

Г.Г. Асташенков

**Геодезические работы при эксплуатации
крупногабаритного промышленного
оборудования**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 528
ББК 38.2
Г11

Г11 **Г.Г. Асташенков**
Геодезические работы при эксплуатации крупногабаритного промышленного оборудования / Г.Г. Асташенков – М.: Книга по Требованию, 2014. – 152 с.

ISBN 978-5-458-35464-6

Рассмотрены особенности геодезического контроля при эксплуатации крупногабаритного промышленного оборудования. Освещены способы створов при выверке промышленного оборудования. Описаны геодезические способы измерения деформаций работающих промышленных агрегатов и их фундаментов, а также рациональные способы выверки работающих агрегатов. Дано определение оптимального положения осей агрегатов по результатам геодезической выверки. Для инженерно-технических работников, занимающихся вопросами геодезического контроля крупногабаритного промышленного оборудования.

ISBN 978-5-458-35464-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2014
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2014

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

выверке и другие работы, которые не могут быть проконтролированы после выполнения последующих операций; наблюдение за осадками и деформациями фундаментов и их основания.

Исполнительная съемка (контроль) смонтированного оборудования включает: проверку и при необходимости восстановление монтажных осей; определение фактического пространственного положения опорных узлов оборудования, формы поверхностей.

Во время эксплуатации выполняют: контроль устойчивости фундаментов путем измерения их колебаний, кренов и осадок; контроль фактических постоянных и кратковременных смещений опорных узлов оборудования относительно фундаментов; определение пространственного положения основных точек, осей и плоскостей работающего оборудования; определение оптимального положения осей оборудования и его рихтовки, а при необходимости и возможности — рихтовку без прекращения технологического процесса.

Ремонт и реконструкция сопровождаются: проверкой сохранившихся монтажных осей или их восстановлением; определением пространственного положения основных точек, осей и плоскостей остановленного оборудования; контролем за пространственным положением заменяемых опорных узлов и элементов; контролем за процессом рихтовки; составлением исполнительных чертежей.

При геодезическом контроле промышленных агрегатов приходится выполнять три специфических вида геодезических измерений: 1) определение размеров отдельных деталей оборудования; 2) определение формы поверхностей деталей; 3) определение взаимного расположения деталей.

Первые два вида измерений позволяют судить о реальных параметрах деталей. Последние измерения являются измерением расстояний, углов и превышений между точками, осями или линиями соответствующих поверхностей, т.е. характеризуют взаимное пространственное положение двух или более деталей.

Методы и средства измерений подробно описаны в работах [6, 24, 36 и 45].

Наиболее часто встречающиеся в промышленном производстве виды, методы и средства не только геодезических, но и физических и машиностроительных измерений представлены в табл. 1. Комбинации физических и машиностроительных методов отнесены к машиностроительным методам (см. графу 4).

Краткий перечень методов и средств измерений в промышленности (см. табл. 1) свидетельствует об их многообразии. Выбор конкретной программы наблюдений зависит от многих факторов: требований к точности измерений, наличия приборов и технологий их производства, внешних условий, сроков наблюдений и т.п.

Следует учесть, что при выборе или разработке технологии измерений предпочтение нужно отдать той, которая обеспечивает большую внешнюю

