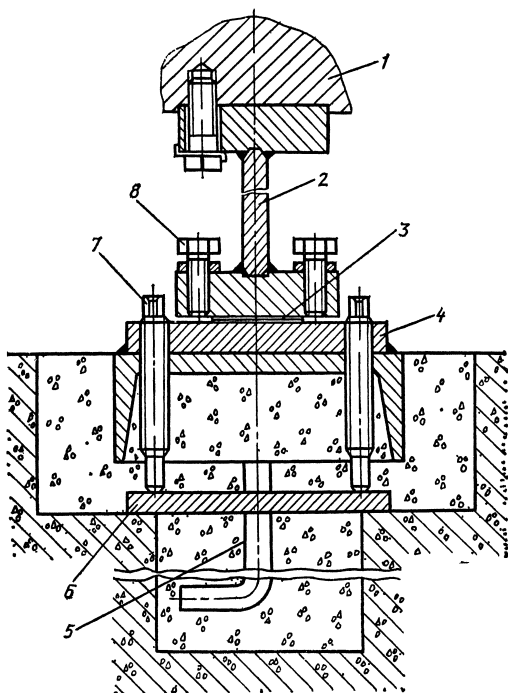


Рис. 11. Схема установки компрессора

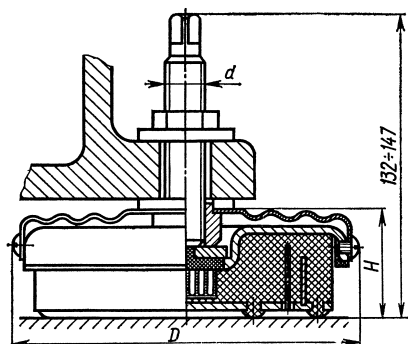
мента. Положение опоры 2 регулируют с помощью отжимных винтов 8 и регулировочных подкладок 3.

Без выверки по высоте монтируют оборудование, не требующее высокой точности расположения, а также оборудование, устанавливаемое на точно выверенные поверхности опорных конструкций.

Выверку и закрепление на пакетах постоянных и временных подкладок осуществляют так же, как при установке оборудования с местным опиранием на фундамент. При этом значительное внимание уделяется подготовке посадочных мест, которая заключается в зачистке, устранении забоин, заусенцев, а иногда — в шабрении. В ответственных случаях каждый пакет временных подкладок поочередно заменяют одной постоянной подкладкой, пришабренной к опорным поверхностям.

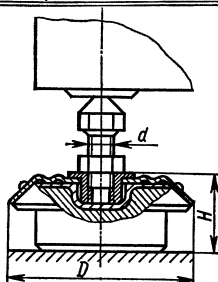
14. Изолирующие опоры

ОВ31



Параметр	ОВ31		ОВ30-1		
	1		1	2	3
Нагрузка, Н:					
номинальная	4 000		1250	2300	3 500
максимальная	40 000		4000	6000	10 000
минимальная	2 500		630	1000	1 600
Диаметр опоры D , мм	142			105	
Высота опоры H , мм	45			43	
Диаметр винта d , мм	16			12	
Высота регулирования, мм	15			10	
Масса, кг	1,82		0,705	0,745	0,655

ОВ30



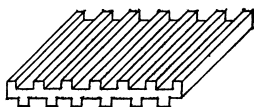
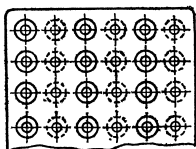
Параметр	ОВ30-2		ОВ30-3	
	1	2	1	2
Нагрузка, Н:				
номинальная	5 600	8 700	12 500	18 500
максимальная	15 000	23 000	42 000	50 000
минимальная	2 500	4 000	6 300	10 000

Продолжение табл. 14

Параметр	ОВ30-2		ОВ30-3	
	1	2	1	2
Диаметр опоры D , мм	140		180	
Высота опоры H , мм	46		50	
Диаметр винта d , мм	16		20	
Высота регулирования, мм	15			
Масса, кг	1,535	1,215	3,00	2,60

Примечание. 1—3 — исполнения.

15. Виброизолирующие коврики



Сечение под нагрузкой



Параметр	КВ1-1	КВ1-2	КВ1-3	КВ2-1	КВ2-2	КВ2-3
Высота, мм	21			26		
Размеры, мм	350×350					
Характеристика деформации:						
Сжатие, мм	1,4			1,8	2,1	
Отношение продольной жесткости к вертикальной	1,5	1,1	1,3	1,8	0,6	1,3
Отношение поперечной жесткости к вертикальной				1,1	0,7	1,2

Продолжение табл. 15

Параметр	КВ1-1	КВ1-2	КВ1-3	КВ2-1	КВ2-2	КВ2-3
Сжатие, мм	3				3,9	4,5
Отношение продольной жесткости к вертикальной	1,4	0,6	1,0	3,4	2,3	1,7
Отношение поперечной жесткости к вертикальной				2,3	2,5	1,5

Установка оборудования с виброизоляцией. С активной виброизоляцией устанавливают оборудование, динамические нагрузки от которого на фундаменты, пол или перекрытия промышленных зданий необходимо уменьшить. С пассивной виброизоляцией устанавливают оборудование, которое необходимо изолировать от вибраций и ударов, передающихся от соседнего оборудования, проходящего транспорта и т. д.

