ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ

Курс повышения квалификации

«Безопасность строительства и качество выполнения монтажных и пусконаладочных работ»

ЛЕКЦИЯ 3

«Обеспечение безопасности и качества при выполнении монтажных работ»

БС-08-ИСОТ-1108

Содержание

1.1. Общие положения **4**
1.2. Организация поставки оборудования на монтаж **7**
1.3. Проектно-технологическая документация для монтажа технологического оборудования **9**
1.4. Монтаж фундаментных болтов **11**
1.5. Приемка объекта и фундаментов под монтаж оборудования **16**
1.6. Приемка оборудования в монтаж и его предмонтажная подготовка **18**
1.7. Установка и выверка оборудования **21**
1.8. Способы производства специальных видов монтажных работ **50**
1.9. Поузловой способ монтажа **51**
1.10. Крупноблочный способ монтажа **66**

Словарь **73**
Рекомендуемая литература **74**
Помощь **75**

1.1 Общие положения

Одной из целей подготовки монтажных работ является выработка согласованных действий организаций, участвующих в строительстве объекта, обеспечивающих целесообразную последовательность производства работ и быстрейший ввод предприятия в эксплуатацию.

На стадии разработки проекта организации строительства определяются места размещения монтажных участков, складирования, укрупнительной сборки и предмонтажной ревизии оборудования, подъездных путей, обеспечение энергией, паром, водой. Решаются также другие организационные и производственно-технические вопросы.

Монтаж оборудования технологических линий и агрегатов является заключительным этапом его изготовления. Отдельные крупные агрегаты не могут быть доставлены на строительную площадку в сборе, поэтому их расчленяют на монтажные блоки и собирают в монтажной зоне, что связано с доизготовлением оборудования.

Вопросы технологического и материального обеспечения предмонтажной ревизии, укрупнительной сборки и монтажа оборудования разрабатываются и осуществляются в процессе подготовки производства строительно-монтажных работ. Для укрупнительной сборки и предмонтажной ревизии следует использовать вспомогательные и ремонтные помещения строящегося объекта, производственные базы монтажных организаций и заказчиков, где оборудование собирается в крупные блоки, с последующей подачей в монтажную зону и установкой на фундаменты.

Сокращение сроков строительства объекта экономит значительные средства. Поэтому общим принципом подготовки строительства объекта является использование скоростных методов производства строительно-монтажных работ, из которых наиболее эффективным является поточно-совмещенный метод монтажа оборудования.

Строительный комплекс разбивается на узлы (технологические зоны), в которых строительно-монтажные работы производятся в определенной последовательности: земляные работы, сооружение каркаса здания, фундаментов под оборудование, монтаж оборудования, отделочные работы. При этом практикуется совмещение работ. В ряде случаев монтаж оборудования производится открытым методом, то есть сооружаются фундаменты и оборудование монтируют параллельно со строительством здания цеха.

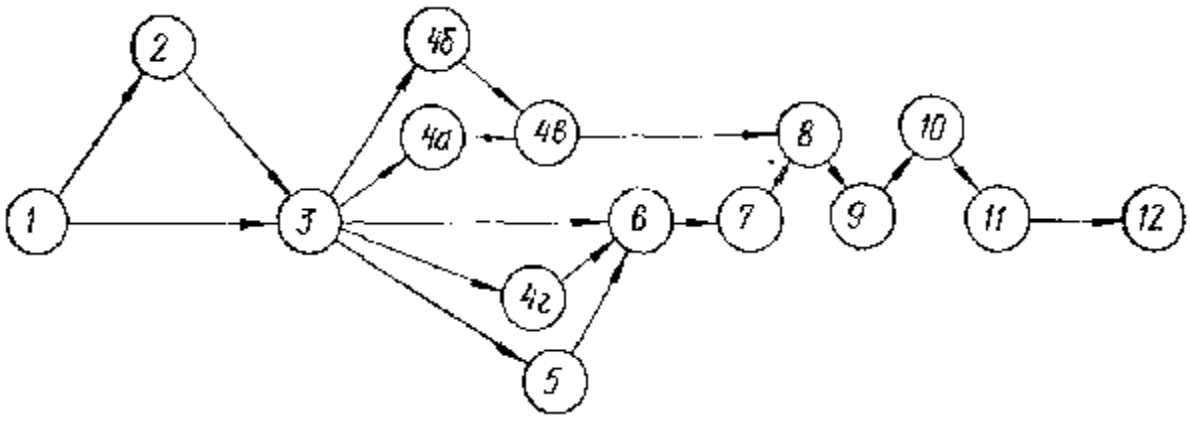

Рис. 1. Схема подготовки и производства монтажа оборудования технологических агрегатов

Подготовка и производство монтажа оборудования во всех случаях должны осуществляться в соответствии со схемой, изображенной на **рис. 1**. Этапы, указанные на данной схеме, включают:

1. Участие монтажной организации в рассмотрении договора на поставку оборудования.
2. Разработку дополнительных технических требований (ДТТ) на поставку оборудования.
3. Комплектование и обработку проектно-сметной документации. Выполняется группами подготовки производства (ГПП) и производственными отделами монтажных организаций.
4. Разработку проектно-технологической документации:

а) геодезическое обоснование;
б) проект производства работ (ППР);
в) монтажно-установочный формуляр;
г) проект механизации монтажных работ. Выполняется проектно-техноло-гическими институтами и ГПП монтажных трестов и спецуправлений на основании специальных инструкций и руководств.

5. Монтаж фундаментных болтов.
6. Приемку фундаментов и объекта под монтаж оборудования .
7. Приемку оборудования в монтаж на основании технических условий (ТУ) на изготовление и ДТТ, а также соответствующих отраслевых стандартов
8. Предмонтажную ревизию и укрупнительную сборку оборудования.
9. Установку и выверку оборудования на фундаментах.
10. Подливку оборудования.
11. Окончательную сборку оборудования с закрытием редукторов, муфт сцепления, кожухов и ограждений.
12. Прокрутку и сдачу оборудования в эксплуатацию.

Отступления от рассмотренного порядка подготовки и производства монтажных работ ведет к повышению их стоимости и трудоемкости.

1.2 Организация поставки оборудования на монтаж

Трудозатраты, стоимость и качество монтажа в значительной степени зависят от условий поставки оборудования на монтаж. Повышение монтажной технологичности и заводской готовности оборудования обеспечивается участием монтажных организаций в разработке условий его поставки на монтаж с учетом конкретной обстановки строительного объекта.

Участие монтажных организаций в разработке условий поставки определяется специальной инструкцией по схеме, изображенной на рис. 2. Этапы, указанные на рассматриваемой схеме, содержат:

1. Определение общих требований на поставку оборудования на стадии разработки технического проекта.
2. Согласование ТУ на оборудование.
3. Отображение требований на поставку оборудования на стадии разработки рабочих чертежей.
4. Рассмотрение договора между заказчиком и поставщиком на изготовление оборудования.

5. Разработку дополнительных технических требований (ДТТ) на поставку оборудования.
6. Согласование ДТТ на поставку оборудования.
7. Контроль качества поставки оборудования.
8. Анализ качества поставки оборудования и разработку предложений по его улучшению для последующих объектов.

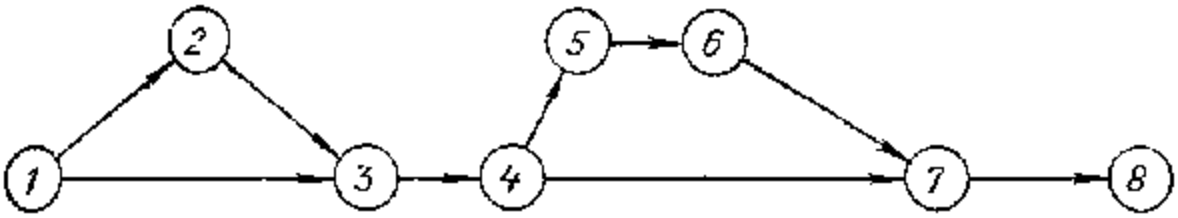

Рис. 2. Схема участия монтажных организаций в повышении качества поставки оборудования на монтаж

Заводская документация, передаваемая до начала монтажа производителю работ, должна содержать: требования поставщика к строительной готовности фундаментов и здания; указания по рекомендуемым конструкциям подкладок под оборудование и их размещению на фундаменте; технические допуски на выверку оборудования с учетом характера связей между стыкуемыми узлами технологических агрегатов; перечень рекомендуемого специального инструмента и оснастки для центровки и выверки оборудования; указания о базовых поверхностях, площадках для контроля, а также встроенных устройствах для выверки монтируемых узлов; описание конструктивных особенностей монтажных стыков и оснащения их фиксирующими элементами, обеспечивающими сборку узлов без использования контрольного инструмента и слесарной подгонки; типы, технологию установки и заделки фундаментных болтов; рекомендуемую технологию подливки оборудования; усилия и способ контроля натяжки фундаментных болтов в зависимости от типа ис-

пользуемых подкладок и методов установки оборудования на фундаменты; номенклатуру используемых защитных материалов и способы их удаления при предмонтажной ревизии оборудования; указания о нормативных сроках переконсервации оборудования; сведения о возможности совмещения защитных покрытий закрытых кинематических узлов (редукторы, подшипниковые узлы, шарниры) с эксплуатационными смазками; данные об объеме и характере сборки оборудования для опробования и испытания в цехах заводов-поставщиков и необходимом объеме разборки узлов на монтажной площадке с целью проверки качества сборки и сохранности в процессе транспортирования; описание конструктивных особенностей узлов, влияющих на трудоемкость и качество сборочно-разборочных операций при предмонтажной ревизия, крупнительной сборке и монтаже оборудования; сроки и объем обеспечения рабочими чертежами, необходимыми для предмонтажной ревизии оборудования; членение крупногабаритного оборудования на отправочные блоки; рекомендуемые способы перевозки крупногабаритных и тяжеловесных узлов оборудования на склады и монтажную площадку, а также потребность в грузоподъемных машинах для их перегрузки; объем авторского и шефского надзора за предмонтажной ревизией и монтажом оборудования; перечень работ, выполняемых поставщиком оборудования на монтажной площадке по доизготовлению и сборке узлов крупногабаритных агрегатов.

1.3 Проектно-технологическая документация для монтажа технологического оборудования

Производительность и качество монтажных работ в значительной степени определяются комплектностью и качеством проектно-технологической документации на монтируемое оборудование, которая должна рассматриваться с бригадирами до начала монтажа. Проектно-технологическая документация, ко-

торая должна передаваться монтажной организации за 3 - 6 мес. до начала монтажа, содержит:

1. Передаваемую генподрядной организации: стройгенплан строительства и сетевой график, план и разрезы цеха, план и разрезы фундаментов, чертежи кондукторов и анкер-блоков для монтажа фундаментных болтов; чертежи геодезического обоснования, чертежи расположения фундаментных болтов (анкер-планы), сметы на монтажные работы.
2. Передаваемую заказчиком: план расположения, разрезы и сводную спецификацию оборудования, монтажные чертежи оборудования, технические условия на поставку оборудования.
3. Передаваемую поставщиком оборудования: паспорта машин и агрегатов, комплект узловых рабочих чертежей монтируемых машин и агрегатов, комплектовочные и маркировочные ведомости, инструкции по монтажу, наладке и опробованию машин, заводские формуляры сборки с указанием допусков, акты испытания и прокрутки машин.
4. Обеспечиваемую монтажной организацией и передаваемую монтажным участкам за месяц до начала монтажных работ: проекты производства и механизации монтажных работ; ведомость объемов работ, лимитные карточки на материалы, технологические карты на типовые виды монтажных работ, монтажно-установочные формуляры; график потребности в рабочих по специальностям.

Методы и технология монтажных работ определяются ППР, который включает в себя: схемы монтажа оборудования, пути подачи оборудования, ведомость монтажного оборудования, инженерное обеспечение монтажной площадки и ведомость технологической оснастки и специализированного инструмента.

Проект механизации работ (ПМР) определяет перечень основных монтажных операций и средств используемого инструмента и приспособлений (в основном, типовых), а также особенности их использования. Разрабатывается ПМР ГПП трестов или спецуправлений. Может также разрабатываться по за-

казу монтажных управлений монтажными лабораториями и проектно-техноло-гическими институтами.

Монтажно-установочный формуляр содержит сведения об используемых подкладках под оборудование, средствах выверки и закрепления монтируемых узлов, допуски на монтаж и методы контроля точности выверки. Он также является основным сдаточным документом смонтированного оборудования.

До передачи монтажному участку и бригадиру проектно-технологическая документация проходит сверку и обработку в ГПП и производственном отделе монтажного управления. Производится проверка полноты передаваемой документации и ее качества, а также выборка необходимых материалов, специального инструмента и оснастки. Размещаются заказы на монтажные заготовки и оснастку, разрабатываются лимитные карточки на материалы и ведомости объемов работ.

При этом с участием бригадиров и мастеров оценивается эффективность принятых ППР способов монтажа оборудования и возможность укомплектования монтажных работ выбранным оборудованием. Проверяются сметы на монтаж оборудования, указанные в них объемы и правильность применяемых расценок.

Обработку проектно-технологической документации на определенный объект рационально поручать одному работнику, который осваивает всю схему организации и производства монтажа оборудования п осуществляет контроль за использованием ППР, качеством производства работ и организует устранение выявленных ошибок в документации, недоделок к брака, допущенного при изготовлении оборудования.

1.4 Монтаж фундаментных болтов

Оборудование, установленное на фундамент, закрепляют в плане и по высоте фундаментными болтами. По характеру передачи нагрузки на фундамент и конструктивным особенностям заделки существуют такие фундаментные болты (**рис. 3**):

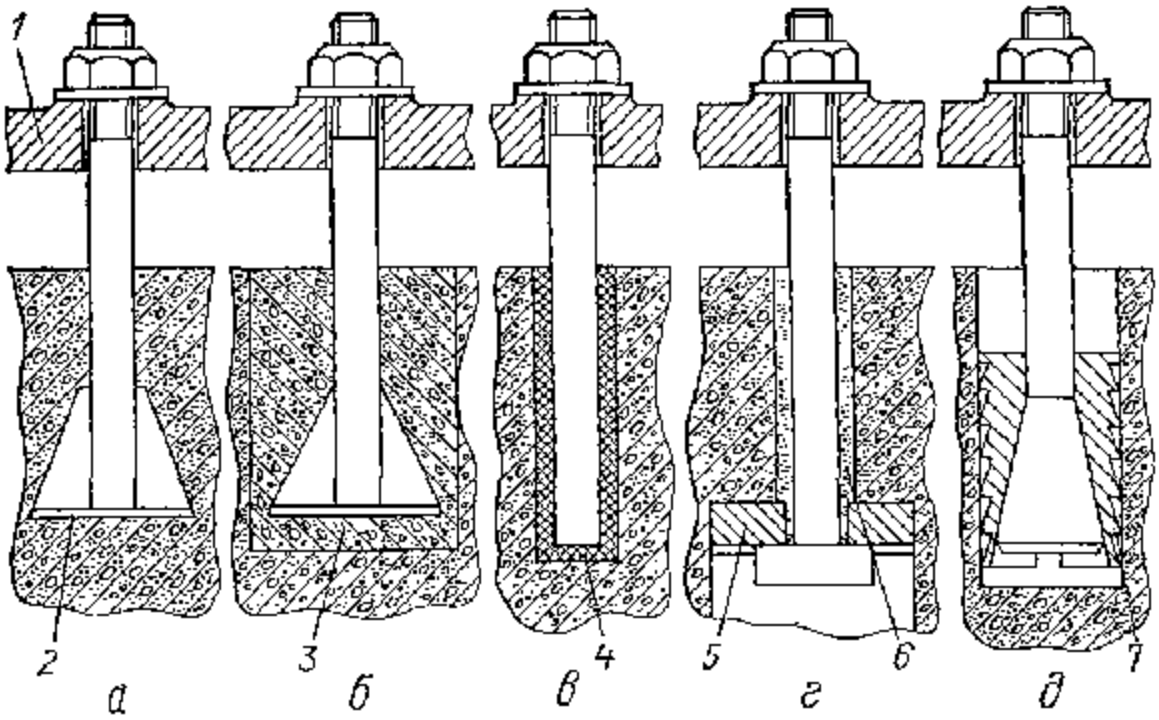

Рис. 3. Конструктивные схемы монтажных болтов:
а — глухие; б — шанцевые; в— вклеиваемые в просверливаемых в фундаментах отверстиях; г — анкерные; д — самоаикерующиеся; 1 — станина машины; 2 — фундаментный болт; 3 — бетонная заливка; 4 — клеевая масса; 5—анкерная плита; 6 — песочная засыпка; 7 — клиновая втулка

- глухие, устанавливаемые на кондукторных устройствах и заливаемые бетоном в процессе сооружения фундамента (**рис. 3,**

а). Их следует использовать для крепления крупных агрегатов и узлов, работающих в динамическом режиме;

- щанцевые, выставляемые вместе с оборудованием в шанцевых приямках и заливаемые бетоном или вместе с подливкой оборудования, или предварительно, до подливки. Шанцевые болты, требующие точной установки и надежного крепления, в начале подливают отдельно в шанцах после предварительной установки оборудования, а затем окончательно прицентровывают узел, затягивают фундаментные болты и подливают. Этот тип болтов обычно употребляют для крепления отдельно стоящего оборудования и технологических металлоконструкций. Для крепления оборудования технологических линий шанцевые болты используют реже (**рис. 3, б**);
- анкерные, закрепляемые головкой в анкерной плите, устанавливаемой в фундаменте. Их применяют для закрепления оборудования, работающего в динамическом режиме (**рис. 3. в**);
- самоанкерующиеся. Имеется целый ряд конструкций самоанкерующихся болтов, в основном, размерами М16÷М24, Их широкому использованию препятствует отсутствие массового производства (**рис. 3, г**); вклеиваемые в просверленных в фундаментах отверстиях. Болты закрепляют эпоксидными смолами, силиконовым клеем и зачеканкой бетонными смесями (**рис. 3, д**).

Наиболее надежное закрепление болтов в фундаменте достигается замоноличиванием (**рис. 3, а**). Это производится в следующей последовательности: изготовление и монтаж кондукторных устройств, установка фундаментных болтов на кондукторные устройства, демонтаж части кондукторных устройств после заливки фундаментов бетоном и очистка болтов от бетона.

На каждый килограмм массы смонтированных таким способом болтов требуется расходовать до 2,5 кг металла; трудозатраты на монтаж одного болта составляют в среднем около 2 чел.-ч. Отклонение болтов, устанавливаемых таким способом в плане, составляет в среднем 10 мм.

При бетонировании фундамента болты нередко сдвигаются в плане и отклоняются от вертикали. Более высокая точность установки болтов при меньших затратах труда и металла достигается плазово-блочным способом. Для этого болты технологических линий разбивают на блоки, которые собирают на специальных плазах. Болт является несущим элементом на конструкции блока, что снижает расход металла на напорные конструкции до 30—40 %. Точность установки болтов в блоке значительно повышается, отклонение от проектных размеров не превышает 3 мм. Собранные блоки устанавливают грузоподъемными кранами.

Значительно повышается эффективность сборки анкер-блоков с использованием универсального стенда портального типа (**рис. 4, б**). Кондуктор ручной лебедкой опускается в положение 5 до опирания собранного анкер-блока на площадку. Винты, закрепляющие болты в гнездах 2, отпускаются, и кондуктор вновь поднимается в исходное положение. Портал на катках (вручную) перекатывают и собирают следующий анкер-блок. Собранные блоки грузят в машину и подают в монтажную зону, где устанавливают на сооружаемый фундамент. Трудоемкость сборки анкер-блоков на описанном стенде снижается в 2—2,5 раза по сравнению со сборкой на стационарном плазе. На монтаж одного блока затрачивается 1—2 чел.-ч в зависимости от конструкции фундамента.