Таблица 1

Виды, методы и средства измерений в промышленности

Измерения	Методы и средства измерений		
	геодезические	физические	машиностроительные
1	2	3	4
<i>1. Определение размеров отдельных деталей</i>			
а) габаритов деталей прямоугольной формы	Непосредственный: механические средства измерений – стальные или инварные рулетки, ленты, проволоки, длинотомеры [6] Оптический: параллактический, оптические дальнометры [6]	Радиоактивный: приборы с использованием радиоактивных изотопов [36] Пневматический: приборы с манометром, с ротаметром, пневматические измерительные головки [36]	Механический: плоскопараллельные концевые меры длины, штриховые меры длины; штангенинструменты: штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмусы; микрометрические инструменты – микрометры разных видов [36] Рычажные, зубчатые и пружинные передачи и их сочетания: рычажно-механические приборы: рычажная скоба, рычажный микрометр, индикаторы часового типа, индикаторный глубиномер, индикаторная скоба, нутромеры, рычажные индикаторные головки высокой точности [36] Оптико-механический и оптический: рычажно-оптические приборы (вертикальный и горизонтальный оптиметры), измерительные машины, оптические длинотомеры, измерительные микроскопы, универсальные координатные измерительные приборы, катетометры [36] Интерференционные: бесконтактные и контактные интерферометры [36]. Электрический: электроконтактные приборы, индуктивные приборы [36]
б) изменения длины	Непосредственный: механические средства – измерительные ленты	Электрический: индуктивные датчики, электронные уровни, емкостные датчики, частотные датчики колебания струн [45]	Комбинированный: индикаторы, тензометры, экстензометры, дистометры [6], [45] Оптический: интерферометры [45]

Измерения	Методы и средства измерений		
	геодезические	физические	машиностроительные
1	2	3	4
в) диаметров	триангуляция: теодолит, рулетка [36] Метод подобных треугольников: теодолит, рейка с иварной полоской Метод вспомогательного базиса: рулетка, подвижной оптический прибор вертикального проектирования [31]		Прямой метод: штангенциркули, нутромеры, дуговые или линейные скобы [36] Косвенный метод опоясыванием: стальные или инварные рулетки и ленты [36] Косвенный метод измерением по хорде и высоте сегмента: накладные приборы-наездники Косвенный метод обкаткой мерным роликом: приборы типа ИП, АИД Красноярского сельхозин-та, ОП-6 Челябинского завода "Инструментальщик", ИБД Львовского политехи. ин-та [24] Механический: регулируемый угольник, угломер с нулиусом [6, 36] Оптический: оптический угломер, оптическая делительная головка, оптический делительный стол, накладные угломерные приборы [6, 36]
г) углов и превышения	Оптический: теодолит, нивелир [6]		

2. Определение формы поверхностей деталей

а) овальности	Оптический: подвижной оптический прибор вертикального проектирования [31]	Механоэлектрический: струны, электрические датчики, записывающие устройства [31]	Механический: микрометры, штангенциркули [36]
б) огранки			Рычажные, пружинные передачи, пневматический метод: различные приспособления с использованием закрепительных колец, колодок, призм, калибровочных колец, индикаторов [36]
в) нецилиндричности (бочкообразности, вогнутости, изогнутости, конусности)	См. п. 2а		Механический: индикаторы [36], биениемеры [24, 36], профилографы [24], деформациографы [24]

Измерения	Методы и средства измерений		
	геодезические	физические	машиностроительные
1	2	3	4
г) отклонения поверхности детали от прямолинейности и плоскостности	Оптический: теодолит, нивелир, алиниометр [6] Гидростатический: гидростатические нивелиры Нивелирование: рамные уровни, микро nivelеры [36] Струнный: струна, микроскоп [6] Оптический: микротелескопы, оптическая струна, плоскостопы Коллиматорный: коллиматоры [6, 29, 36] Автоколлиматорный: автоколлиматоры [6, 29, 36]	Электрический: электронные уровни, профилографы [6]	Механический: линейки, щупы, концевые меры, индикаторы "Пятен на краску": линейка, краска, поверочные плиты [36] Световой щели: лекальная линейка, образцы просвета [36]

3. Определение взаимного расположения деталей

а) биения и эксцентриситета	Оптический: см. п. 2а, способ малых углов [31]	Механоэлектрический: струна, датчики, записывающие устройства [31]	Механический: рейсмусы Рычажные, зубчатые, пружинные передачи и их сочетания: индикаторы [36], биениемеры [24, 29]
б) вертикальности	Непосредственный: механические средства — отвесы, рейки — отвесы [6] Оптический: приборы вертикального проектирования		
в) отклонений от параллельности и перпендикулярности плоскостей	Непосредственный: механические средства — струна, отвесы [24, 31] Оптический: стру-		Рычажные, зубчатые, пружинные передачи и их сочетания; индикаторы на специальных плитах, стойках [36] Механический: угловые плитки и треугольники, угломеры [29, 36]