Оборудование, установленное с виброизоляцией, обычно не закрепляют. Для его установки применяют виброизолирующие опоры, прокладки и коврики различной жесткости (табл. 14 и 15). Удобны опоры ОВ31,

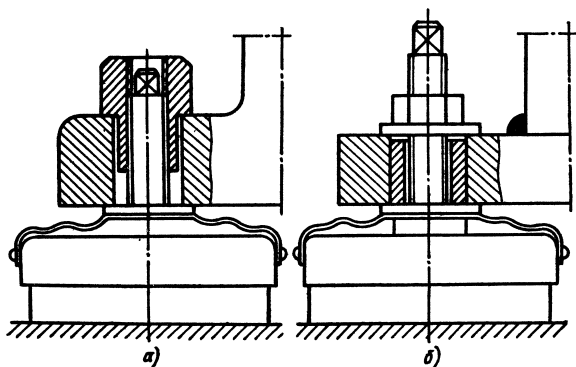


Рис. 12. Установка оборудования на виброизолирующих опорах с креплением:

а — гайкой-втулкой; *б* — фиксирующей втулкой

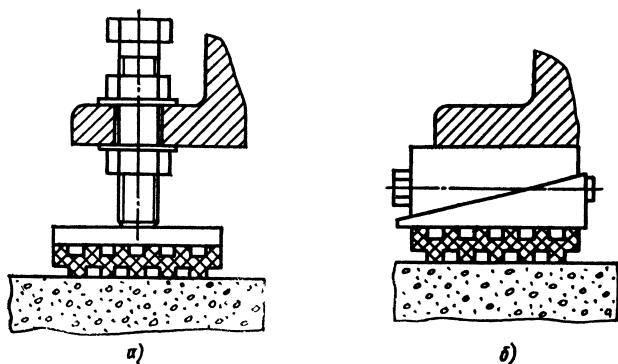


Рис. 13. Установка оборудования на виброизолирующих ковриках с применением отжимных винтов (а) и регулируемых клиновых подкладок (б)

обеспечивающие почти одинаковую частоту собственных колебаний вне зависимости от нагрузки на опору.

Пол или фундамент в местах расположения опор выравнивают по горизонтали и зачищают. При установке оборудования на виброизолирующих опорах их обычно предварительно прикрепляют к удерживаемой на весу станине. После опускания оборудования на фундамент регулированием винта выверяют оборудование по уровню и равномерно загружают опоры. В связи с тем, что на виброизолирующих опорах обычно устанавливают отдельно стоящее оборудование, не связанное между собой кинематически, выверку в плане практически не проводят.

Для уменьшения горизонтальных колебаний оборудования виброопоры крепят к станине гайкой-штулкой (рис. 12, а) или обычными гайками с фиксирующими штулками (рис. 12, б).

Виброизолирующие прокладки и коврики предварительно укладывают на тщательно выровненный по горизонтали пол. Так как при этом выверка оборудования весьма затруднена, часто используют установку оборудования с регулируемыми опорами, размещенными между станиной и ковриком (рис. 13).

Применение виброизолирующих опор и ковриков значительно упрощает установку и выверку, часто позво-

ляет отказаться от устройства фундаментов и устанавливать оборудование непосредственно на пол или перекрытия, что дает значительный экономический эффект.

3. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Предварительное закрепление оборудования при установке со сплошным опиранием на подливку проводят после выверки во избежание его смещения. При этом затягивают только гайки фундаментных болтов, расположенных вблизи опорных элементов, с помощью стандартных гаечных ключей без надставок. При затяжке фундаментных болтов диаметром до 24 мм усилие на ключе не должно превышать 200 Н.

При выверке оборудования с помощью упругих элементов процесс предварительной затяжки совмещают с выверкой. После предварительного закрепления контролируют положение оборудования.

Окончательное закрепление оборудования, устанавливаемого с местным или смешанным опиранием, осуществляют сразу после выверки, а устанавливаемого со сплошным опиранием на подливку — после достижения бетоном 70% проектной прочности, о чем от строительной организации необходимо получить соответствующую справку.

Окончательно затягивать фундаментные болты следует равномерно в два-три обхода. Вначале затягивают болты, расположенные по осям симметрии опорной части, затем более удаленные от оси симметрии.