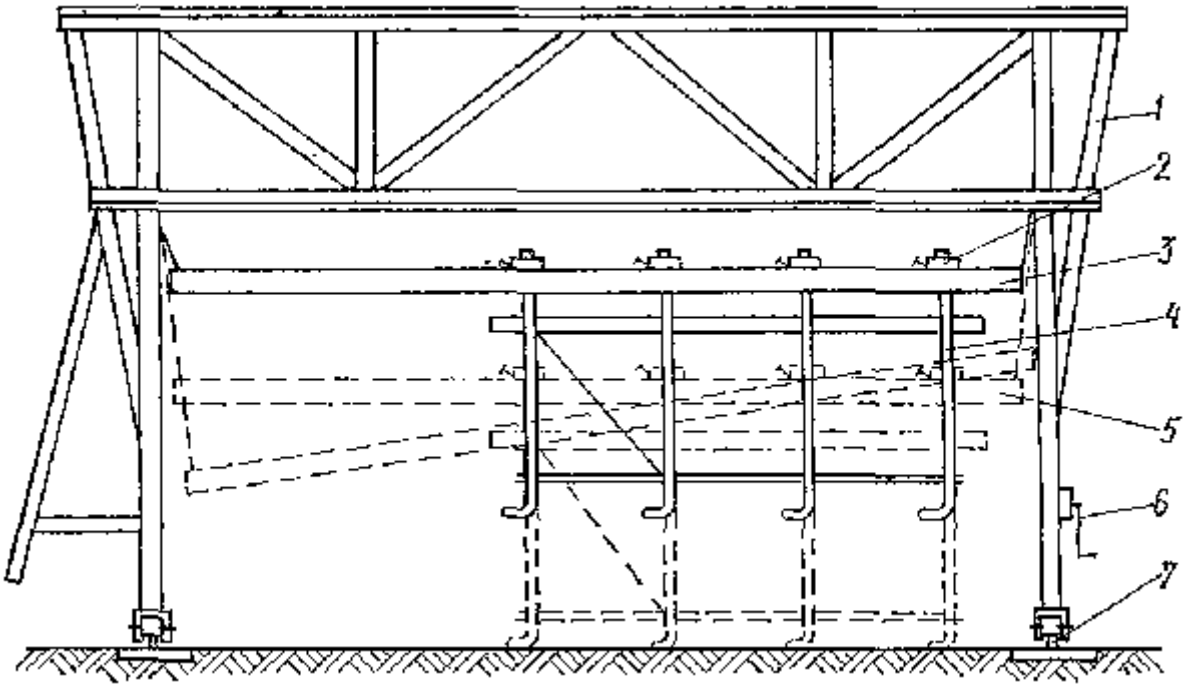

Рис. 4. Стенд для сборки анкер-блоков:
1— портал; 2 — установочное гнездо; 3 — кондуктор; 4 — фундаментный болт; 5 — положение при снятии анкер-блока с кондуктора; 6 — ручная лебедка; 7 — каток

Фундаментные болты размером до М48 целесообразно устанавливать вклеиванием. Отверстия в фундаментах просверливают преимущественно пневматическим перфоратором, оснащенным буровой коронкой с твердосплавными пластинами ВК-8. Можно сверлить и электрической сверлильной машиной со сверлом, оснащенной алмазной коронкой. Недостатком этого способа является необходимость подачи проточной воды для охлаждения сверла и удаления продуктов сверления.

Используют для этих целей и электрические вибросверлильные машины со сверлом из твердых сплавов. Разметку для сверловки производят по чертежам анкер-плана на поверхности фундамента. В просверленное отверстие до заданного уровня заливают эпоксидную смолу или селиксановый клей и вставляют предварительно очищенный от коррозии и обезжиренный болт. Болт должен быть закреплен от смещения. Через сутки

после установки болтов можно приступать к установке оборудования.

Сверление отверстий по разметке не обеспечивает требуемой точности. Отклонение просверленных отверстий в среднем составляет около 20 мм. Дополнительное смещение происходит вследствие отклонения незафиксированного болта от центра отверстия. Во избежание этого рекомендуется сверлить по направляющим втулкам, которые могут быть объединены в универсальный кондуктор.

Недостатком крепления болтов органическими клеевыми материалами является возможность их старения и снижение прочности при повышении температуры. Более надежно крепление болтов — зачеканкой бетонной смесью. Зачеканка производится специальной машинкой, которая также обеспечивает концентричность положения болта относительно оси отверстия. Закрепление болтов в отверстиях производится по специальным инструкциям, соблюдение которых гарантирует сцепление болта с бетоном фундамента на расчетную нагрузку.

Наименьших трудозатрат требует установка самоанкерующихся фундаментных болтов (таблица 1). Однако самоанкерующиеся болты коррозируют в сырых фундаментах, что требует их изготовления из дорогостоящих материалов, стойких против коррозии. Они плохо воспринимают динамические нагрузки, что вызывает необходимость периодического подтягивания болтов, т. е. надзора за их состоянием.

Таблица 1.

Трудозатраты на установку болтов М30

Способ установки болтов	Время бурения отверстия, мин.	Установка болта в отверстие, мин.	Приготовление раствора на 1000 болтов, мин.
Зачеканка бетонной смесью	6	6	30
На органической смеси	5	3	120
Самоанкерующиеся болты	3	2	-

Для крепления тяжелых агрегатов, работающих в тяжелом динамическом режиме, при ограниченном доступе для обслуживания следует использовать глухие или анкерные болты.

Повышенные затраты на их установку окупаются высокой эксплуатационной надежностью, а для крепления мелкого, отдельно стоящего оборудования, технологических металлоконструкций рационально использовать самоанкерующиеся болты.

1.5 Приемка объекта и фундаментов под монтаж оборудования

Фундаменты под оборудование являются базой монтируемых машин и вместе со зданием цеха служат также и производственной площадкой. Поэтому при приемке фундаментов и здания цеха следует оценивать соответствие отметок и расположения фундаментных болтов осям оборудования и крепежным отверстиям, а строительной готовности цеха — целям производства монтажа.

В приемку фундаментов под монтаж оборудования входит геодезическая съемка поверхности, предназначенная для установки машин и размещения фундаментных болтов. Проверяется также качество бетона и заделки фундаментных болтов. Прочность определяют обстукиванием бетона молотком. Прочность заделки болтов следует испытывать опытным затягиванием динамометрическим ключом на заданный момент. Данные геодезической съемки сравнивают с чертежами фундамента и анкер-плана. Нормами допускается отклонение точности установки болтов в плане до 5 мм, а по вертикали— 20 мм.

Погнутые фундаментные болты должны быть отрихтованы. Болты должны приниматься с накрученными на них гайками. Во избежание утери гайки могут быть приняты отдельно, а резьба проверена контрольными гайками.

До начала монтажа оборудования на фундаментах и примыкающих к ним площадках необходимо:

- установить реперы и плашки в соответствии с геодезическим обоснованием. Их количество, а также размещение должны отвечать удобству доступа к ним на всех стадиях монтажа;
- засыпать до проектной отметки пазухи между частями фундамента, оградить проемы и проходы, а над приямками
- установить мостики с ограждениями;
- установить обноски для протягивания контрольных осей и стационарные стойки для крепления теодолитов или лазерных приборов;

- устроить черные полы, остеклить окна и проложить предусмотренные ППР подъездные пути;
- проложить трубопроводы воды, пара, а также кабели электроснабжения и освещения в соответствии с ППР;
- организовать разводку по фундаментам электропитания и сжатого воздуха для энергоснабжения механизированного инструмента, местное освещение, разводку кислорода и газа;
- сдать в эксплуатацию мостовые краны;
- установить местные обогреватели в случае производства работ в холодное время года и отсутствие отопления.

1.6 Приемка оборудования в монтаж и его предмонтажная подготовка

Доставка оборудования в монтажную зону, границы которой определяются соглашением между заказчиком и подрядчиком, осуществляет заказчик своими средствами на основании заявки монтажных организаций в соответствии с технологической последовательностью монтажа Заявки на доставку оборудования составляются на основании отправочных ведомостей поставщика. Для организации доставки оборудования массой более 2—3 тыс. т в монтажном управлении выделяется работник, ответственный за комплектацию.

Оборудование, упакованное в тару, принимает в монтажной зоне представитель субподрядчика (бригадир, мастер) на основании рабочих чертежей, описей вложений, технических условий и требований на поставку оборудования. При этом выявляется отсутствие повреждений и порчи оборудования. Закрытые узлы проверяются в процессе монтажа. При выявлении повреждений, некомплектности или брака составляется акт в присутствии представителей заказчика и шефперсонала.

В случае если оборудование поставлено с отступлениями от согласованных условий (недоизготовлено, не прошло контрольную сборку, поступило рассыпью), приведение его в нормальное состояние производит заказчик. Разборку оборудования для проверки качества его изготовления, не связанную с технологией монтажа, заказчик производит своими силами и средствами.

Оборудование, хранящееся на складах заказчика сверх гарантийного срока консервации или пришедшее в негодность от небрежного хранения, проходит предмонтажную ревизию с его разборкой и устранением выявленных повреждений за счет средств заказчика. При отсутствии надлежащих условий ревизия может быть проведена после установки оборудования на фундаменты и окончания отделочных работ в помещениях, где оно расположено.

Оборудование поставляется законсервированным. Наиболее широко для консервации используют нефтяные продукты, которые хорошо смываются керосином, соляровым маслом или щелочным раствором, подогретым до температуры 60—80° С. Для расконсервирования монтажных стыков и рабочих поверхностей применяют специальные установки (**рис. 5**).

Монтаж оборудования сводится к соединению по разъемам деталей, механизмов и узлов. Разъемы узлов и частей машины осуществляются: по кинематическим узлам (подшипники и шарниры, кулачки и зубья, шестерни, соединительные муфты, шатуны и т. п.); конструктивно-технологическими стыками (крышки редукторов и подшипников, соединение муфт и шестерен с валами и т. п.); монтажными стыками, разукрупняющими крупногабаритные узлы и детали по условиям их транспортирования.

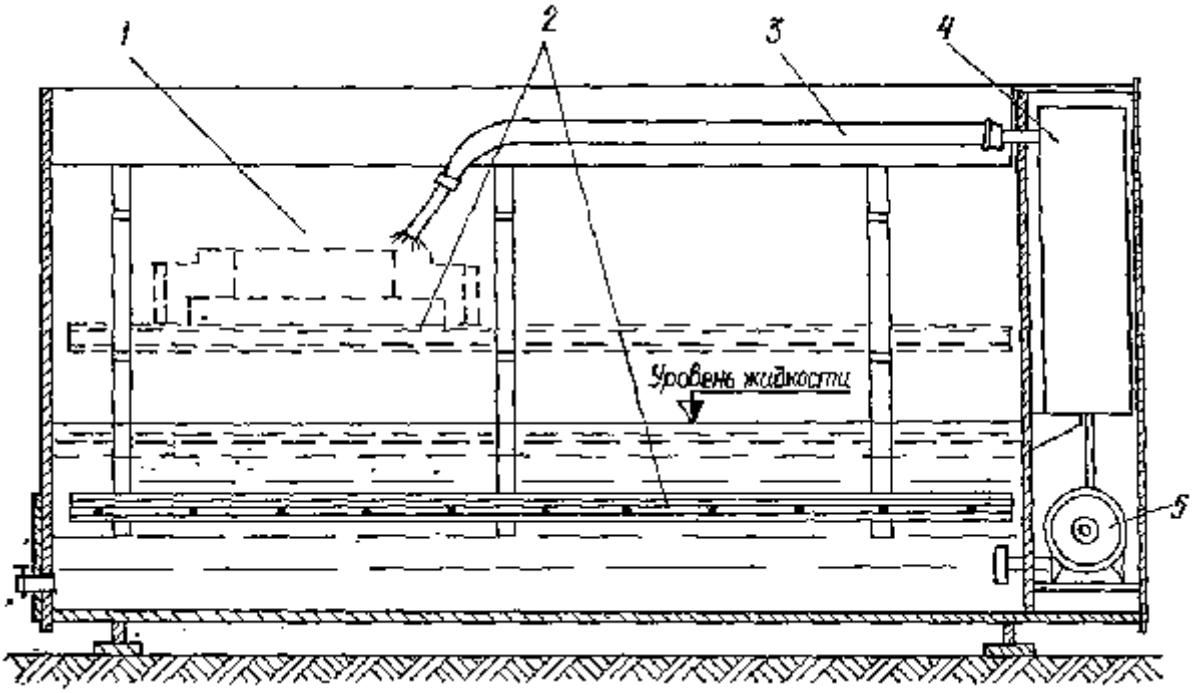

Рис. 5. Установка для расконсервации оборудования;
1 — бак; 2 — решетка; 3 — гибкий шланг с соплом; 4 — электро-подогреватель:
5 — насос.

Кинематические разъемы, если машина проходила контрольную сборку при изготовлении, на монтаже подгонки не требуют. Соединительные муфты трансмиссионных валов, кривошипные и цепные передачи допускают компенсацию неточности установки соединяемых ими узлов. Если эти узлы не имеют общей рамы, то они требуют прицентровки при монтаже машины по заданным допускам.

Конструктивно-технологические стыки (делящие сложные детали на простые, облегчающие их изготовление) имеют фиксированные связи, обеспечивающие сборку узла с требуемой точностью, и должны исключать операции по подгонке и центровке стыка на монтаже. Однако стыкуемые узлы могут быть деформированы вследствие естественного старения или неправильного складирования и перевозки, что может вызвать необходимость рихтовки и подгонки стыка. Часть конструктивно-технологических стыков требует герметизации пришабривани-

ем, шлифовкой или уплотняющими материалами, что должно быть оговорено в инструкции по монтажу или чертежах. Конструктивно-технологические стыки должны быть собраны и подогнаны в цехах завода-изготовителя, чтобы исключить затраты на их подгонку на монтажной площадке.

Трудоемкость и качество сборки машин зависят от конструктивного оформления разъемов с установкой фиксирующих элементов (гужоны, чистые болты, контрольные шпонки и т. п.).

Кинематические и конструктивно-технологические разъемы используются также при ремонте машин, замене изношенных деталей, регулировке кинематических связей. Монтажные разъемы могут оформляться по типу конструктивно-технологических разъемов. Пройдя контрольную сборку на заводе-изготовителе, такие стыки на монтаже собираются без существенных трудозатрат и сложной оснастки. Однако стоимость изготовления таких разъемов часто высока, поэтому обычно монтажные стыки выполняют упрощенно, с использованием черных болтов, заклепок или сварки.

Сборка технически несовершенных стыков требует повышенных трудозатрат, специальной оснастки и оборудования, особенно для узлов, которые содержат в себе детали с кинематическими связями (зубчатые поворотные круги, кантовочные устройства, корпуса крупных редукторов и т. п.).

Сборка таких узлов, как бочки миксеров, груши конверторов, корпуса вращающихся печей требует разработки технологии и контроля геометрических размеров.

1.7 Установка и выверка оборудования

Монтаж промышленного оборудования связан с перемещением большого количества узлов и деталей массой от нескольких сот килограммов до сотен тонн. При производстве монтажа поточно-совмещенным методом в монтажной зоне, обслуживаемой одним-двумя мостовыми кранами одновременно, работают несколько смежных строительно-монтажных управлений. Возникает дефицит грузоподъемных машин, особенно мостовых кранов. Обслуживание монтажных бригад осуществляется по графику, утвержденному комплексом управления строительством.

Вначале производится разгрузка оборудования со складированием его на специально выделенных площадках, а затем — установка на фундаменты. Целесообразно, чтобы разгрузку и расстановку оборудования на фундаменты выполняли специальные такелажные бригады.

Перегрузку следует производить в ночные смены, когда загрузка мостовых кранов снижается. Эти работы выполняются на основе проектов безопасной работы. В связи с тем, что на монтаж поступает разнообразное оборудование сотен наименований, различное по габаритам и массе, схемы строповки разрабатываются только для тяжеловесных или повторяющихся узлов. Строповка же основной массы оборудования производится на основе накопленного опыта и общих положений.

Оборудование, отгружаемое поставщиком, должно иметь надписи краской о его массе, местах строповки и положении центра тяжести. Строповка оборудования, как правило, производится стропами, изготовленными из стальных проволочных канатов. В ряде случаев строповка существенно облегчается использованием такелажных скоб или специальных захватов.

Стропить следует так, чтобы крюк крана в момент подъема застропованного груза находился на одной вертикали с его центром тяжести. Строповку груза одним стропом можно производить только за точку, расположенную выше центра тяжести гру-

за. Увязку стропов ниже центра тяжести груза следует производить не менее чем в трех точках, расположенных по разные стороны от него, то есть центр тяжести груза должен находиться внутри контура точек строповки.

Если точки строповки расположены на разных расстояниях от центра тяжести, то большая нагрузка будет приложена к тому стропу, точка строповки которого в горизонтальной плоскости ближе к вертикали от центра тяжести на величину, пропорциональную отношению к расстоянию точки приложения второго стропа.

Стропить узлы, подготовленные для монтажа на фундаменте, необходимо таким образом, чтобы стропы не препятствовали их установке на фундаментные болты и подкладки. При этом опорная поверхность поднятого узла должна быть параллельна опорной поверхности фундамента. Поверхность фундамента перед установкой оборудования надо очистить от мусора. Места, загрязненные маслами, необходимо зачистить подрубкой бетона. Расстояние от подошвы оборудования до поверхности фундамента должно быть равным 40 - 80 мм. Если подливаемая станина имеет ребра, то зазор до поверхности фундамента считается от ребра.

Перед установкой оборудования на фундаменты рекомендуется сверить расположение крепежных отверстий на основании узла с размещением фундаментных болтов. В случае отклонения болта от заданной оси на 0,5 - 1 диаметра болты до М24 могут быть подогнуты без подогрева специальным приспособлением, а от М30 и выше — с подогревом газовой горелкой. Подогрев болтов, установленных на органических смолах, не допускается; их лучше заменить. Монолитные болты при необходимости можно частично оголить подрубкой бетона и подогнуть с уклоном 1:5.

Оборудование следует устанавливать на предварительно разложенные опорные подкладки с отклонением от проектного уровня ±2 мм в зависимости от типа используемых подкладок. Уровень раскладываемых подкладок контролируют гидростатическим уровнем или специальными приспособлениями.

Допускается, что передача нагрузки от машины на фундамент происходит через подкладки без учета влияния подливки, или через подливку, а подкладкам отводится роль элементов, удерживающих выверяемый узел в проектном положении до его подливки.

Норма расхода подкладок в зависимости от вида оборудования и фактического зазора между оборудованием и фундаментом (в среднем достигающем 100 мм) составляет 20 кг на 1 т смонтированного оборудования.

Доля стоимости плоских строганных подкладок составляет около 2% стоимости монтажа оборудования. Для монтажа используются подкладки, вырезанные из проката стального листа или чугунного литья с зачисткой опорных поверхностей шлифовальной машиной. Стоимость таких подкладок по сравнению со строганными ниже примерно в 2 раза.

Размер подкладок подбирается из условий, что удельная нагрузка, передаваемая подкладкой на бетон, может составлять 50—80 кгс/см^2 в зависимости от качества подготовки поверхности бетона под подкладку. Площадь подкладок при условии передачи ими полной нагрузки от оборудования на фундамент рассчитывают по величине нагрузки, складывающейся из массы оборудования и натяжения фундаментных болтов (таблица 22). Натяжение фундаментных болтов, кгс/см^2, до М56 можно определить по формуле $P = 705 d_б^2$, где dб — диаметр резьбы фундаментного болта, см.

В процессе производства монтажа площадь подкладок принимают равной двадцатикратной площади фундаментных болтов, так как обычно масса машины составляет 15—20 % величины натяжения болтов.

Фундаменты под оборудование в основном сооружаются из бетона марки 150. Бетон под подкладками работает в условиях объемного сжатия и выдерживает напряжение 150 кгс/см^2 без нарушения структуры. Так как подготовка поверхности бетона под подкладку, а также подкладка не идеально плоские, то действительные напряжения в бетоне могут быть в 2—3 раза выше расчетных.

Нагрузку от подкладки на бетон можно увеличить в 1,5 - 2 раза, если поверхность бетона зачистить специальным устройством (**рис. 6**). Регулировочными винтами его устанавливают вертикально и фрезу винтом подводят к поверхности бетона. Площадку зачищают за 3 - 5 мин. Этим увеличивается площадь контакта подкладки с бетоном, что позволяет в расчете опорной площади подкладки принять допустимую удельную нагрузку 80÷100 кгс/см^2. Поверхность под подкладку можно зачистить зубилом, бучардой и обычной шлифовальной машинкой, но трудозатраты будут в 3 - 5 раз выше, чем описанным устройством, а качество значительно ниже.

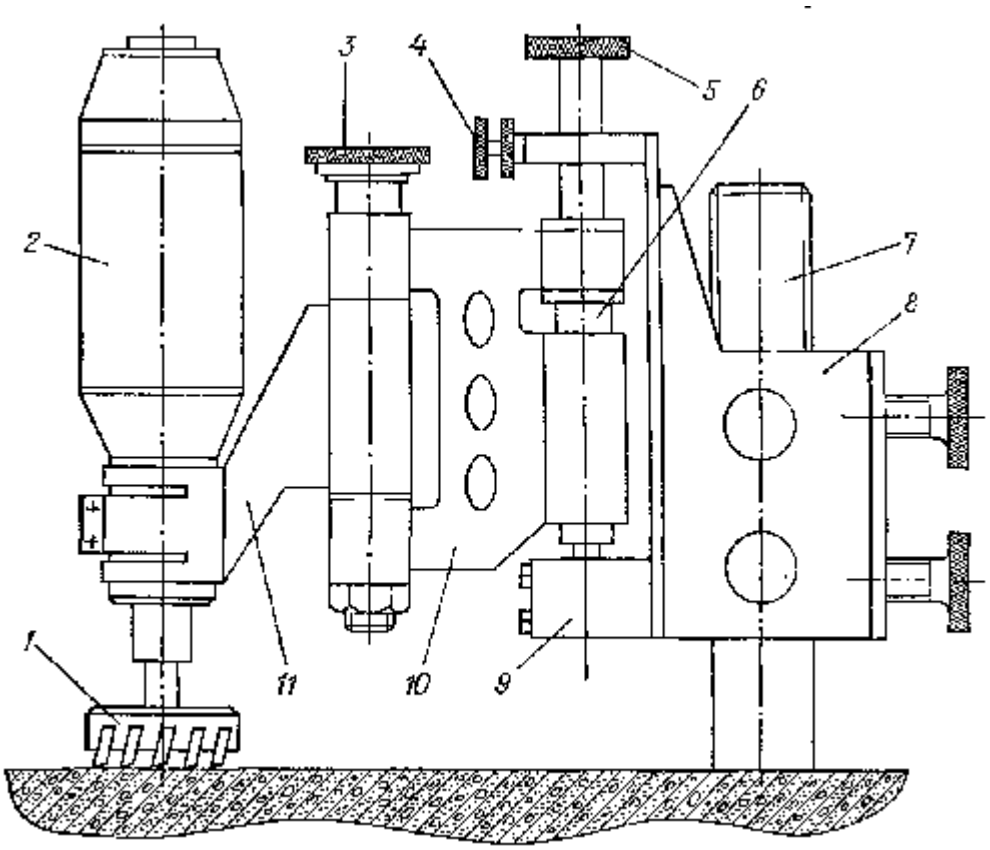

Рис. 6. Устройство для зачистки бетона под подкладки:
1 — фреза; 2—электрическая сверлильная машина; 5 — уровень; 4, 5 — винты соответственно регулировочный и подъемный; 6 — стойка; 7 — фундаментный болт; 8 — опорный узел; 9 — ша-

ТАБЛИЦА 2.