Измерения	Методы и средства измерений		
	геодезические	физические	машиностроительные
1	2	3	4
г) расстояний, непараллельности, неперпендикулярности, несоосности, перекоса отверстий, валов	ны и приборы вертикального проектирования [6], теодолит, нивелир Коллимационный и автоколлимационный: коллиматоры, автоколлимационные теодолиты и нивелиры [6, 36] Струнный: струна, приборы механической и оптической регистрации ее положения, электрические преобразователи, геодезические струнные системы [6] Оптический: теодолит, нивелир, рейки, рулетки, лазерные створфиксаторы, приспособления для горизонтального и вертикального смещения приборов и визирных целей, для подсветки уровня, сетки нитей и штрихов рейки [6, 31] Автоколлимационный: автоколлимационные теодолиты [6, 23]		Механический: штангенциркули, микрометры, концевые меры длины, специальные контрольно-измерительные приспособления [29, 36] Комбинированный: валики, площадки треугольников с уровнями, индикаторы [36], линейки, угловые плиты, индикаторные приспособления [24, 36] Коллиматорный и автоколлимационный: коллиматоры и автоколлиматоры, гониометры, оптиметры, спектрометры, оптическая скамья [6, 23, 29, 36, 37]
д) пространственных форм и взаимного расположения деталей	Фотограмметрический: способы и приборы фотограмметрии [30]		

эффективность [44], т.е. эффективность, обеспечивающую максимальную отдачу при монтаже и эксплуатации оборудования. Внутренняя эффективность, т.е. эффективность геодезических измерений, может и отсутствовать, но решающим должно стать соотношение внешней и внутренней эффективности, которое обычно бывает в пользу внешней.

Задача автоматизации процесса контроля, выверки и рихтовки оборудования остается одной из главных проблем промышленного производства. Известно, что под автоматизацией измерений, в том числе и геодезических, понимается создание и применение технических средств, при помощи которых без вмешательства человека осуществляется самостоятельное управление и контроль замкнутого процесса производства по заданным алгоритмам. В прикладной геодезии, в частности применяемой в машинстроении, особенно при монтаже и эксплуатации широко распространенного оборудования, в лучшем случае можно говорить лишь о частичной автоматизации и механизации. Основные элементы геодезических измерений — получение информации, ее обработки и использование — находятся на различных ступенях развития. Поэтому прогресс в автоматизации геодезических измерений требует новых экономических, технических и технологических решений.

§ 2. Методы установки промышленного оборудования

С точки зрения точности установки оборудования в проектное положение промышленное оборудование можно разделить на три группы:

1. Оборудование, агрегаты и узлы которого устанавливаются в линии, связанные общим технологическим процессом, требующее высокой точности установки для обеспечения его нормальной работы.

2. Оборудование, агрегаты и узлы которого устанавливаются в линии, связанные общим технологическим процессом, но допускающее меньшую, относительно требований к оборудованию в п. 1, точность установки.

3. Оборудование, не имеющее непосредственной технологической связи с другим оборудованием в общей цепи технологического процесса.

При этом геодезический контроль служит геометрической, основой процесса выверки.

Способы установки и выверки оборудования на фундаментах предусматриваются в проекте производства работ (ППР) проектной организации. Под выверкой следует понимать "... процесс введения оборудования в положение, предусмотренное проектом, с помощью грузоподъемных средств и специальных выверочных и центровочных приспособлений". [13].

Выверку оборудования производят в плане, по высоте и горизонтальности (вертикальности). Если предусмотрена технологическая связь с ранее смонтированным оборудованием, то обеспечиваются соосность

установленных и монтируемых агрегатов, взаимная перпендикулярность или параллельность их осей.