Для затяжки используют стандартные ключи, гайковерты и специальные приспособления. Можно также применять затяжку фундаментных болтов вытяжкой. Для этого при заданном усилии затяжки предварительно рассчитывают вертикальное перемещение Δl торца болта вследствие удлинения его стержня и деформаций в зоне анкеровки. На фундамент устанавливают домкраты, выравнивая их установочные поверхности по нивелиру с занижением высотной отметки относительно заданной для опорной поверхности оборудования на величину перемещения Δl . Иногда выверяют оборудование, установленное на домкраты, по горизонтали и высоте с занижением на величину Δl , используя в качестве баз его исполнительные

16. Коэффициент ξ при контроле затяжки по крутящему моменту

Диаметр резьбы болтов	Коэффициент ξ	Диаметр резьбы болтов	Коэффициент $\xi \cdot 10^2$
M10	$2 \cdot 10^{-3}$	M56	1,4
M12	$2,4 \cdot 10^{-3}$	M64	1,7
M16	$2,2 \cdot 10^{-3}$	M72×6	1,9
M20	$4,4 \cdot 10^{-3}$	M80×6	2,1
M24	$5,8 \cdot 10^{-3}$	M90×6	2,3
M30	$7,5 \cdot 10^{-3}$	M100×6	2,5
M36	$9 \cdot 10^{-3}$	M110×6	2,8
M42	$1,1 \cdot 10^{-2}$	M125×6	3,2
M48	$1,2 \cdot 10^{-2}$	M140×6	3,5

поверхности. Затем завинчивают гайки до их упора в станину и, используя домкраты, поднимают оборудование до проектной отметки, вытягивая фундаментные болты. В этом положении фиксируют домкраты, огораживают их опалубкой и подливают оборудование. После твердения подливки домкраты извлекают, а оставшиеся ниши заполняют бетоном.

Ответственное оборудование закрепляют с заданной силой затяжки $P_{\text{зат}}$ фундаментных болтов, которое контролируют: по крутящему моменту; по перемещению торца фундаментного болта; по углу поворота гайки; по усилию на вытяжных домкратах.

При заданной силе затяжки $P_{\text{зат}}$ крутящий момент (в Н·м)

$$M_{\text{к}} = P_{\text{зат}} \xi,$$

17. Крутящие моменты

Диаметр резьбы болта, мм	Крутящий момент, Н·м	Диаметр резьбы болта, мм	Крутящий момент, Н·м
M10	8—12	M42	1 000—1 500
M12	12—24	M48	1 100—2 300
M16	30—60	56	2 200—3 700
M20	50—100	64	4 000—6 000
M24	130—250	72×6	5 000—8 600
M30	300—500	90×6	8 000—12 000
M36	600—950	100×6	12 000—16 800

где ξ — коэффициент, учитывающий геометрические параметры резьбы, а также трение на участке свинчивания и на торце гайки, м.

Значения коэффициента ξ принимают по табл. 16.

При отсутствии в технической документации указаний о силе затяжки крутящий момент M_k принимают по табл. 17. Перемещение Δl торца при заданной силе затяжки для съемных и глухих болтов указывают в технологической документации.

При установке оборудования со сплошным опиранием на подливку и заданном перемещении торца болта для глухих и съемных болтов силу затяжки можно контролировать по расчетному углу поворота гайки

$$\alpha_3^{\circ} = \frac{360^{\circ}}{P} \Delta l,$$

где P — шаг резьбы.

При определении вертикальных перемещений торца болта следует пользоваться часовыми индикаторами, прецизионными нивелирами и другими приборами, обеспечивающими возможность измерения относительно ненагруженной поверхности фундамента с высокой точностью.

Угол поворота гайки определяют с помощью мерных подкладок, шаблонов, транспортиров и других приспособлений, обеспечивающих точность измерений не менее $\pm 2^{\circ}$.

Крутящий момент M_k можно контролировать с помощью предельных и динамометрических ключей. При применении редкоударных гайковертов типа ИЭ3112, ИЭ3115А, ИЭ3118 крутящий момент следует контролировать по времени работы гайковерта либо по числу ударов.

При закреплении оборудования, работающего со значительными динамическими нагрузками, гайки болтов предохраняют от самоотвинчивания путем их стопорения, которое осуществляют с помощью контргаек, пружинных шайб (ГОСТ 6402—70), шайб стопорных с лапками (ГОСТ 13463—77).

Необходимость установки контргаек, пружинных шайб и стопорных шайб указывают в инструкции на монтаж оборудования. После выверки и закрепления составляют акт о соответствии установки оборудования на фундаментах требованиям технической документации. После опро-

бования оборудования под нагрузкой проверяют затяжку фундаментных болтов.

Подливка оборудования. Подливаемые поверхности оборудования до его установки на фундаменты должны быть обезжирены и промыты чистой водой.