ПИРАМИДАЛЬНЫЕ ПАКЕТЫ ПЛОСКИХ ПОДКЛАДОК ДЛЯ УСТАНОВКИ КЛАДКИ (СМ. РИС. 7)

Наименование параметров	Ед. изм.	Номера							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Подкладка:									

– площадь – размер – толщина – масса – нагрузка	$см^2$ см мм кг тс	25 5X5 15-20 0,3-0,4 1-2	56 7,5X7.5 15—20 0,7-0,9 2,3-4,5	100 10X10 20-30 1,6-2,4 5-8	225 15X15 20—30 3,5—5,5 9-17	400 20x20 30-40 9—12 18-30	625 25X25 30—40 15—20 30—40	900 30X30 35—50 25-35 40-65	1225 35X35 35-50 33—48 65—90
Типоразмеры подкладок в пакете	-	1, 1, 1	2, 1, 1	3,2,1, 1	4,3,2, 1	5,3,1, 1	6,4,2, 1	7, 5,3,1	8,6,4, 2
Масса пакета	кг	1	1,5	3,5	7,7	14	24	44	64
Размер фундаментных болтов	мм	М16	М24	М30 и М42 (2 пакета)	М36 и М64 (2 пакета)	М76 (2 пакета)	М90 (2 пакета)	М125 (2 пакета)	М150 (2 пакета)

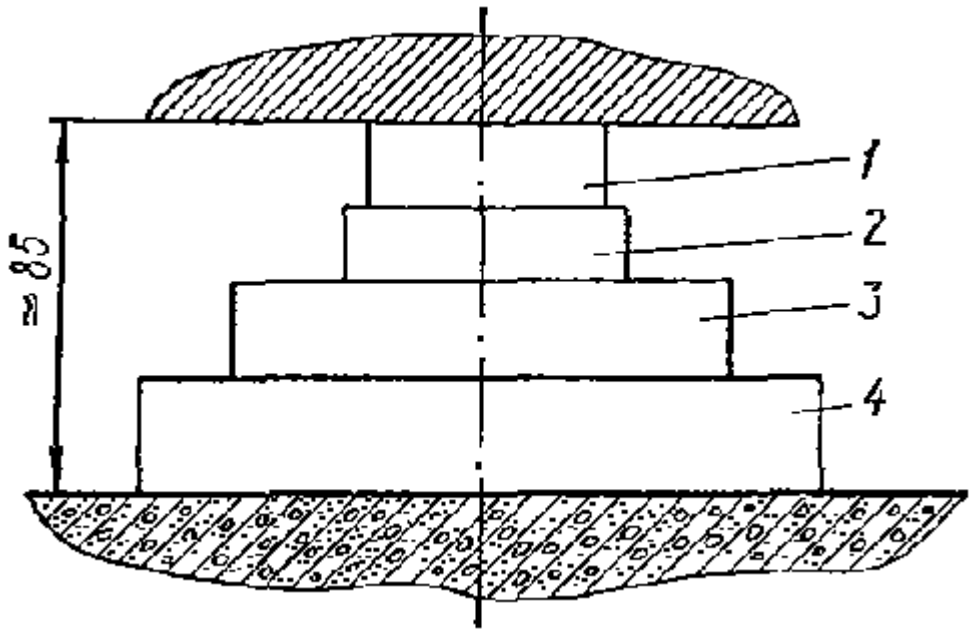

Рис. 7. Пирамидальный пакет подкладок (по табл. 2) для фундаментного болта: 1—4 — подкладки.

Есл з 4 - 5 плоских подкладок, определяется допустимой удельной нагрузкой на бетон 80 кгс/$см^2$, то поверхность, контактирующая

с основанием оборудования, может быть рассчитана на удельную нагрузку 1000 кгс/см^2. Поэтому целесообразнее пакет плоских подкладок принять пирамидальным (**табл. 2**, **рис. 7**) и снизить его массу, более чем в 2 раза. Таким образом, используя устройство для зачистки бетона под подкладки и пирамидальные пакеты, расход подкладок можно снизить примерно в 2,5 раза, то есть до 8 кг на 1 т. Рекомендуется вместо верхней подкладки пирамидального пакета использовать встречно-клиновую для облегчения регулировки по высоте.

Допуск на точность выверки узлов части металлургических агрегатов составляет 0,5 - 0,02 мм. Поэтому для выверки монтируемого узла в пакете плоских подкладок используют выверочные прокладки толщиной 0,2 - 2 мм.

Обычно пакет содержит примерно пять подкладок и обладает определенной упругостью. Для того, чтобы совместить требование точности выверки до нескольких сотых миллиметра с нормативным натяжением болта, необходимо, подложив пакет, затянуть болт на нормативную нагрузку, замерить фактическое положение выверяемого узла и на эту величину увеличить или уменьшить толщину пакета. Но так как узел крепится минимум четырьмя болтами, а станина узла обладает собственной жесткостью, то это трудно осуществить. Увеличение количества подкладок приводит к снижению жесткости пакета, что упрощает выверку оборудования. Пакет плоских подкладок в пирамидальном исполнении высотой 100 мм обладает податливостью при приложении номинальной нагрузки на 1,5÷2 мм (в зависимости от состояния подкладок, входящих в пакет). Эту особенность необходимо учитывать при раскладке подкладок под оборудование, укладывая пакет на 1,5÷2 мм выше номинального уровня, чтобы потом, при затяжке болтов на нормативную нагрузку, узел за счет осадки пакета был установлен на проектную отметку.

Подбор высоты пакета плоских подкладок упрощается при использовании встречно-клиновых подкладок с пределами регулирования толщины 5—10 мм. Однако сохранить разложенные пакеты в стабильном состоянии при установке на них мон-

тируемого узла и при перемещении его в горизонтальной плоскости при центровке оборудования невозможно. Поэтому рекомендуется устанавливать пакеты с предварительным напряжением (**рис. 8**). Их выверяют до установки оборудования с требуемой точностью, и после центровки узла в горизонтальной плоскости остается только затянуть фундаментные болты. При этом, возможно, потребуется откорректировать натяжение болтов с учетом упругости пакета, подбив клиновые подкладки или подложив регулировочные прокладки требуемой толщины.

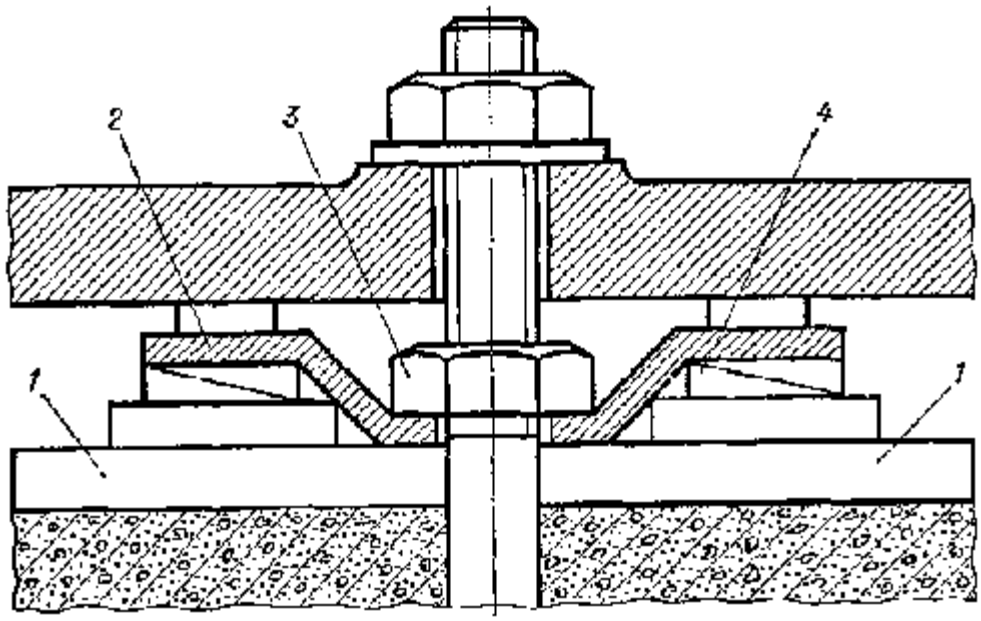

Рис. 8. Предварительно напряженные пакеты подкладок для установки оборудования:
1 — предварительно напряженные подкладки; 2 — прижимная пластина; 3 — зажимная гайка; 4 — встречно-клиновые подкладки

Описанный способ является наиболее удобным для установки и выверки тяжелонагруженных плитовин прокатных станов, шестеренных клетей, ножниц, правильных машин и другого оборудования с диаметрами фундаментных болтов свыше М48. При этом пакеты подкладок укладывают по обеим сторонам от каждого фундаментного болта на возможно близком расстоя-

нии, чтобы исключить деформацию станины при затяжке болтов на нормативное усилие.

В случае монтажа деформированной станины вследствие естественного старения или других причин допускается ее рихтовка затяжкой фундаментных болтов. При этом натяжение болтов не должно отклоняться от номинальной нагрузки свыше 10 % в ту или другую сторону. В противном случае исправление деформированной детали выполняется по особому проекту.

Установку оборудования на фундаментные болты М48 и ниже можно упростить, используя способ бесподкладочного монтажа или монтажа на облегченных подкладках (**рис. 9**).

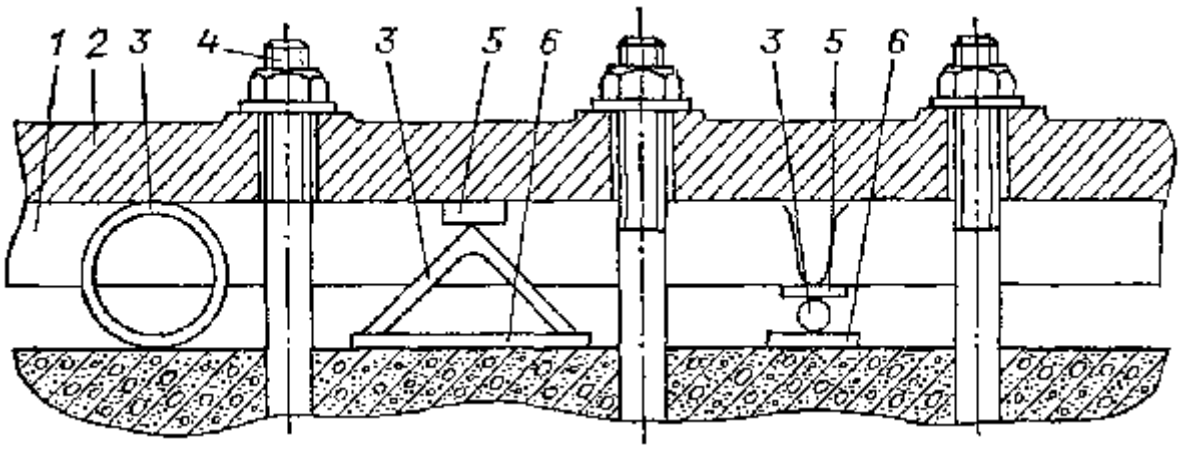

Рис. 9. Установка оборудования на облегченных подкладках; 1 — ребро станины; 2 — выверяемая станина; 3 — облегченная подкладка; 4 — фундаментный болт; 5, 6 — подкладка соответственно вспомогательная и опорная

Сущность этого способа заключается в том, что нагрузки от машины на фундамент передается через подливку. Частично она передается и через подкладки, что обычно в расчетах не учитывается.

При бесподкладочном способе оборудование устанавливают предварительно на специальных выверочных домкратах, фундаментные болты затягивают до достижения в них напряжения 180—220 кгс/см^2, но чтобы оборудование было выверено с превышением от номинального уровня на 0,2—0,3 мм и не было коробления выверяемой станины. После схватывания раствора

и достижения им прочности 60—70 % семидневной нормы выверочные домкраты удаляют, ниши заделывают бетоном и фундаментные болты затягивают на номинальную нагрузку.

Недостатком такого способа установки оборудования является необходимость: выгородки выверочных устройств; иметь в запасе значительное количество выверочных устройств, хранение которых требует определенных затрат; контролирования качества подливки; повторной затяжки фундаментных болтов, уборки выверочных устройств и заделки ниш.

Для оборудования транспортных рольгангов шлепперов и других технологических агрегатов предпочтителен способ монтажа оборудования на сокращенном количестве подкладок или на облегченных подкладках. При этом отпадает необходимость в устройстве выгородок и последующей уборке выверочных устройств, заделке ниш.

При использовании пакетов плоских подкладок допускаемая удельная нагрузка от подкладок на бетон увеличивается до 100 кгс/см^2, и устанавливаются они только у части фундаментных болтов. Допускается установка подкладок под ребра, что снижает их массу и упрощает выверку.

Установочные болты, встраиваемые в станину машины, существенно упрощают выверку оборудования (**рис. 10**). Под выверочный болт устанавливается стальная пластина с опорной площадью, равной десятикратной площади этого болта. Болт промасливают минеральным маслом. После выверки оборудования его законтргаивают гайкой и станину подливают. Болт через 2—3 дня может быть вывернут, а фундаментные болты затянуты на проектную нагрузку. При отсутствии установочных болтов их можно заменить винтовыми подкладками (**табл. 3**), которые могут быть использованы и для передачи полной или частичной нагрузки от станины на фундамент через подкладки.

Стоимость 1 т винтовых подкладок в 3—4 раза выше стоимости плоских, но так как масса одной винтовой подкладки в 2,5—3 раза меньше массы пакета плоских подкладок, то их стоимость примерно одинакова.

Эффективен способ установки и выверки оборудования на выверочных гайках (**рис. 11**), но он требует повышенной точности установки фундаментных болтов и нарезания резьбы на всей длине, выступающей над бетоном части болта. Положение станины по вертикали регулируется за счет упругой и пластичной деформации тарельчатой шайбы.

В ряде случаев может быть использован способ установки оборудования на жестких подкладках (**рис. 12**). На поверхности фундамента в форму заливается бетонная смесь, на которую укладывается стальная пластина. Пластину выверяют по вертикали приспособлением 2.

Тип используемых подкладок, их количество и расположение на фундаменте определяется монтажно-установочным формуляром, разрабатываемым ГПП монтажного управления или треста При отсутствии такого формуляра и специальных указаний подкладки укладывают у каждого фундаментного болта размером до М30, а свыше — по обеим сторонам болта. т.е. с расчетом передачи нагрузки от основания машины на фундамент через подкладки. При этом площадь подкладки, опирающейся на фундамент, должна быть равна 20-кратной площади поперечного сечения фундаментного болта.

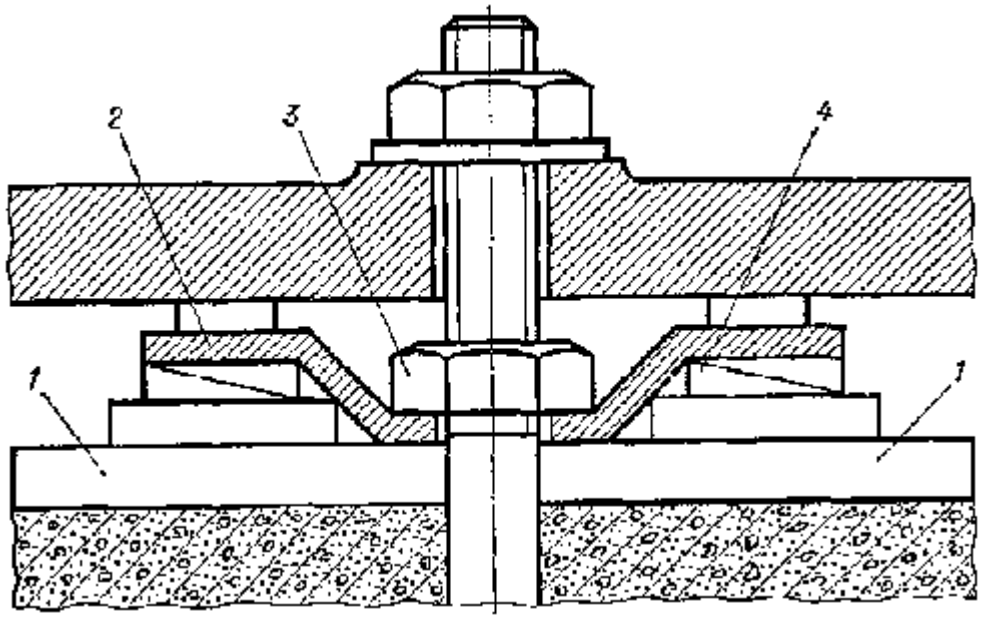

Рис. 10. Установочные болты, встроенные в оборудование:
1 — выверочный болт; 2 — гайка; 3 - стальная пластина

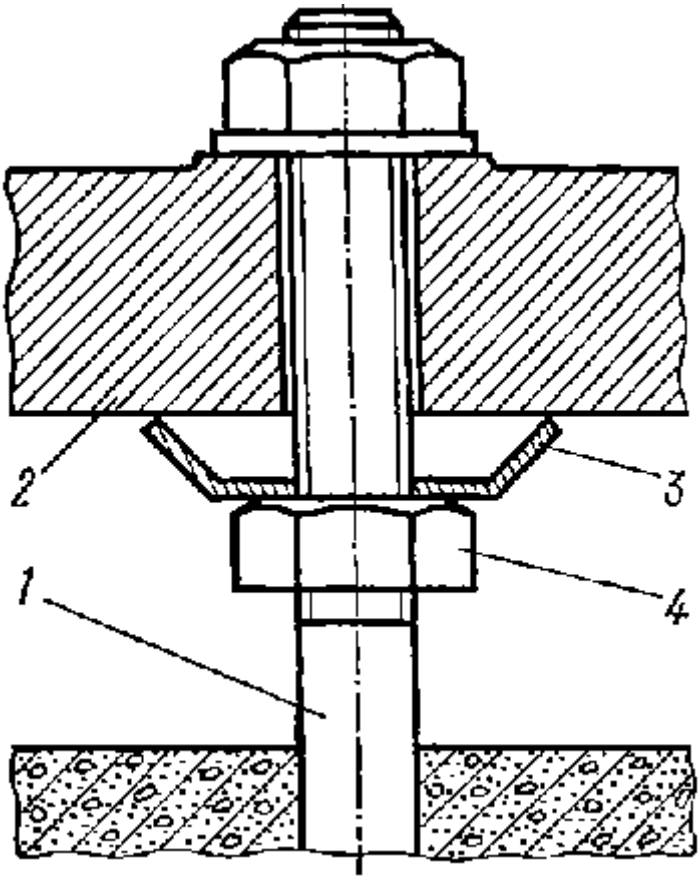

Рис. 11. Установка оборудования на выверочных гайках:
1 — фундаментный болт; 2 —станина: 3 — тарельчатая шайба;
4 — выверочная гайка

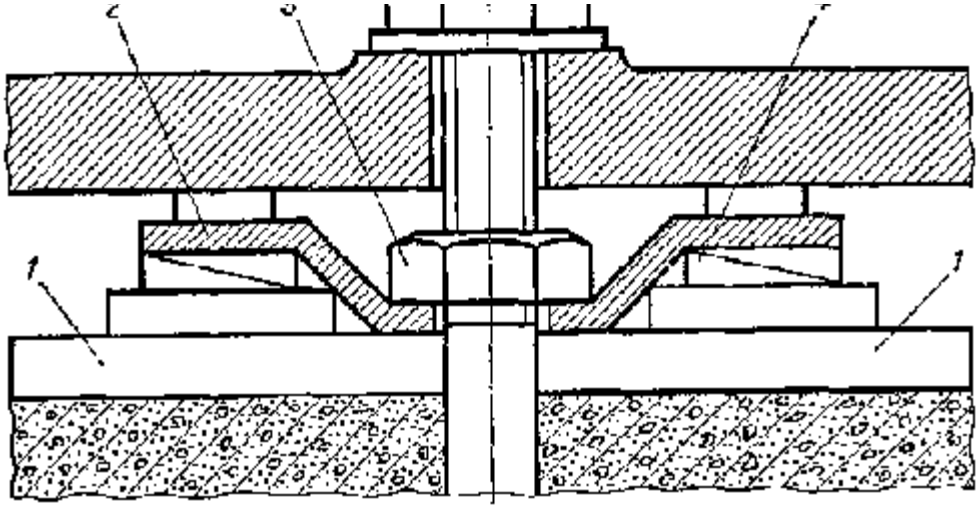

Рис. 12. Установка оборудования на жестких подкладках:
1 — фундамент; 2 — выверочное приспособление; 3 — форма; 4 — бетонная смесь; 5 — стальная пластина; 6 — фиксирующее устройство

ТАБЛИЦА 3.