В результате выверки оборудование должно быть установлено в проектное положение с отклонениями, не превышающими допусков, указанных в заводской технической документации и инструкции на монтаж.

Если оборудование будет закреплено фундаментными болтами, то предварительную его установку в плане производят опусканием оборудования на фундамент таким образом, чтобы фундаментные болты вошли в соответствующие отверстия в опорной части оборудования.

Окончательную установку оборудования выполняют относительно монтажных осей перемещением его грузоподъемными машинами, домкратами или другими приспособлениями, при этом контролируют положение монтируемого оборудования относительно смежного, уже установленного оборудования.

Контроль по высоте осуществляется нивелированием относительно рабочих реперов, закрепленных на фундаментах, а также относительно ранее установленных машин, с которыми монтируемое оборудование связано кинематически или технологически.

В некоторых случаях, например при монтаже оборудования прокатных цехов, вращающихся печей, один из узлов оборудования, установленных на фундамент, принимают за базовый, опорный, и все остальные узлы технологической линии или агрегата выверяют относительно него. В свою очередь, опорными базами самих узлов оборудования являются специальные площадки на корпусных деталях, наружные поверхности валов, соединительных полумуфт, направляющих разъемные поверхности корпусов деталей и т.п.

При выверке оборудование передает свой вес на фундаменты либо через всю нижнюю площадку опирания, либо через опорные элементы. Такими опорными элементами могут быть: пакеты металлических прокладок, регулировочные болты, установочные гайки фундаментных болтов, инвентарные домкраты, жесткие опоры.

Необходимо стремиться к минимальному числу опорных элементов. В то же время следует обеспечить устойчивость положения оборудования при его установке и исключить недопустимые прогибы опорных частей под действием массы оборудования и усилий предварительной затяжки болтов.

В простейшем случае, при установке оборудования непосредственно на пол, выполняют контроль горизонтальности пола, установки оборудования и контроль его положения в плане.

Выверка оборудования на пакетах металлических прокладок

Площадки фундамента, на которые будут укладывать прокладки, обрабатывают таким образом, чтобы подкладки устанавливались без качания. Суммарная площадь пакетов прокладок должна быть не меньше

15-кратной площади всех фундаментных болтов. В каждом пакете должно быть не более пяти подкладок, из них две-три — установочные, остальные — регулировочные. Допускаемый уклон поверхности фундамента под пакетом прокладок, их размеры регламентируются для каждого вида оборудования в соответствующих нормативных документах. Так, например, при монтаже теплообменных и выпарных аппаратов [14] допускаемый уклон поверхности фундамента под пакетами прокладок составляет не более 3 мм на 1 м, толщина основных прокладок должна быть не менее 5 мм, регулировочных — не менее 0,5 мм.

При выверке оборудования на клиновых подкладках последние устанавливают на одну-две установочные подкладки и высоту пакета подбирают с занижением на 2–3 мм от проектной отметки низа основания узла оборудования. Доведение отметки низа основания узла до проектной осуществляют подбивкой верхнего клина. Длина клиновых подкладок должна быть больше длины установочных, клиновидность обычно равна 3–4°.

Выверка оборудования на регулировочных болтах

Общий порядок монтажа оборудования с регулировочными болтами следующий:

а) укладка на фундаменты упорных пластин в соответствии с расположением регулировочных болтов (рис. 1); площадки, на которые укладывают пластины, должны быть выровнены с соблюдением горизонтальности. Допуски на горизонтальность площадок опирания и размеры пластин указаны в нормативной литературе. Например, при установке оборудования прокатных цехов [16] при диаметре болтов 20 мм пластины должны иметь размер 60х60х8 мм, при диаметре 48 мм — 140х140х16 мм и т.д.;