Все работы на подливке выполняет строительная организация под наблюдением представителя монтажной организации не позже чем через 48 ч после проверки точности выверки оборудования и оформления соответствующего акта и заявки. Поверхность фундаментов перед подливкой очищают от посторонних предметов, масел и пыли. Затем поверхность увлажняют, не допуская при этом скопления воды в углублениях и приямках.

При наличии в фундаменте съемных (анкерных) болтов перед подливкой оборудования предпринимают меры

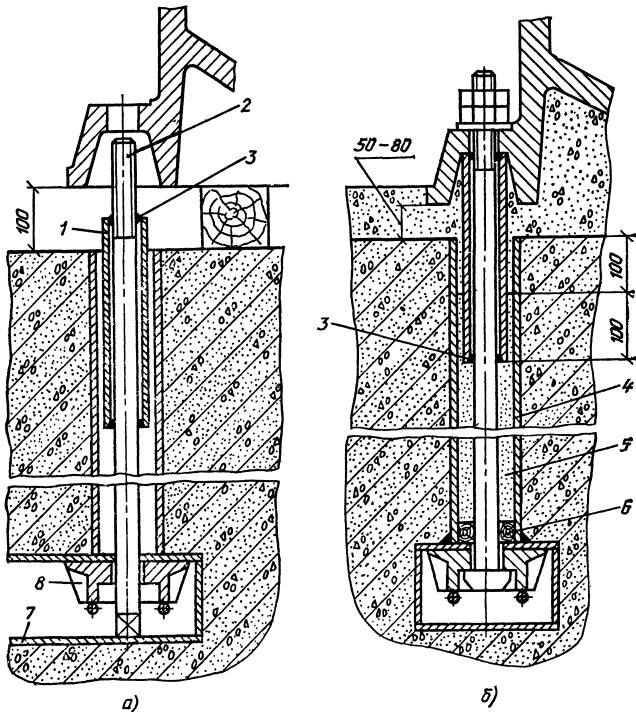


Рис. 14. Установка съемных болтов перед подливкой оборудования

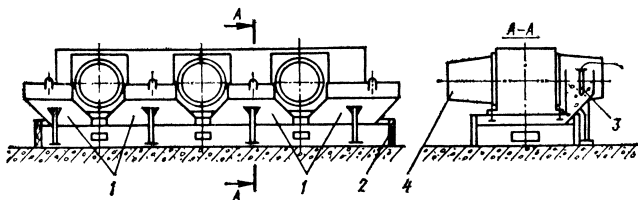
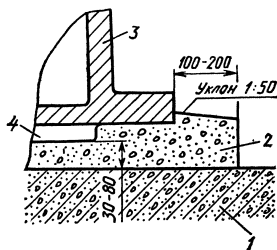


Рис. 15. Схема применения лотков-накопителей для подливки оборудования

Рис. 16. Схема подливки оборудования

по их изоляции от сцепления с бетоном (рис. 14, а). Для этого пространство между стержнем 2 болта и стенками анкерной арматуры 4 заполняют сухим песком 5 (рис. 14, б). При наличии зазоров между анкерной плитой 8 и закладной коробкой 7 их уплотняют прокладкой 6. На верхней части стержня 2 устанавливают защитную трубку 1 с уплотняющим шнуром 3.



Бетонную смесь или раствор с применением вибраторов подают через отверстия в опорной части или с одной стороны подливаемой детали до тех пор, пока с противоположной стороны смесь или раствор не достигнут уровня, на 20—30 мм превышающего высоту основной части подливки. Смесь или раствор следует подавать без перерывов. Уровень смеси или раствора со стороны подачи должен превышать уровень подливаемой поверхности оборудования не менее чем на 100 мм. Для подливки оборудования 4 (рис. 15) сложной конфигурации или с большой площадью опорной поверхности применяют специальные лотки-накопители 1. Подливаемое пространство ограждают опалубкой 2, а подачу бетонной смеси осуществляют с помощью вибратора 3. Во избежание усадочных деформаций смеси для подливки должны иметь осадку конуса не более 1 см и жесткость не более 10 с. Для повышения пластичности смеси на период подливки применяют специальные добавки.

Расстояние от опорной части оборудования до края слоя подливки должно составлять 100—200 мм (рис. 16).

Минимальная высота слоя 2 подливки между ребрами жесткости 4 и фундаментом 1 должна быть не менее 50 мм. Высота слоя подливки, лежащего вне опорной детали, должна на 20—30 мм превышать высоту основной части подливки.

Поверхность подливки, примыкающей к опорной части оборудования 3, должна иметь уклон в сторону от оборудования, равный 1 : 50. Эту поверхность в течение 3 суток после подливки необходимо систематически увлажнять, а для сохранности влаги следует посыпать древесными опилками или укрывать мешковиной. После окончательного закрепления оборудования эту поверхность при необходимости защищают специальными покрытиями.