ВИНТОВЫЕ ПОДКЛАДКИ ДЛЯ УСТАНОВКИ И ВЫВЕРКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Типоразмер подкладки	Размеры, мм					Момент закручивания, кгс·см	Допускаемая нагрузка, кгс	Масса, кг
	BxB, мм	S, мм	δ, мм	$h_{мин}$, мм	B, мм			
M20	55	10	8	37	23	490	2200	0,35
M24	65	12	10	44	28	690	3100	0,73
M30	90	14	12	55	35	1560	5000	1,4
M36	100	16	14	64	42	3690	7300	2,2
M42	120	18	16	73	48	4420	11000	3,55
M48	140	20	18	84	55	6930	13000	5,3

Сборка и монтаж механического оборудования производятся с определенными допусками геометрических размеров: конструктивно-технологических разъемов, корпусных деталей, оснований машин и их узлов; кинематических связей трансмиссионно-силовых звеньев; производственно-технологических связей между исполнительными механизмами и машинами автоматизированных технологических линий; габаритно-планировочных.

Оформление конструктивно-технологических разъемов должно производиться с расчетом осуществления их сборки без подгонки и обеспечения заданных размеров. Способы контроля и допуски точности сборки и монтажа должны быть указаны в рабочих чертежах. Отклонение от заданных размеров собранных узлов обычно является следствием их некачественного изготовления.

Точность сборки конструктивно-технологических разъемов, рам и корпусных деталей определяет точность сопряжений устанавливаемых на них кинематических пар.

При необходимости определения соответствия собранного механизма своему функциональному назначению определяют

фактические отклонения сопряжений кинематических узлов, сравнивая их с нормативными допусками для данного вида изделия.

Требования к точности сборки кинематических пар определяются стандартными допусками, которые указываются в рабочих и сборочных чертежах. В процессе предмонтажной ревизии и укрупнительной сборки возникает необходимость в контроле точности изготовления некоторых деталей и сопряжения кинематических пар. При отсутствии рабочих чертежей пользуются стандартными таблицами допусков.

В объем монтажных работ входит сборка открытых зубчатых, цепных и ременных передач, подшипников качения и скольжения, трансмиссионных узлов, напрессовка и сборка муфт, взаимная прицентровка различных приводов и исполнительных механизмов, основанием которых является фундамент. Допуски на монтаж перечисленных узлов даны в **табл. 4**, **табл. 5**, **табл. 6.**

ТАБЛИЦА 4.

ДОПУСКАЕМЫЕ ПЕРЕКОСЫ ОСЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, НЕПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ И МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ПЯТНА КАСАНИЯ

Категория передачи	Перекос, мкм, при ширине зубьев, мм			Пятно касания зубьев, %, не менее	
	110-160	160-250	250-400	по высоте	по ширине
Точная	10	12	14	45	60

Тихоходная	25	30	38	30	40
Открытая	40	53	60	20	25

Примечание:

Пятно касания должно располагаться симметрично относительно высоты и ширины зубьев.

Наиболее широко для соединения узлов машин или агрегата используются зубчатые муфты типа МЗ, отличающиеся надежностью в работе при значительных перекосах и смещениях. Модификацией муфты МЗ являются муфты МЗП и МЗП1 (**рис. 13**). Допуски на центровку указанных муфт приведены в **табл. 7.**

Таблица 5.

Допускаемые отклонения, ± мкм, межцентровых расстояний зубчатых передач (по ГОСТ 1643—72)

Категория передачи	Межцентровое расстояние, мм				
	120-200	200-320	320-500	500-800	800-1250
Точная	50	65	75	100	130
Тихоходная	90	105	125	160	210
Открытая	125	160	200	250	320

Таблица 6.

Допускаемые перекосы осей и параллельные смещения шкивов клиноременных и звездочек цепных передач

Вид передачи	Перекос осей, мм/м	Смещение шкивов, мм/м
	Частота вращения в 1 мин, до	

	500	1500	3000	500	1500	3000
Клиноременная	10	5	2	5	2	1,5
Цепная	5	3	1	3	2	1

Примечание:

1. *Параллельное смещение определяется углом между плоскостью диаметрального сечения шкива и прямой, проходящей через центры этих сечений обоих шкивов.*
2. *Допуск на смещение шкивов дан для расстояния между центрами шкивов в 1 м и рассчитывается пропорционально фактическому расстоянию.*

В **табл. 8** приведены допуски на другие конструкции соединительных муфт, используемых в различных механизмах и установках.

В **табл. 9** даны допуски на выверку плоскостей деталей и узлов, определяющих положение сопрягаемых с ними узлов и деталей, имеющих кинематические пары и звенья, точность установки которых определяет работоспособность или соответствие машины функциональному назначению.

Плоскости выверяют относительно поверхности земли с использованием построенных на этом принципе слесарных уровней в комбинации с выверочными линейками или нивелиров.

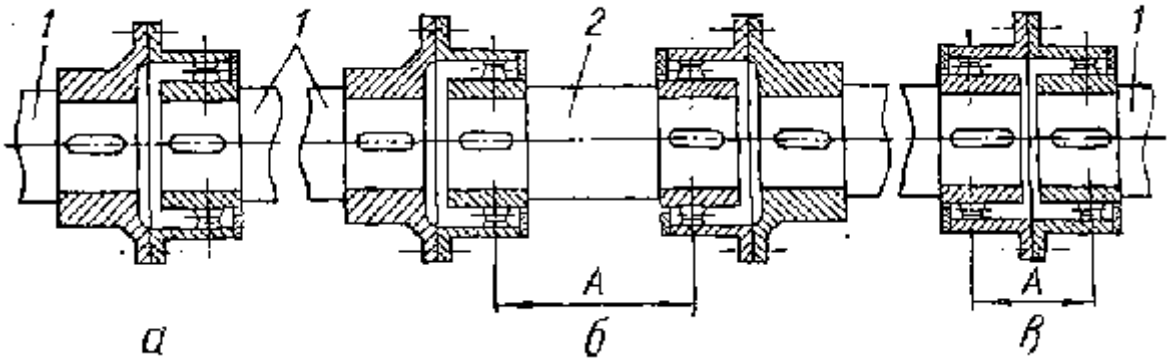

Рис. 13. Зубчатые соединительные муфты:
а — МЗП1; б - МЗП; в — МЗП; 1 — валы механизма; 2 — промежуточный вал; А — база муфты.

ТАБЛИЦА 7.

ДОПУСКАЕМЫЕ ПЕРЕКОСЫ И СМЕЩЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ МУФТ (СМ. РИС. 13)

Диаметр соединяемых валов, мм, до	Номер муфты	Смещение, мм		
		МЗ	МЗП	МЗП1
80	1-5	0,4	0,003·*A*	0,1
200	6-10	1	0,003·*A*	0,1
340	11-14	1,5	0,003·*A*	0,15
500	15-18	2	0,003·*A*	0,2

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. *Перекос для муфт МЗ и МЗП составляет 3 мм/м, для муфты МЗП1—1,5.*
2. *При частоте вращения вала менее 1000 об/мин допуски увеличиваются на 25, а менее 500—на 50%.*

Небольшие сплошные поверхности, а также плоскости наклонных и горизонтальных поверхностей могут выверяться с использованием линеек и щупов. Вертикальные плоскости также выверяют относительно поверхности земли с использованием рамных уровней или теодолитов.

Ниже приводятся допуски на взаимную выверку механизмов, и узлов, составляющих транспортные агрегаты:

1. Рольганг с цилиндрическими роликами:
   - перепад уровней между роликами - 1 мм/м
   - наклон и перекос осей относительно направления движения - 1 мм/м
   - максимальный перепад уровней - 3 мм
   - смещение от оси направления движения - 5 мм
2. Рольганг с желобчатыми роликами:
   - перепад уровней между роликами - 1 мм/м
   - наклон и перекос осей относительно направления движения - 1 мм/м
   - максимальный перепад уровней - 3 мм
   - смещение от оси направления движения - 1,5 мм
3. Сбрасыватели, толкатели, манипуляторы, пакетирующие столы и т. п.:
   - перекос и наклон осей и поверхностей - 1 мм/м
   - максимальный перепад поверхностей - 2 мм
   - смещение относительно осей - 3 мм
   - общее смещение по вертикали - 3 мм

ТАБЛИЦА 8.

ДОПУСКАЕМЫЕ ПЕРЕКОСЫ И СМЕЩЕНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

Вид муфты	Перекос, мм/м			Смещение, мм/м		
	Частота вращения в 1 мин, до					
	500	1500	3000	500	1500	3000
Втулочно-пальцевые	5	0,3	0,2	0,5	0,3	0,1
Пружинные	6	4	2	1	0,5	0,2
С текстолитовым вкладышем	4	2	1	0,4	0,2	0,1
С резиновым вкладышем	5	3	2	0,8	0,4	0,2
Цепные	6	3	1,5	0,4	0,2	0,1

Точность первоначальной установки оборудования определяется качеством монтажа фундаментных болтов и соответствием их размещения крепежным отверстиям основания машины.

Для компенсации неточности установки болтов и обеспечения возможности выверки оборудования без подгибания болтов диаметры крепежных отверстии и фундаментных болтов выполняются с разницей 5—8 мм.

Выверка оборудования связана с перемещением его в горизонтальной плоскости и по вертикали с точностью до 0,1 мм. Для этого используются различные устройства и приспособления, рассчитанные на перемещение вертикали на 20—25 и в горизонтальной плоскости до 10—15 мм.

ТАБЛИЦА 9.

ДОПУСКАЕМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Виды плоскостей	Уклон, мм/м	Максимальный перепад уровней, мм
Плоскость разъёма редукторов	0,02	0,05
Направляющие: станков шлепперов толкателей прессов, ножниц и т.п.	 0,02 0,5 0,5 0,2	 0,02 1,5 1,0 0,2
Плитовины станин прокатных станов	0,03	0,03
Привалочные поверхности станин прокатных клетей	0,02	0,1

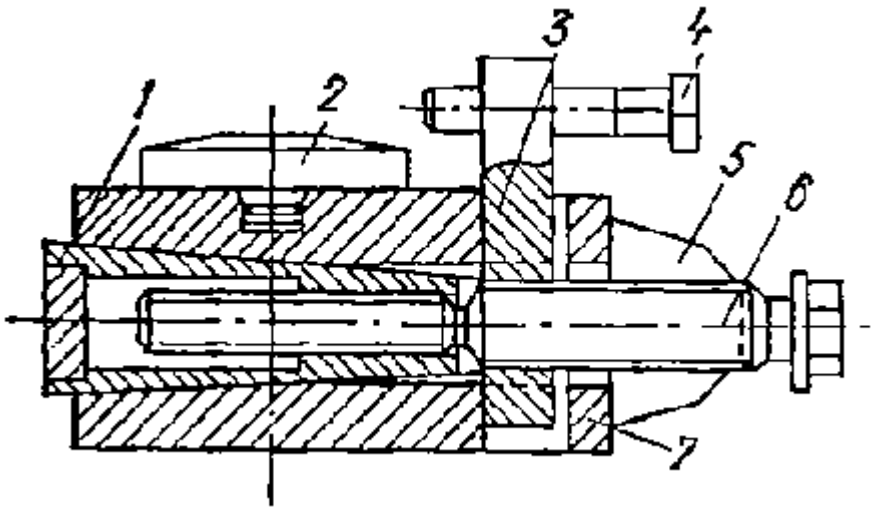

Рис. 14. Клиновой выверочный домкрат:
1 — подвижный клин; 2 — сферическая опора; 3 — гайка; 4 — винт горизонтального перемещения; 5 — соединительная накладка; 6 — приводной винт; 7 — внешние клинья.

Простейшими регулировочными устройствами являются отжимные винты, винтовые и клиновые подкладки.

Для выверки оборудования применяются специализированные домкраты, из которых наиболее распространен домкрат с лапой. Известны также малогабаритные гидравлические домкраты. Перечисленные устройства не рассчитаны на дозированное перемещение оборудования в горизонтальной плоскости.

На **рис. 14** показан малогабаритный встречно-клиновой выверочный домкрат, рассчитанный как на вертикальное, так и на горизонтальное перемещение монтируемой станины. Такие домкраты позволяют упростить выверку оборудования. Под выверяемый узел, предварительно установленный на регулируемые подкладки, подводятся домкраты, которыми производится его выверка, и фундаментные болты затягиваются на 40— 50 % номинальной нагрузки (**рис. 15**). Затем нагрузка от узла передается на подкладки, и разгруженные домкраты удаляются из-под станины узла. Оборудование подливается в соответствии с принятым способом монтажа.

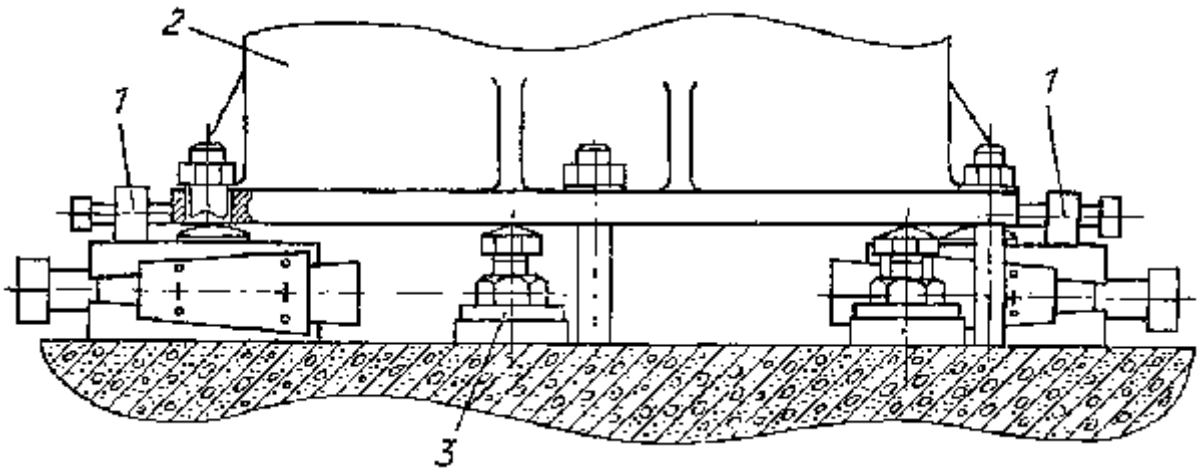

Рис. 15. Выверка оборудования на выверочных домкратах:
1 — выверочный домкрат; 2 — выверяемая станина; 3 — винтовая подкладка

В процессе передачи нагрузки с домкратов на подкладки необходимо контролировать стабильность положения оборудования. Выверять оборудование этим способом целесообразно с использованием в качестве подкладок отжимных винтов или винтовых подкладок, позволяющих передавать нагрузку с домкратов на подкладки без смещения выверенного оборудования. Для этого используются и другие конструкция выверочных домкратов: зубчато-винтовой, шарико-винтовой, домкрат с лапой на шаровой опоре. Характеристики выверочных домкратов с механическим приводом приведены в **табл. 10**.

Выверка оборудования сводится к установке его рабочих органов в заданное проектом положение относительно осей здания или фундамента, заданных геодезическим обоснованием. Точность установки машины относительно геодезической оси определяется технически обоснованной точностью ее связи с другой машиной, выверяемой относительно этой 'же оси. Если выверка двух связанных между собою машин может быть выполнена непосредственно, то привязка первой машины к геодезической оси выполняется с допуском 1—3 мм. Если машина или агрегат состоят из нескольких узлов, связанных между собой кинематически, то предварительно привязывают к геодези-

ческой оси и выставляют наиболее громоздкий узел, к которому прицентровывается наибольшее количество механизмов, входящих в агрегат. Если заданная точность взаимной прицентровки механизмов, входящих в агрегат, менее 1 мм (1 мм/м), то выверка последующих механизмов и узлов производится относительно осей центрального (базового) узла.

Таблица 10.

Характеристика домкратов для выверки оборудования конструкции ВНИИ Монтажспецстроя

Наименование домкрата	Грузоподъёмность, т	Вертикальный ход, мм	Минимальная высота захвата, мм	Перемещение в горизонтальной плоскости, мм	Масса, кг
Зубчато-винтовой	3	20	60	±5	7,5
Шарико-винтовой	3	20	90	±10	6,5
Встречно-клиновой	5	15	60	±10	7
На шаровой пяте	5	70	40	±3	8
Выверочная скоба	2	30	40	±5	2

Механизмы и машины, входящие в агрегат и имеющие технологические связи, не требующие большой точности прицентровки (допуск до 1 мм), могут при выверке привязываться к геодезической оси или к осям связанной с ними машины по выбору монтажника.

Требуемая точность выверки механизмов, входящих в агрегат, указывается в монтажно-установочном формуляре. Там же указываются поверхности и оси узлов, относительно которых производится выверка.

Высокая точность требуется при выверке механических систем типа прокатных станов или автоматических линий для операционной отработки заготовок или деталей, объединяемых фундаментом.

Отдельный механизм агрегата включает в себя привод, редуктор, трансмиссию и исполнительный орган. В таком механизме за центральный узел принимается обычно редуктор, к которому прицентровываются электродвигатель с тормозом с одной стороны и с другой — трансмиссия или исполнительный орган. Если трансмиссия представляет собой многоопорный вал, например, привод шлеппера, то первым выставляют вал, к которому прицентровывают остальные узлы.

Выверка редуктора обычно сводится к установке его в горизонтальное положение. За базу выверки принимаются оси валов и плоскость разъема. Чаще выверку производят по плоскости разъема. На корпусах редукторов практикуется устройство выверочных площадок, которые облегчают выверку, так как исключают необходимость разборки редуктора для вскрытия плоскости разъема. При их отсутствии редукторы выверяют по выходным валам. Продольный наклон редуктора, совпадающий с прямой, перпендикулярной к осям валов в плоскости разъема, обычно может быть допущен до нескольких мм/м.

Установка осей валов в горизонтальной плоскости может быть осуществлена при помощи стрелки, закрепляемой на валу редуктора (**рис. 16**). Проворачивая вал, при отсутствии продольного люфта в подшипниках, устанавливают стрелку в нижнем положении и подводят к ней отвес, а затем, проворачивая в верхнее положение, измеряют зазор Δ между концом стрелки и отвесом, по которому определяется необходимое изменение Толщины подкладки. Продольный наклон редуктора заменяется нивелиром по рейкам (с учетом диаметров валов, на которые они установлены).