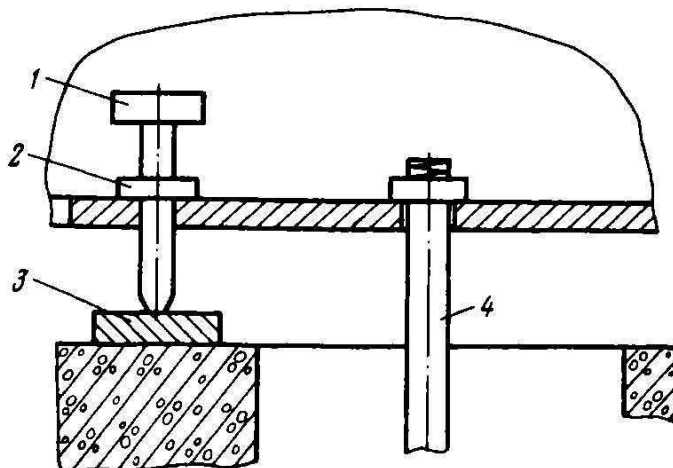


Рис. 1. Схема устройства с регулировочным болтом:

1 — регулировочный болт; 2 — контргайка; 3 — упорная пластина; 4 — анкерный болт

б) установка оборудования по осям в плане производится при минимальном выпуске регулировочных болтов. Затем вращением регулировочных болтов выверяют оборудование по высоте и в горизонтальной плоскости.

Установленное и выверенное оборудование должно опираться на все регулировочные болты, что контролируется шупом. Положение болтов фиксируется контргайками. Затем устанавливают опалубку, после окончания подливки до затвердения бетонной смеси выполняют контрольную проверку положения оборудования.

Выверка оборудования на установочных гайках фундаментных болтов

Существуют две разновидности такого монтажа: непосредственно на установочных гайках, на установочных гайках с использованием упругих элементов.

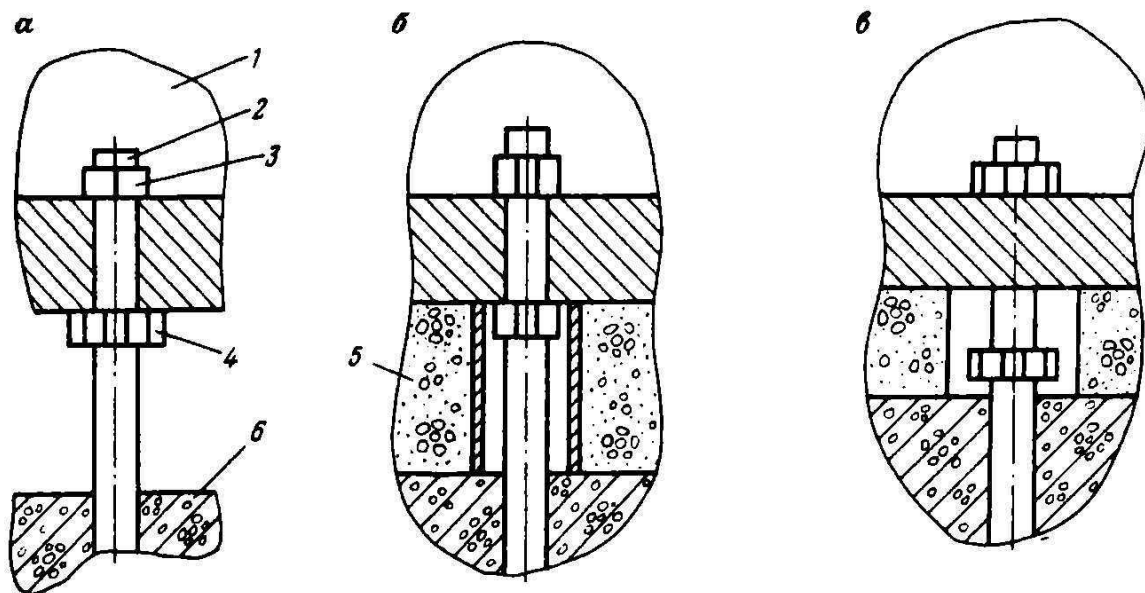
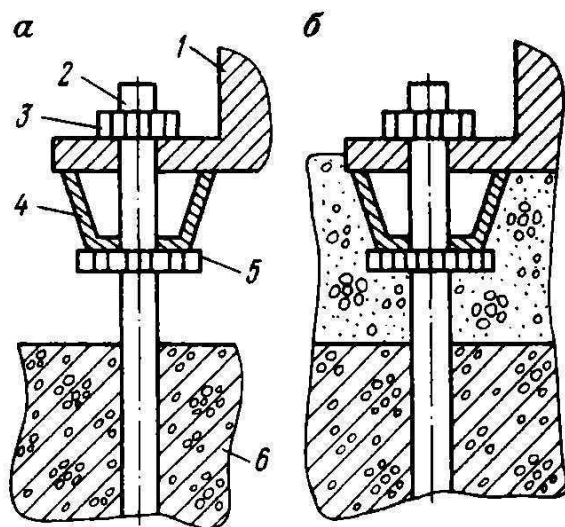