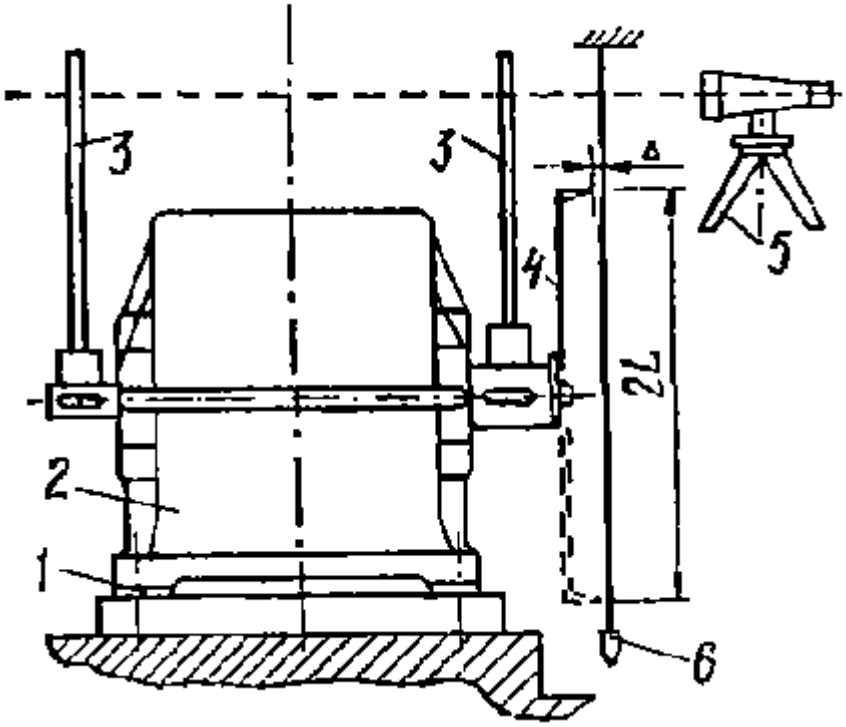

Рис. 16. Схема выверки редуктора по концам валов:
1 — подкладка; 2 — редуктор; 3 — геодезические рейки; 4 стрелка; 5 — нивелир; 6 — отвес; L — длина стрелки; Δ — зазор от перекоса

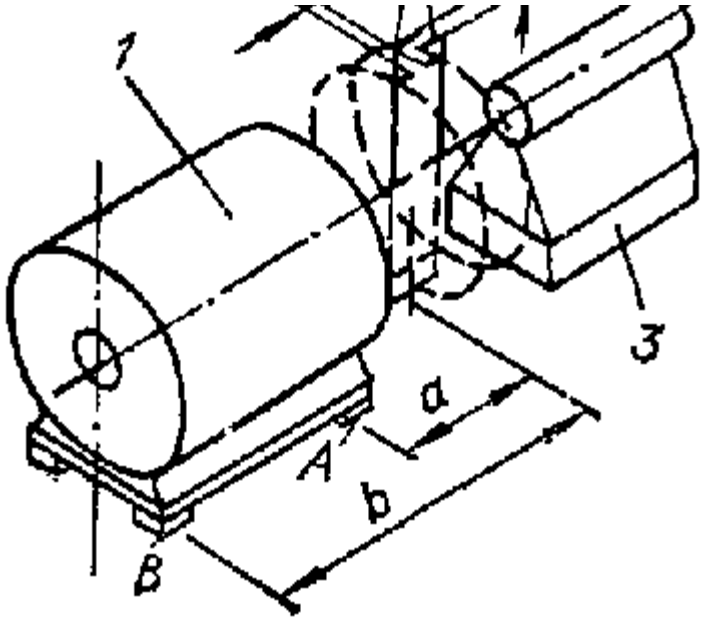

Рис. 17. Схема центровки валов:
1 — элеткрический мотор; 2 — выверочные стрелки; 3 — подшипниковый узел; a — расстояние от разъема муфт до опоры А; b — то же до опоры В

С максимально возможной точностью должны быть прицентрованы валы, кинематически связанные между собой. Оси валов, соединяемых между собой соединительными муфтами, должны быть выверены до совпадения их между собой с допуском, определяемым компенсационными способностями муфты.

Самым распространенным способом центровки валов является выполнение замеров перекоса и смещения по стрелкам, укрепляемым на центрируемых валах. Стрелка, закрепленная на валу, при его вращении, в случае отсутствия упругого прогиба, описывает в пространстве окружность, перпендикулярную к оси вала (**рис. 17**). Чтобы свести к минимуму прогиб стрелки, снижающей точность центровки, она должна быть по возможности короткой и обладать достаточной жесткостью.

Центровку можно проверять по торцам муфт при условии, что они изготовлены и насажены на вал концентрично. Для центровки наиболее успешно применяются устройства, закрепляемые на муфтах струбцинами или магнитными присосками. Для замера отклонений применяются индикаторные головки часового типа. В зависимости от конструкции крепления они допускают точность замера до 0,05 мм. Более широко для замера зазоров при центровке используют щупы, но точность этих замеров не высока.

Хорошую точность замеров дает стрелка с использованием микрометрического винта (**рис. 18**).

Вначале валы центруют в вертикальной плоскости, так как это связано с укладкой под опоры центрируемого узла прокладок. После этого центруются валы в горизонтальной плоскости простым перемещением центрируемого узла по основанию.

Изменение толщины прокладок, необходимое для центровки в вертикальной плоскости, рассчитывают по перекосу $\Delta_п$ и смещению $\Delta_с$ валов. Параллельное смещение валов устраняется заменой прокладок одинаковой толщины под всеми опорами. Изменение толщины прокладок равно полуразности зазора $\Delta_с$:

$$\delta_c = \frac{\Delta_c}{2}$$

где δ_c — зазор под опорой электромотора от смещения, мм.

Изменения толщины прокладок для устранения перекоса определяются по формулам

$$\delta_A = \frac{\Delta_\pi a}{2c}$$

$$\delta_B = \frac{\Delta_\pi h}{2c}$$

где δ_A , δ_B—зазоры под опорой А и В от перекоса; с —длина стрелки.

Если зазор $\Delta_п$ получается при нижнем положении стрелки, а Δ_c — при верхнем, то изменение толщины прокладок будет равно

$$\delta'_A = \delta_A + \delta_C$$

$$\delta'_B = \delta_B + \delta_C$$

где δ'_A, δ'_B — суммарные зазоры под опорами А и В от перекоса и смещения.

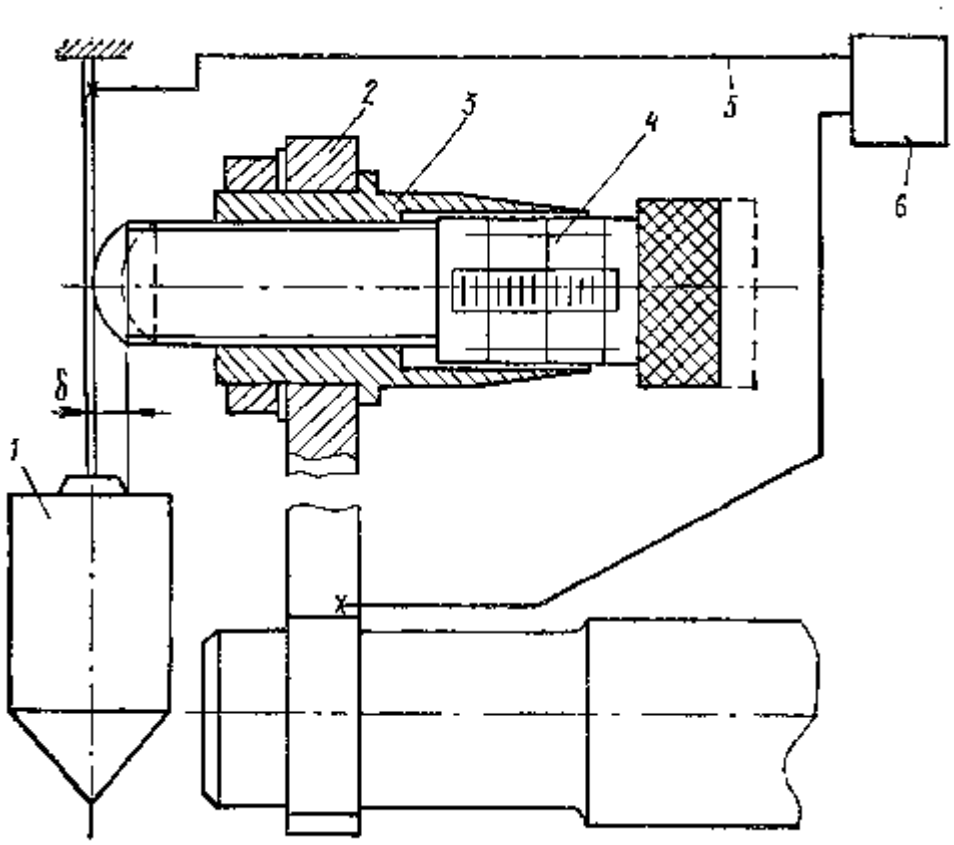

Рис. 18. Стрелка с микрометрическим винтом для центровки валов:
1 — отвес; 2 — стрелка: 3 — микрометрическая гайка; 4 — микрометрический винт; 5 — электропроводники; 6 — электросигнали-

Если зазоры будут получены при обратном размещении стрелок, то толщины прокладок под опорами А и В должны быть уменьшены на δ'_A, δ'_B .

Если оба зазора получаются при одинаковом размещении стрелок, то полученные значения δ вычитаются:

$$\delta'_A = \delta_A - \delta_C$$
$$\delta'_B = \delta'_B - \delta_C$$

Определение толщин прокладок для центровки механизма в вертикальной плоскости относительно зазорного узла упрощается с использованием табл. 11.

Таблица 11.

Схема определения толщины прокладок для центровки механизма в вертикальной плоскости (см. рис. 17)

Зазоры выверочных стрелок		Толщина прокладок		Формулы
		δ_A	δ_B	
Δ_c	в	−	−	$\delta_c = \pm\frac{\Delta_c}{2}$
	и	+	+	
Δ_n	в	+	+	$\delta_A = \frac{\Delta_c a}{2c}$; $\delta_B = \frac{\Delta_c b}{2c}$
	и	−	−	
Σ	δ'	±	±	−

Примечание:

Примечание, в, и — зазоры вверху и внизу относительно оси выверки.

Пример (см. рис. 17)

Базовый узел 3

Обмером устанавливаем: a=220 мм; b=670 мм; c=180 мм; зазор от смещения вверху $\Delta_{с.в.}$= 3,5 мм; зазор от перекоса внизу $\Delta_{п.н.}$= 4,5 мм.

$$\delta_{cA} = \frac{-3{,}5}{2} = -1{,}75 \text{ мм}$$

$$\delta_{cB} = -\frac{3{,}5}{2} = -1{,}75 \text{ мм}$$

$$\delta_A = \frac{-4{,}5*220}{2*18} = -2{,}75 \text{ мм};$$

$$\delta_B = -\frac{4{,}5*670}{2*180} = -8{,}37 \text{ мм}$$

$$\delta'_A = -1{,}75 - 2{,}75 = -4{,}5 \text{ мм}$$

$$\delta'_B = -1{,}75 - 8{,}37 = -10{,}1 \text{ мм}$$

где δ_{cA}, δ_{cB}—зазоры под опорами A и B от смещения.

Зазоры следует определять при затянутых болтах, крепящих центрируемый узел. Отцентрованный узел следует закрепить от смещения фиксаторами, если он крепится к металлической раме. Центровку многоспорных трансмиссионных валов следует производить с использованием нивелира, теодолита и слесарного уровня. При помощи нивелира и слесарного уровня устанавливают опоры подшипников в горизонтальной плоскости, а теодолитом совмещают оси подшипников. Точность установки подшипников проверяют укладыванием валов и замером щупом зазоров между валом и подшипниками (для подшипников скольжения) или между обоймами подшипников и опорами (для подшипников качения). Точность установки составных многоопорных валов, соединяемых промежуточными соединительными муфтами, проверяют их центровкой.

Выверка роликов рольгангов в горизонтальной плоскости производится с помощью нивелира или уровня и поверочной линейки, а установка роликов перпендикулярно к направлению движения — с помощью проволочной оси, натягиваемой параллельно направлению транспортирования, и стрелки, закрепляемой на роликах рольганга (**рис. 19**).

Точность выверки станин и направляющих, на которых устанавливаются узлы с кинематическими связями, контролируют высокоточными нивелирами с плоскопараллельными пластинами. Для поперечной выверки направляющих пользуются слесарными уровнями. Взаимная выверка плитовин под прокатные клети выполняется с помощью контршаблонов.

Способы выверки сложных узлов, определяющих работоспособность агрегата, разрабатываются в монтажно-установочных формулярах.

Для контроля точности выверки оборудования используются: метры; рулетки с миллиметровым делением; устройства для центровки валов; отвесы; стрелки; стальные струны; шаблоны; слесарные уровни (рамные, брусковые и с микрометрическим винтом); поверочные линейки; гидростатические уровни; нивелиры; теодолиты.

Наибольшую точность контроля выверки дают высокоточные нивелиры и теодолиты. Однако для их обслуживания требуется квалифицированный персонал. Эти приборы применяют для монтажа крупных агрегатов и выверки базовых узлов.

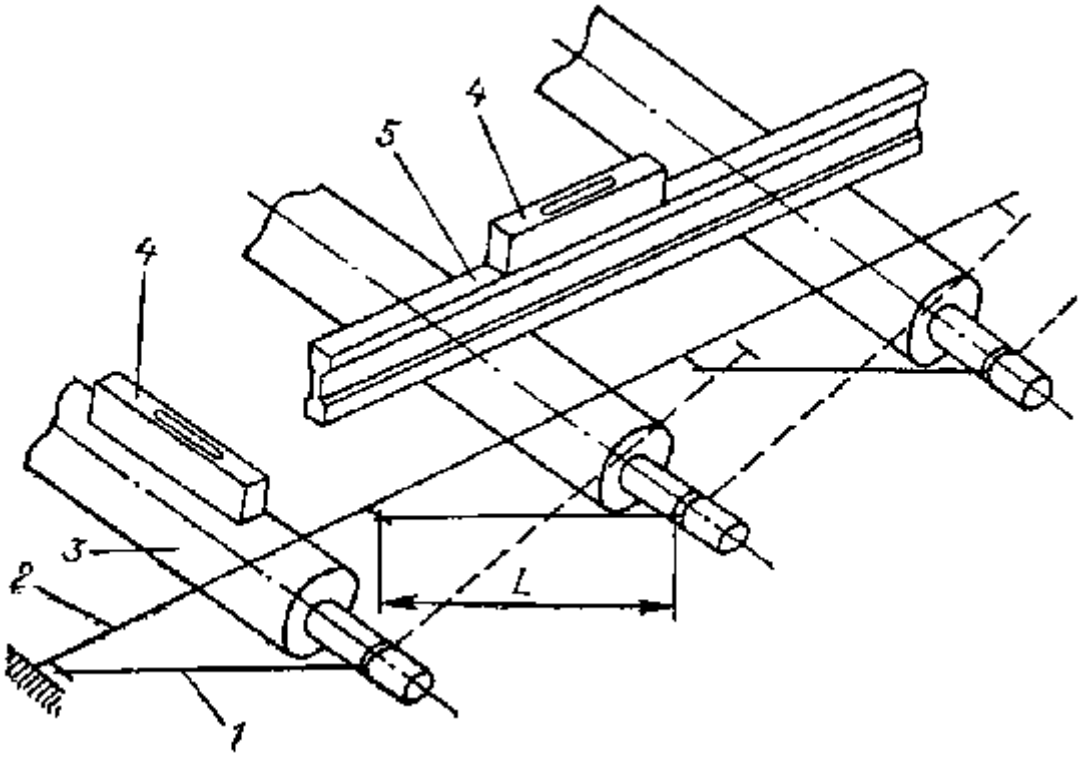

Рис. 19. Выверка роликов рольгангов:
1 — выверочная стрелка длиной L; 2 — стальная проволока; S — ролик рольганга; 4 — слесарные уровни; 5 — поверочная линейка

Большая часть оборудования может быть выверена с помощью технических нивелиров. Наиболее часто употребляемые нивелиры и теодолиты для контроля точности монтажа приведены в **табл. 12**.

Поверочные линейки используются в комбинации со слесарными уровнями для выверки оборудования с базой до 5 м. Линейки устанавливают на выверяемые точки симметрично, а уровень размещают на середине линейки, чтобы исключить искажения замеров от ее прогиба. Показания слесарного уровня следует снимать дважды, разворачивая его на 180°. Гидростатический уровень, выпускаемый заводом «Калибр» (Москва)

дает точность показаний 0,02—0,05 мм. Для обеспечения стабильных показаний необходимо шланг, соединяющий головки уровня, укладывать горизонтально и выбирать его длину минимально возможной.

Способ закрепления выверенного оборудования фундаментными болтами определяется способом его установки на фундаменты. При установке оборудования с передачей нагрузки на фундамент через подкладки фундаментные болты затягиваются на проектную нагрузку до достижения в них напряжения σ=1400 кгс/см^2. Контроль передачи нагрузки на подкладки осуществляется обстукиванием их молотком. Пакеты плоских подкладок свариваются во избежание смещений при приложении динамических нагрузок.

Таблица 12.

Оптико-геодезические приборы, используемые для контроля точности монтажа оборудования

Тип	Класс точности	Точность измерений, мм, на расстоянии, м, до					
		с рейкой с миллиметровым делением		с микрометрической рейкой		с маркой	
		10	20	10	20	10	20
Нивелиры							
Н-05	Высокоточный (0,5 мм на 1 км двойного хода)	0,05	0,1	0,05	1	0,03	0,06
Н-1	Точный (1 мм на 1 км двойного хода)	0,08	0,15	0,08	0,15	0,05	0,08
Н-3	Технический (3 мм на 1 км двойного хода)	0,15	0,3	0,1	0,2	0,08	0,15
Н-10	Технический (10 мм на 1 км двойного хода)	0,25	0,5	0,15	0,3	0,1	0,2
Теодолиты							
Т-2	Точный ±2”	0,15	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2
Т-5	Точный ±5”	0,3	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4

Т-15	Технический ±15”	0,85	1,7	0,65	1,3	0,65	1,3
Т-30	Технический ±30”	1,6	3,2	1,2	2,4	1,2	2,4

Тахеометр GeoMax
(FLV, 18,5 МБ)

Trimble M3 – видеоинструкция по работе с тахеометром
(FLV, 31,2 МБ)

Линейный лазерный нивелир Bosch PCL 20 set
(FLV, 7,5 МБ)

Перед сдачей в эксплуатацию оборудование прокручивают, испытывают под нагрузкой, налаживают по заводской инструкции с заполнением формуляров. В процессе прокрутки проверяется его работоспособность, качество изготовления и монтажа, нагрев трущихся кинематических пар, работа смазочных устройств.

После завершения прокрутки и испытания составляется акт о завершении монтажных работ и сдаче оборудования в комплексное опробование или эксплуатацию.

1.8 Способы производства специальных видов монтажных работ

В комплекс технологического оборудования входят крупногабаритные тяжеловесные агрегаты с расположением центра тяжести их массы на значительной высоте от уровня монтажной площадки. Трудоемкость монтажа такого оборудования зависит от произведения массы агрегата на расстояние до центра тяжести от уровня площадки. Монтаж агрегатов, у которых эта величина составляет 300 т•м и более осуществляется следующими способами: поузловым — с установкой в проектное положение поступающих на монтаж транспортабельных узлов; крупноблочным — с предварительным укрупнением узлов или полной сборкой агрегата на специальной площадке.

Первый способ допускает использование для подъема и установки в проектное положение монтируемых блоков универсальное грузоподъемное оборудование, но связан с выполнением большого объема сборочно-подгоночных работ на высоте с низкой производительностью и ущербом для их качества.

Второй способ позволяет с более высоким качеством и низкими трудозатратами собрать оборудование, но требует высоких затрат на подготовку работ. К оборудованию, монтируемому специальными способами, относятся мостовые и козловые краны, агрегаты,- устанавливаемые на кровле промышленных зданий или в местах, не обслуживаемых грузоподъемными

машинами, аппараты и конструкции вертикального типа и т. п. Крупноблочный монтаж оборудования, поставляемого с повышенной заводской готовностью или предварительным укрупнением, обладает существенными технико-экономическими преимуществами. Объем использования этого способа определяется возможностями доставки на монтаж, а также подъема и установки в проектное положение крупногабаритных блоков массой от 20 до 200 т с расположением их центров тяжести от 10 до 40 м от уровня площадки. Для этого используют табельные подъемно-транспортные средства в режиме повышенной грузоподъемности, несущие способности конструкций зданий и сооружении, каркасы монтируемых агрегатов или специализированные автономные системы.

1.9 Поузловой способ монтажа

Поузловым способом в основном монтируют мостовые краны. Они входят в состав оборудования почти каждого промышленного предприятия. Количество мостовых кранов на одном объекте обычно невелико, и их монтаж поручают организациям, монтирующим технологическое оборудование. Мостовые краны монтируют с использованием для подъема их на подкрановые пути монтажных мачт, полиспастов, увязанных за стропильные фермы или колонны цеха, монтажных кранов.

На выбор схемы монтажа мостовых кранов влияют следующие факторы: стадия строительства цеха и его конструктивные особенности, конструктивная схема крана и масса его узлов, наличие грузоподъемных средств. Большинство промышленных цехов оснащается мостовыми кранами общего назначения грузоподъемностью до 50 т, устанавливаемыми на подкрановые

пути с отметкой до 14 м. На монтажную площадку такие краны обычно поступают четырьмя основными блоками: две мостовые балки; грузоподъемная тележка; кабина управления.

Масса наиболее тяжелого узла этих кранов составляет не более 20 т. Они эффективно монтируются стреловыми мобильными кранами типа МКГ-25. Подъем узлов крана на подкрановые пути является наиболее ответственной и сложной частью их монтажа и производится в следующей последовательности (рис. 20): строповка и установка поочередно на подкрановые пути балок моста на расстоянии одна от другой 6—8 м; строповка, и подъем между балок тележки крана выше подтележечных путей на 100—150 мм (стрела крана при том устанавливается между балок параллельно их осям); сведение балок моста; установка тележек на подтележечные пути и соединение балок между собой; подвешивание кабины крана; полная сборка и выверка моста крана и крана в целом.

Имеются конструктивные разновидности мостовых кранов, у которых концевые балки с катками передвижения крана выполняются отдельными узлами. При этом вначале поднимают концевые балки, на которые устанавливают одну из балок моста. Поднимают и временно закрепляют на балке моста и концевой балке тележку крана, а за ней вторую балку моста. Затем стрелу монтажного крана заводят между балками моста и на подтележечные пути устанавливают крановую тележку.

Установка крана на подкрановые пути может быть выполнена за одну рабочую смену бригадой монтажников из 5 - 7 чел. Полные трудозатраты составляют около 30 чел.-смен.