Рис. 2. Схема выверки оборудования непосредственно на установочных гайках:

1 – опорная часть оборудования; 2 – фундаментный болт; 3 – крепежная гайка фундаментного болта; 4 – установочная гайка; 5 – опалубка фундаментного болта; 6 – фундамент

Рис. 3. Схема выверки оборудования на установочных гайках при помощи упругих элементов:

1 – опорная часть оборудования; 2 – фундаментный болт; 3 – крепежная гайка фундаментного болта; 4 – тарельчатая шайба; 5 – установочная гайка; 6 – фундамент



В первом случае порядок монтажа такой: выверяют оборудование при помощи установочных гаек (рис. 2, а); устанавливают опалубки по периметру фундамента, а также вокруг фундаментного болта и осуществляют подливку оборудования бетонной смесью (рис. 2, б); снимают опалубку после затвердения бетонной смеси и подвинчивают установочную гайку для образования зазора между ней и основанием оборудования (рис. 2, в); закрепляют оборудование на фундаментах затяжкой крепежных гаек.

Во втором случае при монтаже на установочных гайках с использованием упругих элементов выполняют следующие работы: выверяют оборудование при помощи крепежной гайки за счет сжатия упругого элемента (рис. 3, а) (упругими элементами могут быть металлические тарельчатые шайбы, резиновые или пластмассовые шайбы); проводят подливку оборудования бетонной смесью; закрепляют оборудование на фундаментах затяжкой крепежных гаек (рис. 3, б).

Выверка оборудования при помощи инвентарных домкратов

При этом способе установки оборудования используют винтовые, клиновые, гидравлические и другие домкраты. Выбор вида домкрата зависит от требуемой точности, безопасности и удобства выполнения работ.

Вначале на фундаменте размечают места установки домкратов, которые выравнивают в соответствии с нормативными допусками для данного оборудования. Затем на эти подготовленные площадки фундамента устанавливают домкраты и с необходимой точностью выводят на проектную отметку. Оборудование опускают на домкраты и устанавливают в проектное положение регулировкой домкратов, после чего делается частичная затяжка гаек анкерных болтов.

Проводят установку опалубки и подливку бетонной смеси, после затвердения последней опалубку удаляют и окончательно затягивают гайки фундаментных болтов.

Выверка оборудования на жестких опорах

На жестких опорах может быть смонтировано любое оборудование, устанавливаемое на бетонных или железобетонных фундаментах. Эти опоры изготавливают с той же точностью, что и точность установки оборудования по высоте и горизонтальности.

Для повышения точности изготовления жестких опор в верхней части сооружаемого фундамента устанавливают закладные металлические детали с механически обработанной поверхностью — металлические пластины, отрезки швеллеров, двутавров, фундаментные металлические плиты или рамы.