При наличии монтажного крана со стрелой с гуськом тележку можно установить сбоку крана после полной сборки моста. Но при этом иногда приходится вырезать, а затем устанавливать обратно часть обслуживающей площадки для прохода стрелы монтажного крана с застропленной тележкой. Перед окончательной сборкой монтажных стыков моста обмером определяют (**рис. 21**): разность диагоналей между равноудаленными точками на осях концевых балок (не должна превышать 3 мм); перекос диаметральных плоскостей ходовых колес относительно

оси подкрановых путей (должен быть не более 1 мм на 1 м), разность расстояний между осями подкрановых (и под- тележечных) путей и осями соответствующих ходовых колес (должна быть не более 5 мм); перекос общей оси ходовых колес одной стороны относительно другой (должен быть не более 1 мм на 1 м и не более 5 мм на всей длине).

Для обмера кран устанавливают на выверенный участок подкрановых путей. Обмеряют стальной рулеткой с миллиметровыми делениями и устройством, обеспечивающим ее одинаковое натяжение.

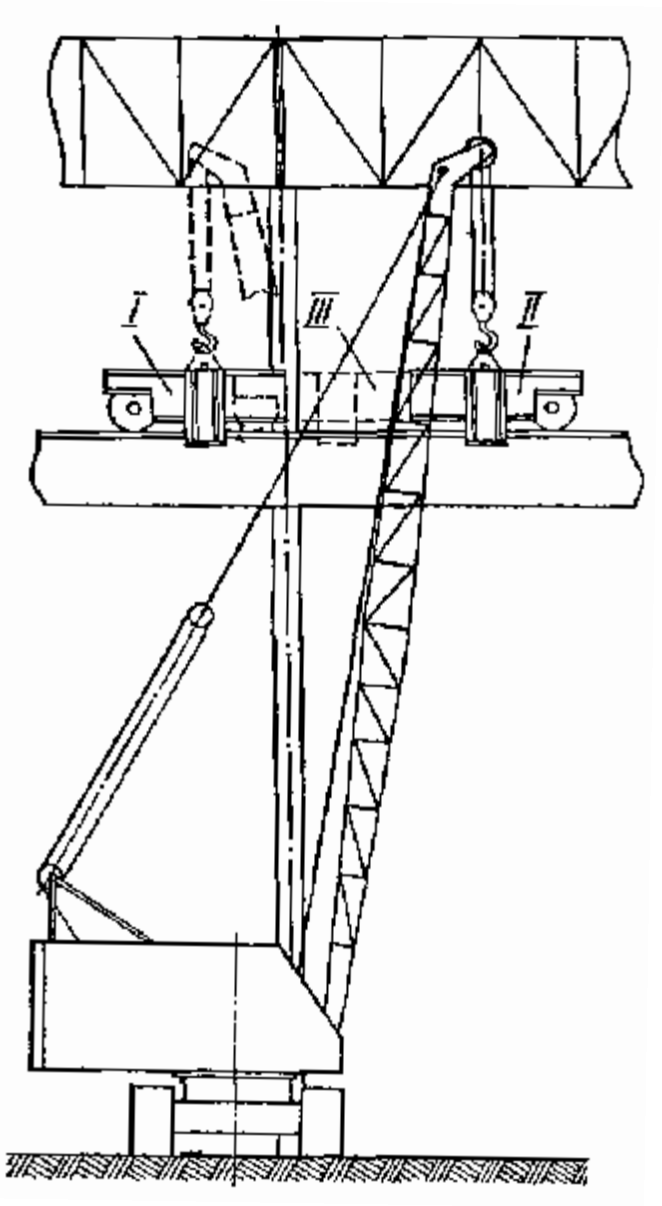

Рис. 20. Установка узлов мостового крана на подкрановые пути: I — II — установка соответственно 1-го и 2-го полумоста; III — состыкованный мост крана после установки тележки

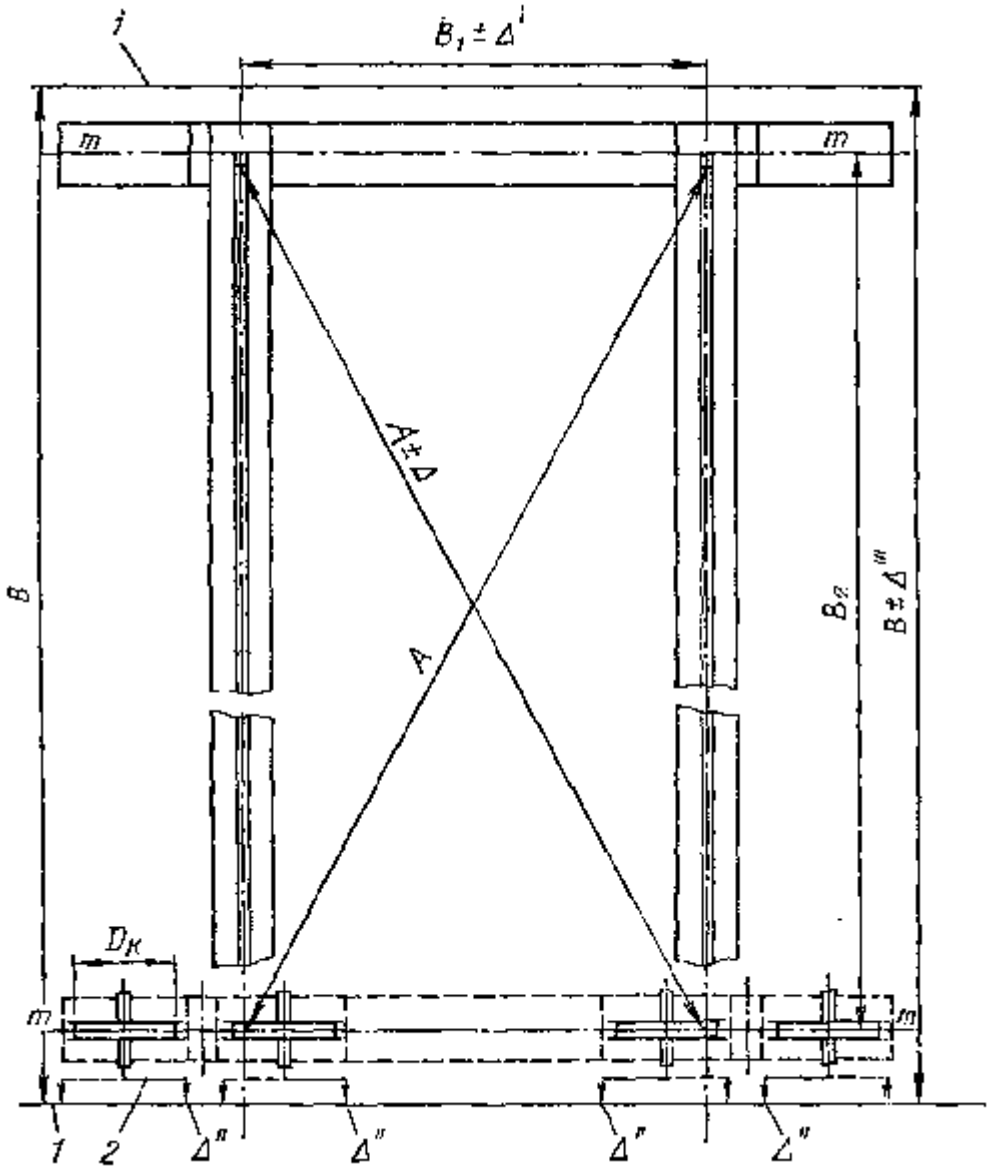

Рис. 21. Схема контроля точности выверки моста крана:
I — контрольные струны для контроля перекоса колес, выверяемые параллельно общей оси катков т — m; 2 — стрелка; В — расстояние между контрольными струнами; В1 — колея тележки; В2 — колея крана; Δ — Δ''' — отклонение фактических размеров для контроля перекоса колеи $\Delta \leq \frac{D_K}{1000}$ мм

Смонтированный кран перед сдачей в эксплуатацию должен быть опробован рабочей нагрузкой, которая в практике заменяется испытанием в соответствии с правилами Госгортехнадзора:

- статической нагрузкой на прочность узлов крана, равной 1,25 номинальной грузоподъемности. При этом тележку устанавливают посредине пролета моста, и испытательный груз поднимают на 200—300 мм от пола. В таком положении груз выдерживают 10 мин и замеряют специальным приспособлением упругий прогиб моста, который должен быть равен примерно 1/600 его пролета;
- динамической нагрузкой равной 1,1 номинальной грузоподъемности, для проверки работоспособности механизмов крана в эксплуатационном режиме.

Для монтажа мостовых кранов грузоподъемностью до 100 т и с отметкой подкрановых путей до 14 м используются стреловые краны СКГ-63, Э-2508, если они находятся в зоне монтажной площадки. Значительные габариты и масса кранов СКГ-63 и Э-2508 усложняют их переброску даже в пределах монтажной площадки и требуют определенных затрат, снижающих экономические показатели монтажных работ.

Монтаж мостовых кранов в закрытых цехах стреловыми мобильными кранами требует установки стрелы определенной длины, зависящей от высоты нижнего пояса ферм и раскосов, а также кровли цеха. Длина стрелы должна быть подобрана с допуском до 0,5 м. Это также требует минимальной длины увязки стропами поднимаемых узлов крана.

На подкрановые балки мостовые краны наиболее просто устанавливать в период монтажа конструкций цеха до монтажа кровли башенными кранами типа БК-1000. Монтаж башенными кранами осуществляется через проем, оставляемый в кровле посередине пролета, что требует предварительной укладки монтируемых узлов под крюк крана и подъемом балок крана на подкрановые пути, уложенные на колонны с еще не смонтированными на них стропильными фермами и последующим перекатыванием на участки пролета с установленным перекрытием. Такой монтаж усложняется необходимостью согласования сроков поставки кранов с графиком монтажа нагружения незакрепленных конструкций здания, а также привлечения для работы

на строительном объекте монтажников задолго до начала монтажа оборудования.

В пролетах цехов, имеющих несколько мостовых кранов, практикуется установка усиленных стропильных ферм со встроенными устройствами для строповки полиспастов, рассчитанных на подъем узлов мостовых кранов (**рис. 22**). Таким способом по ППР можно монтировать краны грузоподъемностью 5÷10 т и без существенного усиления ферм с увязкой грузоподъемного полиспаста за балку, уложенную на коньки стропильных ферм в температурном шве.

На **рис. 23** представлена схема подъема узлов крана спаренным полиспастом, увязанным за коньки двух соседних ферм.

На **рис. 24** изображена схема монтажа крана полиспастом, увязанным за вспомогательную балку, уложенную на стропильные фермы.

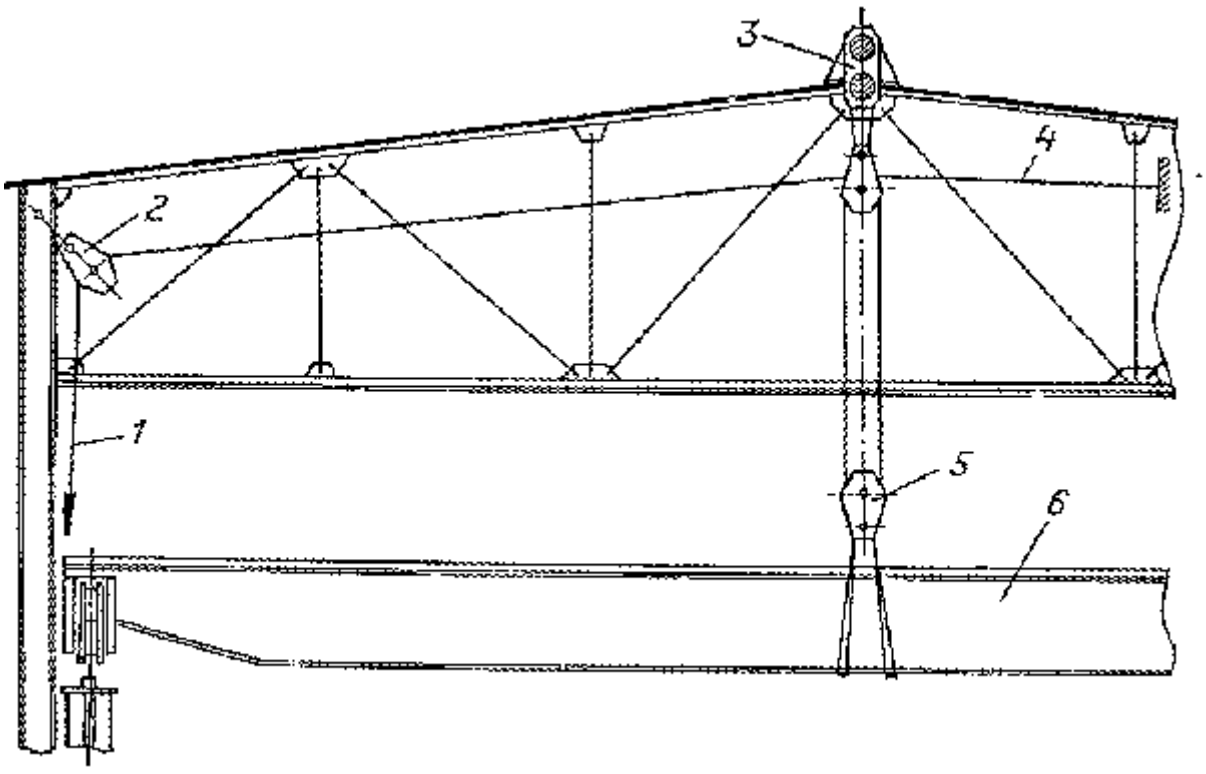

Рис. 22.Подъем мостовых кранов полиспастом, увязанным за коньки стропильных схем:
1 — ходовая нитка полиспаста; 2 — отводной блок; 3 — безмоментная балка; 4 — уравнительная нитка полиспаста; 5 — полиспаст; 6 — мост

Узлы массой до 25 т можно поднимать полиспастом, увязанным за монорельс ремонтной электротали. При необходимости конструкции монорельса могут быть усилены (**рис. 25**).

При сооружении конверторных и мартеновских цехов, прокатных станов, крупных цехов машиностроительных заводов создаются особые условия монтажа мостовых кранов. В одном пролете устанавливают в определенной последовательности несколько мостовых кранов, разных по назначению и грузоподъемности. Краны монтируют по мере их поступления на монтажную площадку в разные этапы строительства (от монтажа конструкций до пуска цеха в эксплуатацию). Масса узлов технологических кранов составляет 20÷90 т, а отметка подкрановых путей - 15 — 35 м. В этом случае целесообразно применять усиленные стропильные фермы, что позволяет монтировать разнообразные конструкции кранов при любой последовательности их поступления на строительный объект. Краны грузоподъемностью до 30 т могут быть подняты после их полной сборки и наладки на полу цеха.

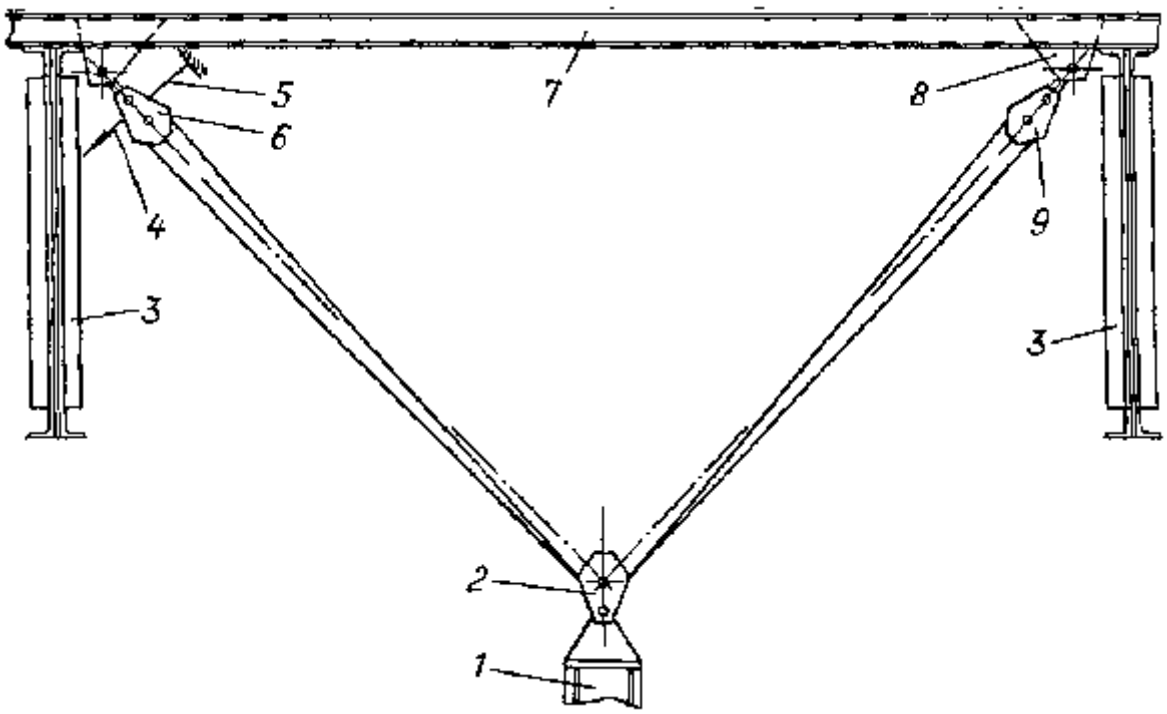

Рис. 23.Схема подъема узлов крана спаренным полиспастом, увязанным за коньки двух стропильных ферм:
1 — полумост крана; 2 — нижний блок полиспаста; 3 — стропильные фермы; 4 — ходовая нитка полиспаста; 5 — уравнительная оттяжка; 6, 9 — верхние блоки спаренного полиспаста; 7 — распорная балка; 8 —

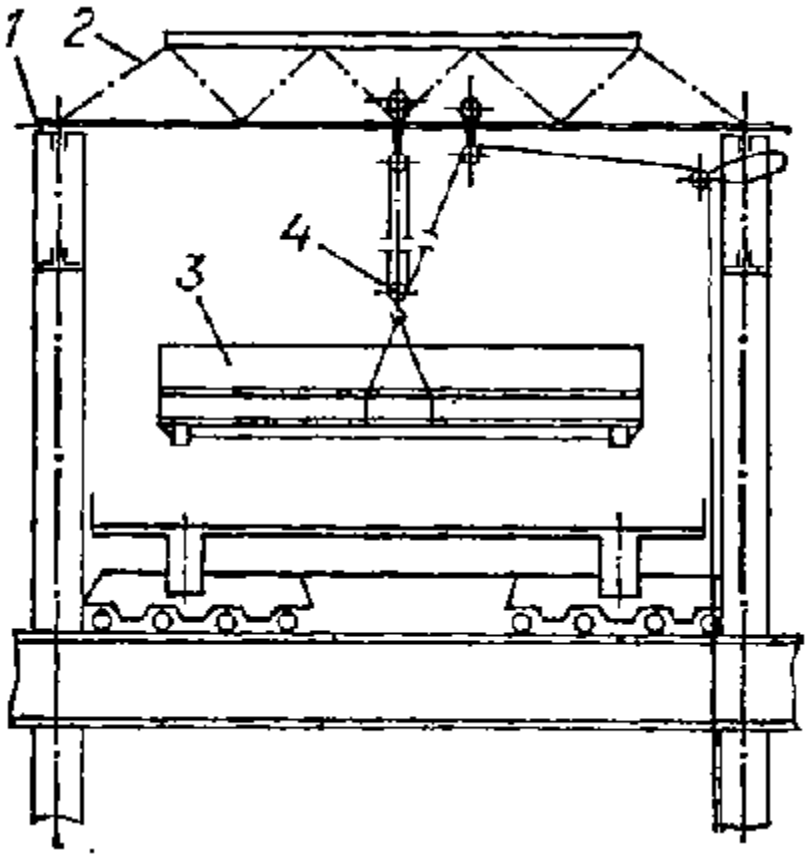

Рис. 24. Схема подъема узлов мостового крана полиспастом, увязанным за вспомогательную балку, уложенную на стропильные фермы:
1 — стропильная ферма; 2 — вспомогательная балка; 3 — узел крана; 4 — грузоподъемный полиспаст

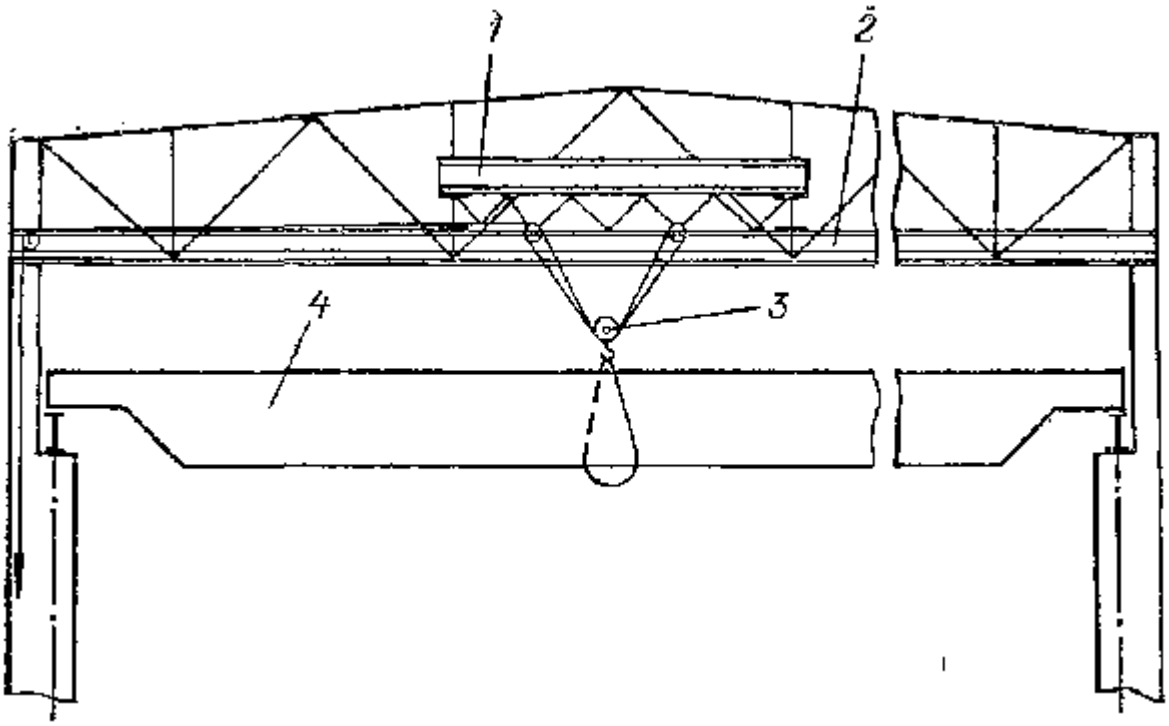

Рис. 25. Схема подъема узлов полиспастом, увязанным за монорельсовый путь электротали:
1 — усиление монорельсового пути; 2 — монорельсовый путь электротали; 3 — спаренный полиспаст; 4 — полумост крана

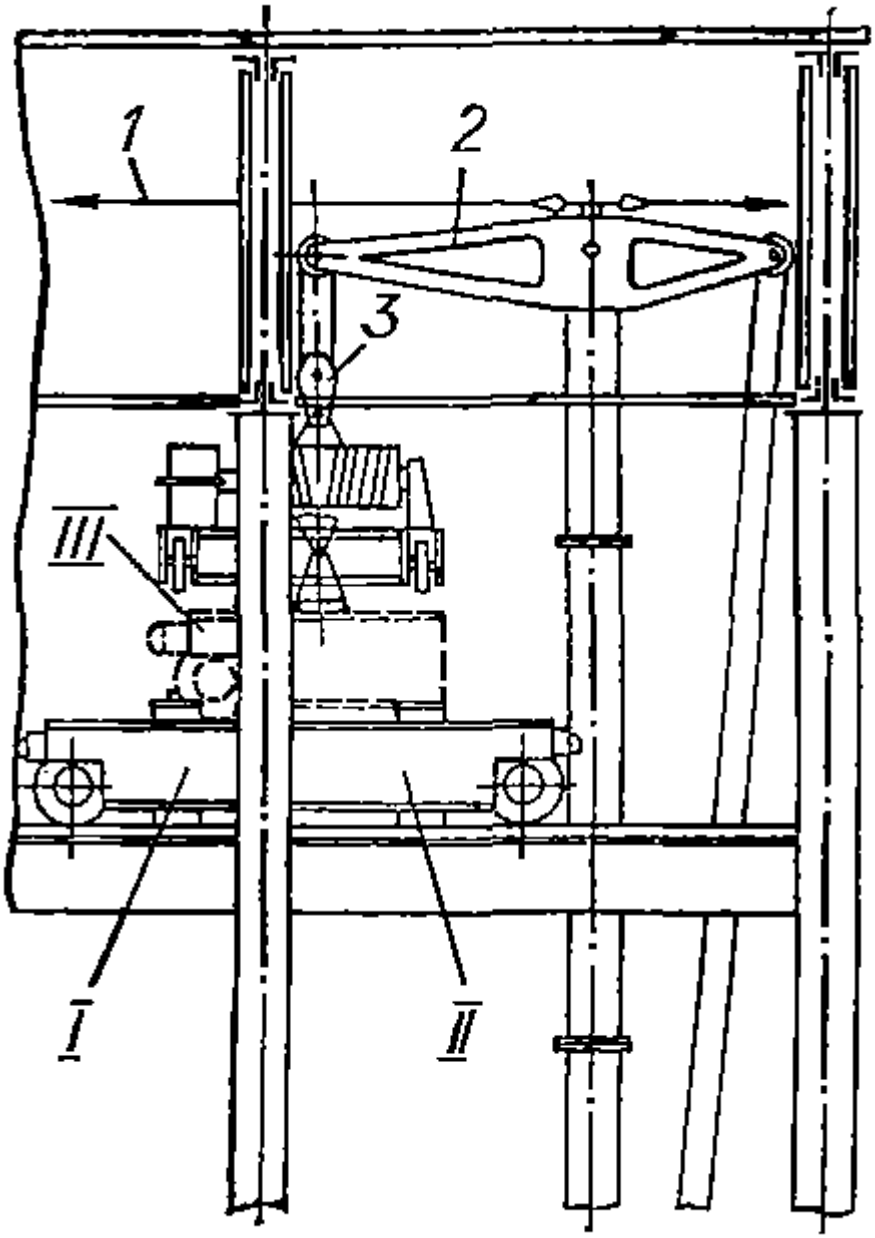

Рис. 26. Схема подъема узлов крана монтажной мачтой с шарнирной траверсой:
1 — растяжки мачты; 2 — мачта с шарнирной траверсой; 3— грузоподъемный полиспаст; I, II, III — последовательность установки узлов крана.

Если в пролете цеха предстоит смонтировать один—два крана, то установка усиленных стропильных ферм может оказаться

экономически невыгодной. В этом случае приходится использовать монтажные мачты, лучше — с шарнирной траверсой (**рис. 26**).

Мостовые краны в сборе монтируют и демонтируют монтажной мачтой с жестким оголовком, устанавливаемой между балками моста со смещением от середины пролета цеха. Балки моста стропят двумя полиспастами, симметрично увязанными за оголовок мачты, с учетом разности массы балок. Пробными подъемами и перемещением тележки кран уравновешивается, тележка закрепляется, и производится подъем крана (или демонтаж).

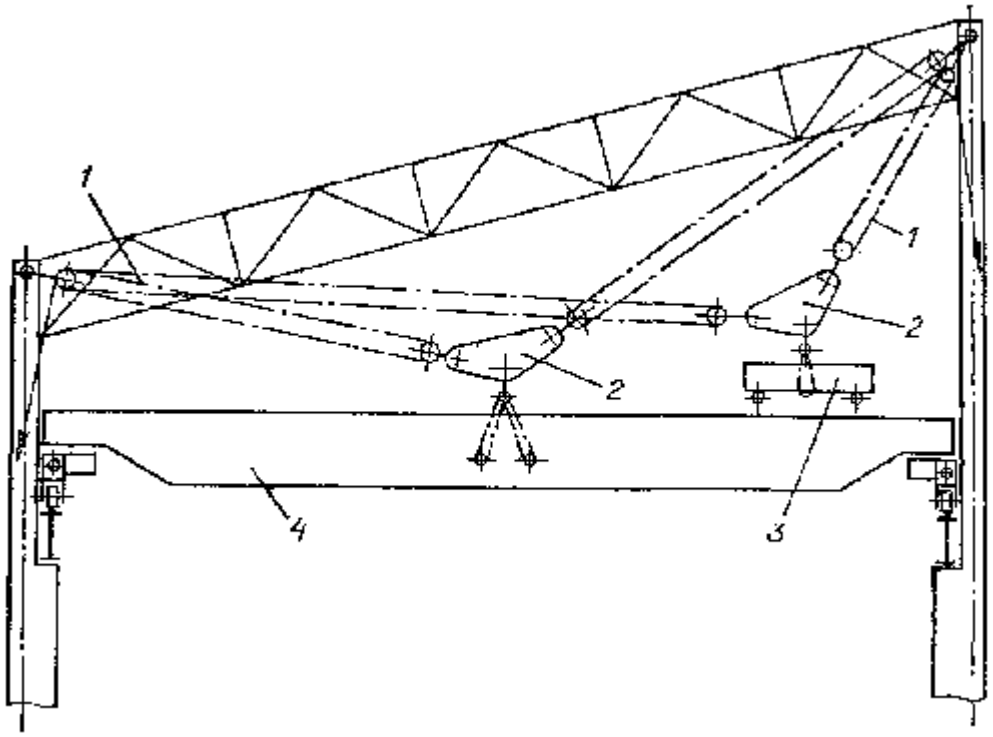

Рис. 27. Схема подъема узлов мостового крана грузоподъемностью 180 т мартеновского цеха траверсой с полиспастами, увязанными за колонны здания:
1 — полиспасты; 2 — траверса; 3 — тележка мостового крана; 4 — мост крана

Для монтажа кранов используют колонны здания в качестве опорных конструкций для увязки монтажных полиспастов (**рис. 27**). Конструктивная схема некоторых зданий дает возможность полиспасты, увязанные за узлы примыкания верхнего пояса ферм к колоннам, соединить на траверсе с петлей грузоподъемностью до 75 т. Такая увязка полиспастов, позволяет снимать грузы с железнодорожных платформ, подаваемых по боковым путям, перемещать их поперек пролета и устанавливать транзитом на подкрановые пути или мост крана.

Более универсален подъем узлов крана «рыбкой» полиспастами, увязанными за колонны здания.

На **рис. 28** представлена схема подъема мостового крана в сборе грузоподъемностью 50 т в здании с шагом колонн 12 м и стропильных ферм — 6 м.

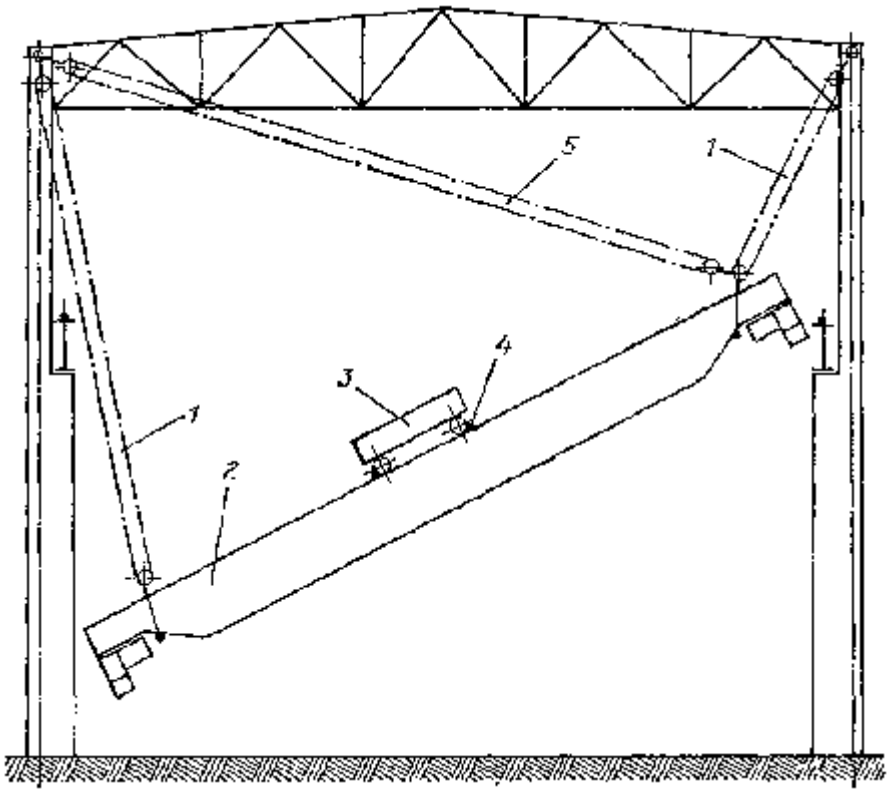

Рис. 28. Схема подъема мостового крана в сборе грузоподъемностью до 50 т «рыбкой» полиспастами, увязанными за колонны здания:
1 — грузоподъемные полиспасты: 2 — монтируемый кран; 3 — тележка крана; 4 - крепление тележки к мосту; 5 — оттяжной полиспаст

Полиспасты грузоподъемностью по 50 т увязываются за узлы примыкания промежуточной стропильной фермы к подстропильной ферме. Под узлы увязки полиспастов устанавливаются вспомогательные стойки, рассчитанные на восприятие вертикальной нагрузки. Для оттаскивания крана от подкрановых балок в процессе его подъема используется лебедка грузоподъемностью 3 т с двукратным полиспастом. Из-за небольшого расстояния от узла увязки полиспаста за подстропильную ферму до моста крана при установке его на подкрановую балку моста, мост стропят при помощи траверсы за нижний пояс балки. Тележку временно закрепляют на мосту. Для монтажа кран подается от места его сборки (из соседнего пролета) передаточной тележкой. Таким же образом его убирают при демонтаже для ремонта или для использования в соседнем пролете. Трудозатраты на настройку такелажной оснастки по данной схеме составляют около 20 чёл.-смен. Монтаж или демонтаж крана производится бригадой монтажников в 5—7 чел. за 4 ч рабочего времени.

При значительной насыщенности цеха технологическим оборудованием в пролете может не оказаться свободной площадки для размещения грузоподъемных средств и узлов монтируемого крана. В таких случаях кран поднимают на подкрановые пути с торца цеха. Для этого устанавливают временные опоры (**рис. 30**) с подкрановыми путями, на которых стреловым монтажным краном собирают мостовой кран с последующим его закатыванием через проем в пролет цеха.

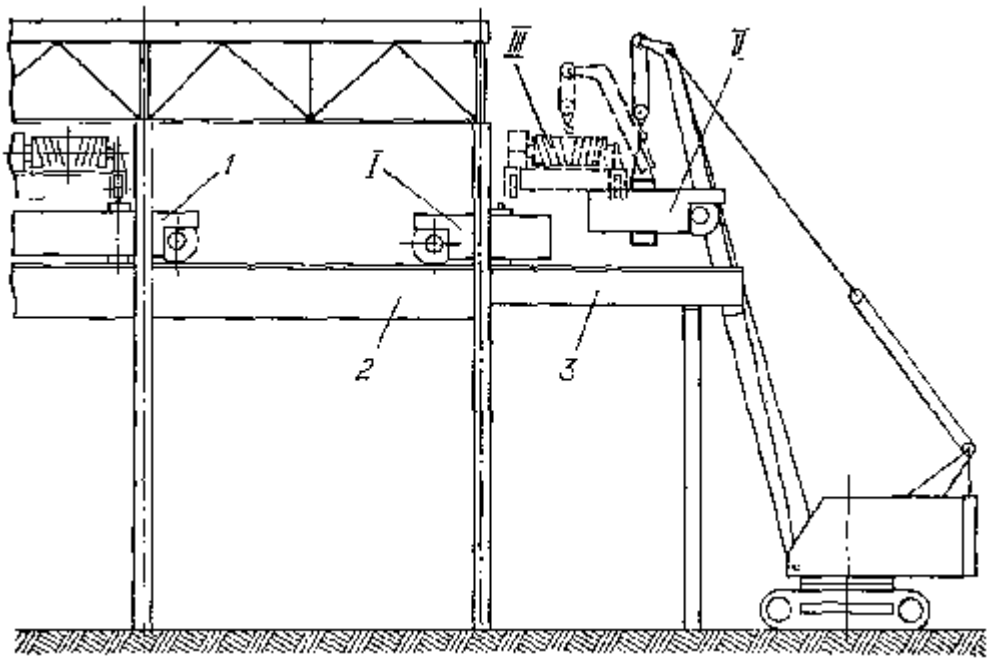

Рис. 29. Схема монтажа мостового крана с использованием временных подкрановых путей в торце здания: 1 — смонтированный мостовой кран; 2 — основные подкрановые пути; 3 — временные подкрановые пути; I, II, III — последовательность установки узлов мостового крана на временные подкрановые пути

Этот способ не пригоден для случая, если нужно монтировать кран, который должен стоять за ранее смонтированным краном. В подобной ситуации кран можно установить через проем сбоку пролета (**рис. 30**).

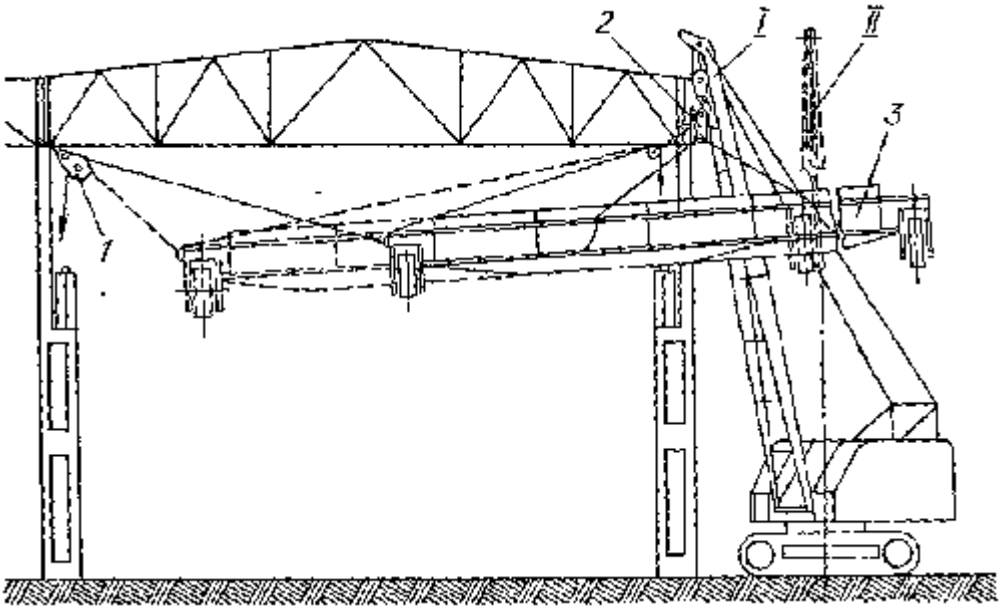

Рис. 30. Установка мостового крана на подкрановые пути через проем сбоку здания:
1 — вспомогательный полиспаст; 2 — строповочная скоба с роликом; 3 монтируемый мостовой кран; I, II — последовательные положения монтируемого крана. Тележка условно не показана

Его собирают (без кабины) вне цеха с укрепленной у середины моста грузоподъемочной тележкой, стропят специальным устройством за крюк монтажного крана и заводят через проем внутрь пролета до упора крюка монтажного крана в конструкции цеха. Вспомогательные полиспасты стропят к концевой балке монтируемого крана, тележку передвигают на конец моста, а крюк монтажного крана стропят за наружную концевую балку. Кран затягивают в проем дальше до упора крюка в конструкции цеха, полиспаст наружной колонны стропят к внешней концевой балке и монтируемый кран устанавливают в проектное положение. Затем подвешивают кабину.

Монтаж мостовых кранов поузловым способом считается экономически оправданным, так как стыки его узлов размещаются в местах, воспринимающих второстепенные нагрузки, что позволяет осуществлять их сборку с относительно невысокими трудозатратами. Однако в ряде случаев монтаж с установкой

кранов на подкрановые пути в полносборном состоянии был бы эффективнее, но отсутствие специализированных подъемников ограничивает использование таких схем.

1.10 Крупноблочный способ монтажа

Крупногабаритные металлургические и химические агрегаты, такие как конверторы для выплавки стали, миксеры для чугуна, реакторные колонны, газоходы котлов-утилизаторов и другое оборудование эффективнее монтировать крупноблочным способом. К монтажным стыкам этих агрегатов прикладываются основные эксплуатационные нагрузки и их сборка является сложной и высококачественной работой, требующей применения специализированной оснастки и участия высококвалифицированных рабочих. Площадки для укрупнительной сборки такого оборудования выбирают в зависимости от габаритов и массы исходных узлов, конструктивных особенностей стыков, объемов работ и сроков их производства.

При небольших объемах работ в качестве сборных грузоподъемных средств используются гусеничные краны, при больших объемах работ и их продолжительности более полугода целесообразно применять козловые и башенные краны, которые должны производить как укрупнительную сборку агрегатов, так и их установку в проектное положение.

Крупноблочный монтаж с выполнением укрупнительной сборки вне монтажной зоны позволяет совмещать монтаж оборудования с монтажом строительных конструкций и общестроительными работами, что обеспечивает повышение производительности и качества монтажных работ и сокращение сроков строительства объекта.

При выборе способов монтажа крупногабаритных агрегатов учитываются также технологические особенности работ по сборке и доизготовлению поставочных блоков. Так, монтаж конструкций вертикального типа обычно выполнялся мелкими узлами методом наращивания с использованием шагающего грузоподъемного устройства. Усложнение конструкций, повышение

требований к долговечности и качеству монтажа таких сооружений потребовало стыковку узлов и отделку монтируемых агрегатов выполнять по более сложной технологии, на специальных стендах, из блоков высокой заводской готовности. Для установки укрупненных блоков в проектное положение потребовалась разработка специальных схем. Примером такого решения является монтаж вентиляционной трубы газоочистки мартеновского цеха на заводе имени Ильича (Жданов) диаметром 3х6 м, высотой 66 м и массой 70 т, из которых на нижний конец приходится 45 т (**рис. 31**).

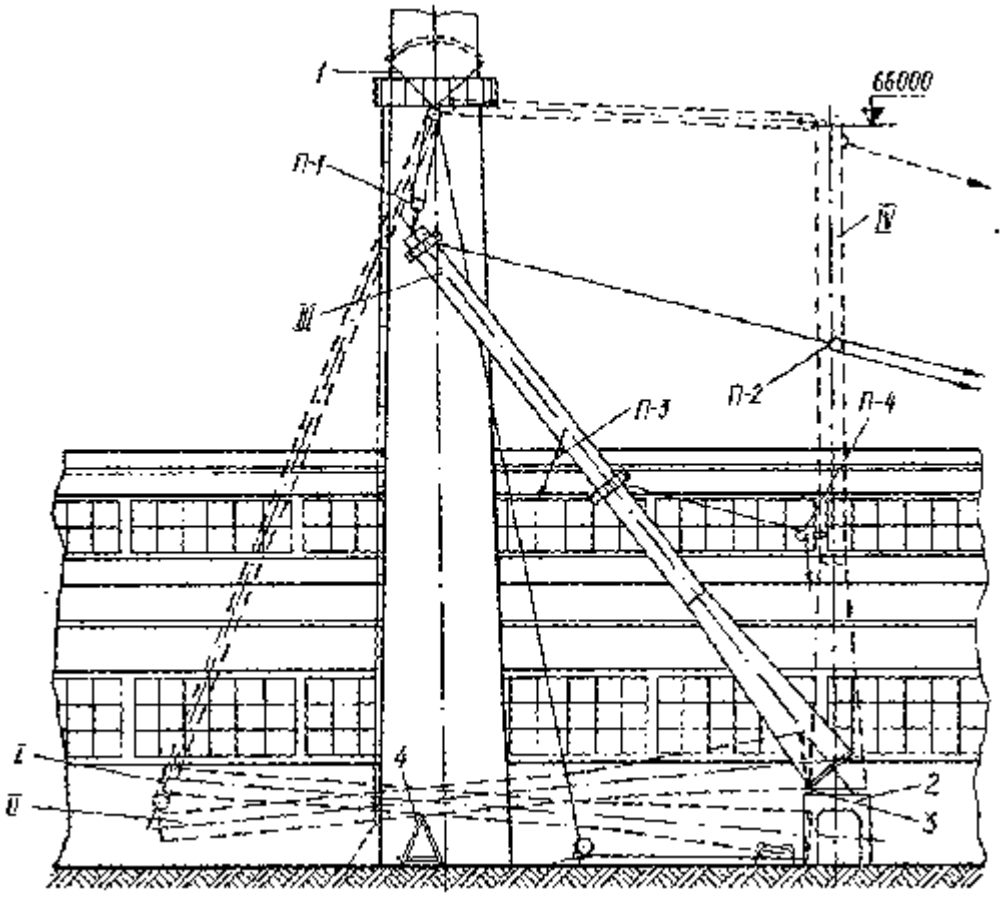

Рис. 31. Установка вентиляционной трубы в проектное положение с использованием кирпичной дымовой трубы:
1 — увязка полиспастов на трубе; 2— пьедестал; 3— шарнир; 4— козел; I — IV — положения монтируемой трубы; П-1—П-2 — грузоподъемные полиспасты; П-3 — П-4 — оттяжные полиспасты

Сборка, сварка, покраска и противокислотная химическая защита трубы были выполнены на нулевой отметке. Для обеспечения установки нижнего конца трубы на подъемный шарнир сборочным краном грузоподъемностью 30 т ее собрали в заданном положении относительно оси шарнира и в начале уложили на козел таким образом, чтобы уравновешиванием верхнего конца нагрузка на нижний конец составила 25 т. Затем этим же краном трубу уложили на шарнир. Подъем трубы в вертикальное положение осуществлялся двумя полиспастами П-1 и П-2 грузоподъемностью по 30 т каждый.

В процессе подъема труба в заданной плоскости удерживалась растяжками П-3 с проектным натяжением до 5 т и П-4 с проектным натяжением до 3 т. Перемещение трубы в заданной плоскости контролировалось теодолитом по осевой линии, нанесенной краской по трубе. Трубу вначале поднимали полиспастом П-1, а затем полиспастом П-2. При переходе центра тяжести трубы через ось шарнира 3 полиспаст П-1 использовался для удержания или плавной установки основания трубы на фундаментные болты.

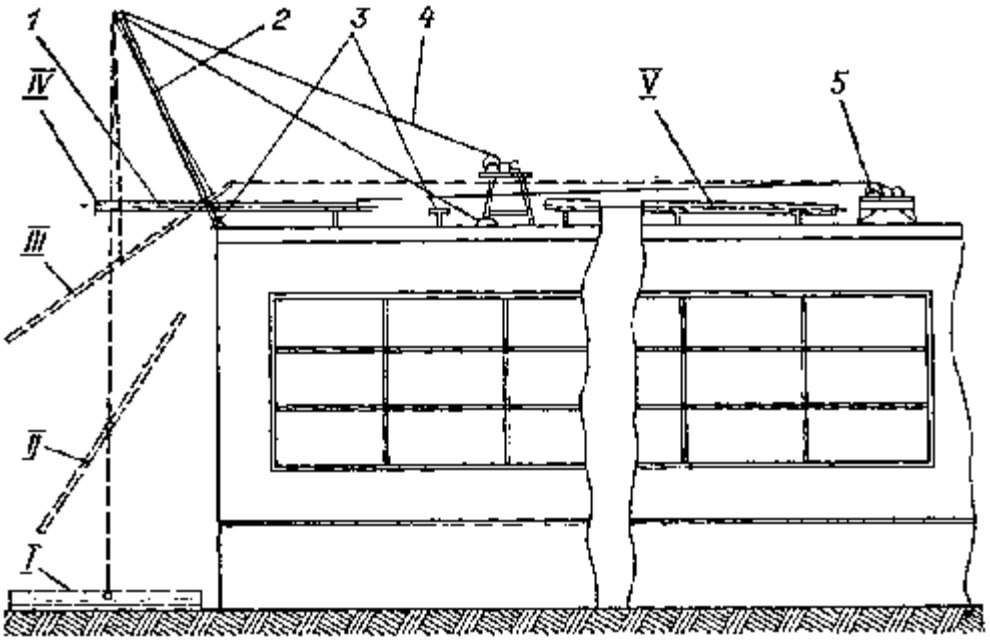

Рис. 32. Монтаж укрупненных секций технологических трубопроводов на кровле цеха: 1 — монтируемая труба; 2 — А-образная укосина; 3 — стойки трубопроводов; 4 — грузоподъемный полиспаст; 5 — лебедка для подтаскивания; I — V — положения трубы

Свои особенности имеет монтаж оборудования на кровле многопролетных цехов. На **рис. 32** показана схема монтажа трубопровода на кровле одного из цехов завода «Азовсталь» (Жданов). Секции поднимали на кровлю с земли в наклонном положении и верхним концом заводили в А-образную укосину, установленную на торцевой стенке и удерживаемую оттяжкой. При подходе конца трубы к уровню кровли к ней застропили канат лебедки 5, которой труба по мере ее подъема переводится в горизонтальное положение, укладывается на опоры, по которым подтаскивается к месту стыковки. Таким образом можно поднимать на кровлю и монтировать узлы массой до 25 т при размещении опор под монтируемые конструкции на колоннах цеха. Иногда на кровле устанавливаются узлы оборудования массой по 60-100 т. На **рис. 34** показана схема монтажа паросборника массой 40 т на кровле между двумя пролетами цеха. Подъемный полиспаст увязывают за железобетонную трубу на обслуживающей площадке на отметке +60 м. Застропленный паросборник поднимают выше уровня кровли цеха и оттяжным полиспастом, увязанным за, колонны противоположного пролета, подводят к месту укладки и опускают на опоры в проектное положение на отметке +15 м.

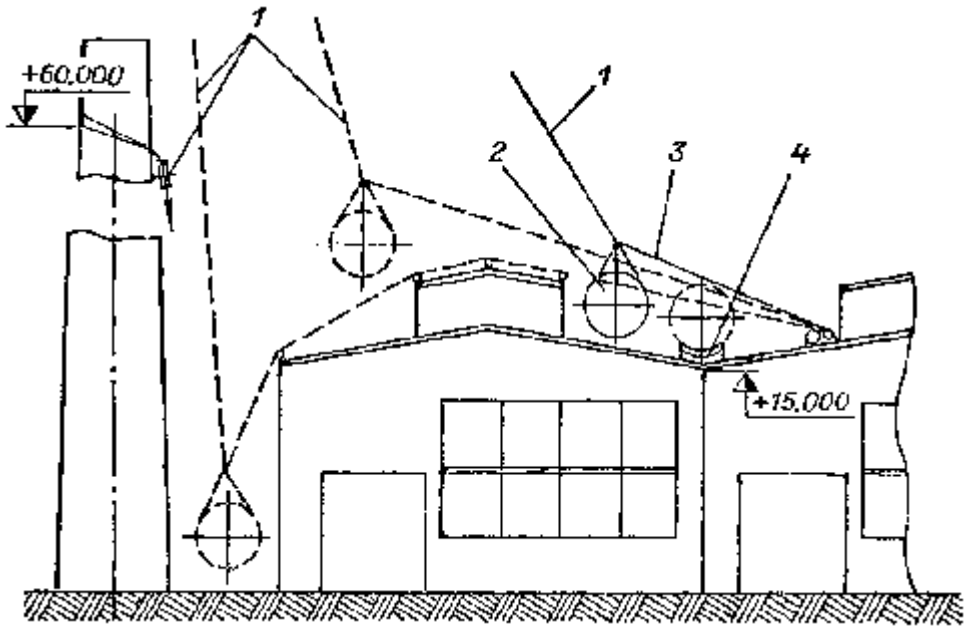

Рис. 33. Монтаж паросборника на кровле цеха полиспастом, увязанным за железобетонную дымовую трубу:
1— грузоподъемный полиспаст; 2 — монтируемый паросборник; 3 — оттяжка; 4 — опора

При реконструкции чугунолитейного цеха завода металлургического оборудования (Днепропетровск) требовалось заменить дымовые диффузоры вагранок на кровле многопролетного действующего цеха. Кровля цеха по своему техническому состоянию исключала возможность приложения к ней дополнительных монтажных нагрузок, поэтому монтаж производился вертолетом. Диффузоры массой 7,5 т изготавливались на специальной площадке.

На вертолете установлен специальный строповочный узел, Удерживающий строп, к которому подвешивается монтируемый блок. Расстроповка груза производится размыканием замкового устройства из кабины вертолета. Монтируемый блок к месту его установки вертолетом возможно подвести с точностью до 300 мм.

Для направления блока на посадочное место устанавливаются направляющие, и к монтируемому блоку привязываются веревки, которыми монтажники направляют его с момента подво-

да блока к посадочному месту на 1—1,5 м. После установки блока на посадочное место замковое устройство на вертолете расцепляется и строп падает на монтируемый блок. Это обстоятельство, а также то, что под вертолетом создается сильное завихрение воздуха необходимо учитывать при разработке мер безопасности монтажных работ. Разумеется, что монтаж вертолетом следует производить в безветренную погоду. Монтаж одного блока длится от момента строповки до установки его на посадочное место 10—15 мин, а полный цикл — около 30 мин. Один летчик может за смену сделать 4—5 циклов.

Часть технологического оборудования мои монтируется в местах, где использование типового монтажного оборудования затруднено из-за сложности его подачи или отсутствия площади для его размещения, а именно: производственные помещения с расстоянием от пола до перекрытия меньшим, чем высота имеющихся грузоподъемных машин; перекрытия многоэтажных зданий, не имеющие эксплуатационных грузоподъемных средств; различные подвальные помещения, тоннели и переходы; помещения, в которых основной объем занимает монтируемое оборудование. В этом случае монтажные работы обычно приходится выполнять в основном без кранового оборудования или с использованием специальных устройств.

На **рис. 34** показана схема монтажа траверсы пресса спаренной работой мостового и гусеничного кранов, так как мостовые краны не имеют достаточного выноса.

Для монтажа оборудования в цехах с небольшой высотой используются гусеничные краны с укороченными стрелами или портальные подъемники. Для монтажа оборудования в тоннелях разработаны одностоечные подъемники (**рис. 35**). Для подъема узлов оборудования, располагаемых под перекрытием, используют лебедки, установленные на кровле с пропуском каната через отверстия, проделываемые в плите перекрытия.

Выбор оптимального варианта монтажа оборудования производится путем комплексной оценки всех факторов, влияющих на организацию и технологию производственных процессов: качества изготовления, степени заводской готовности и монтаж-

ной технологичности оборудования; особенностей и последовательности работ по строительству объекта; технологической вооруженности и производственного опыта монтажной организации.

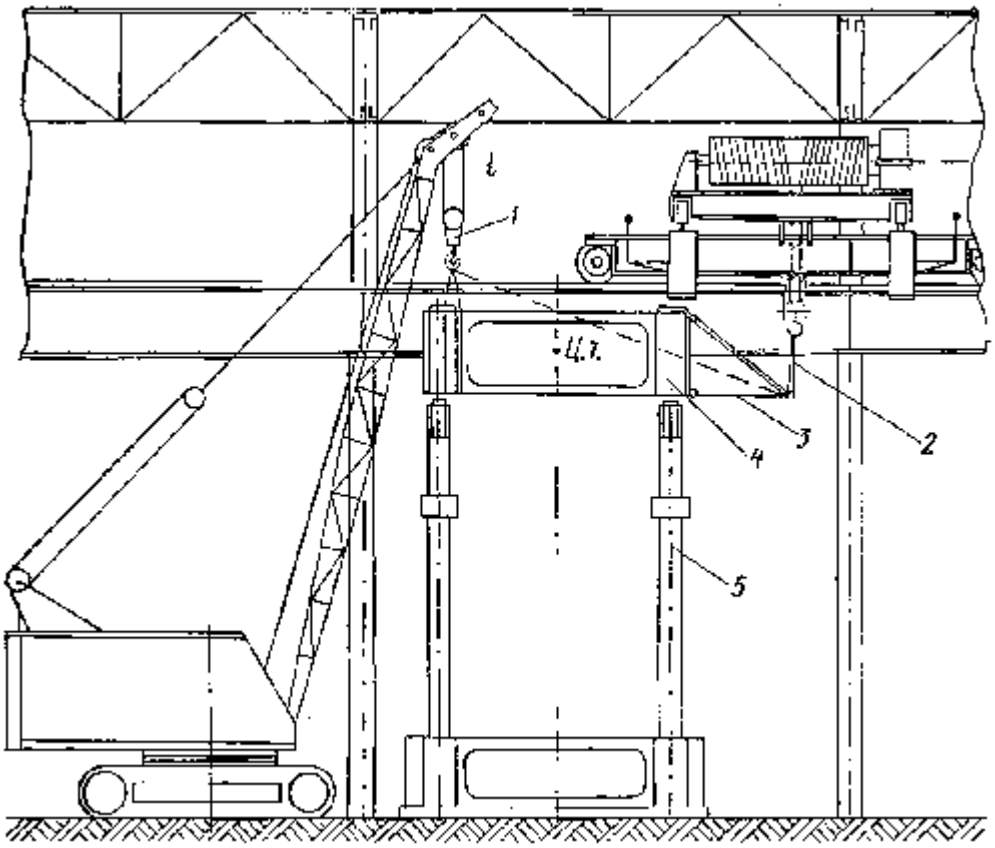

Рис. 34. Подъем траверсы пресса спаренным мостовым и гусеничным кранами:
1, 2 — подвески кранов соответственно гусеничного и мостового; 3 — вспомогательный кронштейн для строповки траверсы мостовым краном; 4 — монтируемая траверса; 5 — стойка пресса

Подготовка производства работ осуществляется проектными институтами и инженерными службами монтажных организаций иногда на протяжении нескольких лет, но законченную форму обретает только к началу монтажа оборудования при передаче разработанной документации бригаде, выполняющей работу.

Особенностью строительного производства является низкая степень повторяемости ситуаций, определяющих технологические и организационные методы монтажа оборудования. Для монтажа каждого агрегата и машины может быть подобран свой оптимальный вариант. Эффективно эта работа может быть выполнена с участием мастеров и монтажных бригад, что необходимо для отработки технического процесса и освоения его производителями работ. Этим целям должен служить изложенный опыт монтажа оборудования.

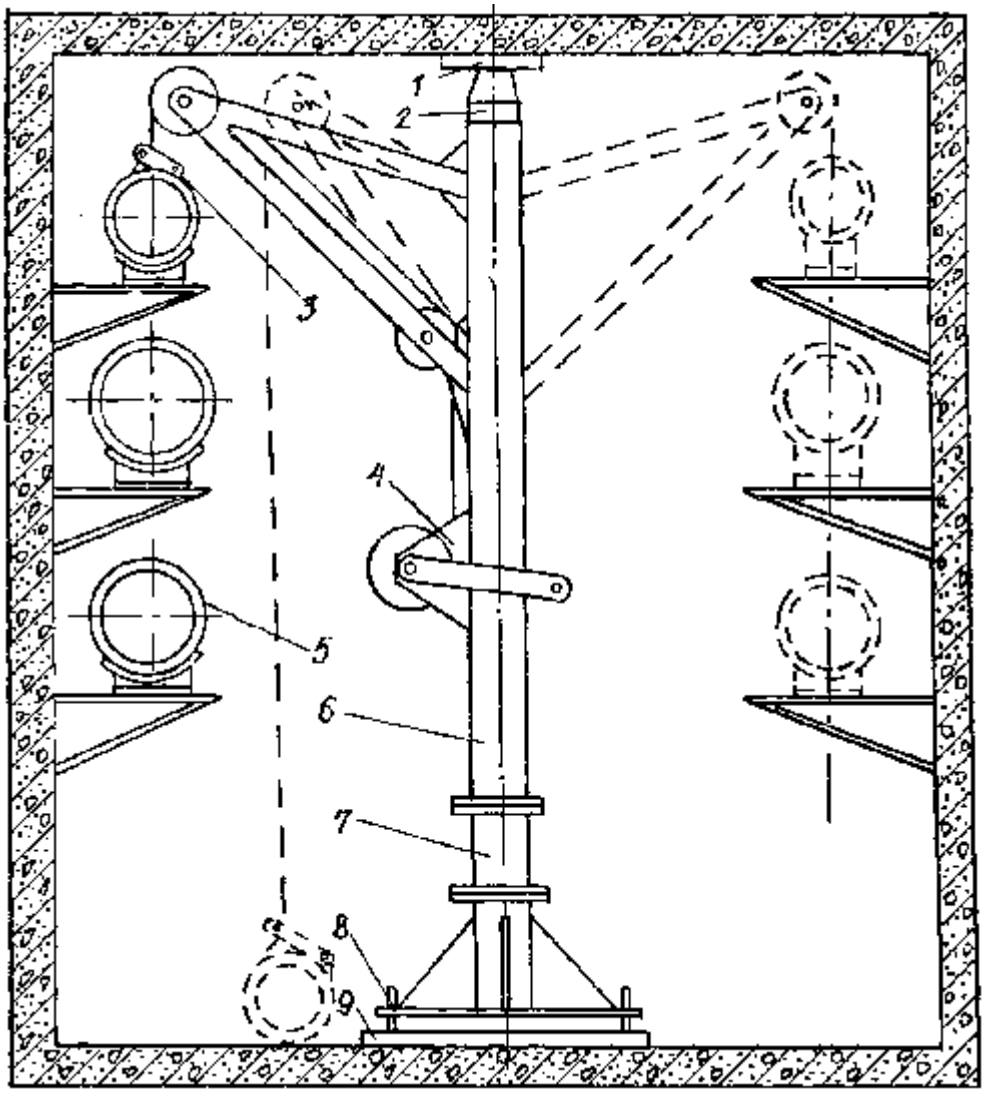

Рис. 35. Одностоечный подъемник для монтажа конструкций и узлов технологических трубопроводов в тоннах: 1 — упорная пластина; 2 — упорная головка; 3 — строповочный захват; 4 — лебедка; 5 — монтируемая секция; 6 — поворотная обойма; 7 — стойка подъемника; 8 — отжимной винт; 9 — опорная плита

Словарь

Агрегат (*от лат. aggrego — присоединяю*) совокупность механизмов.
в тексте ↑

Динамометрический ключ гаечный ключ со встроенным динамометром.
в тексте ↑

Пролет расстояние между смежными опорами, перекрываемое балкой, плитой, аркой и пр.
в тексте ↑

Рихтовка это заключительная операция по восстановлению деформированной поверхности детали, в результате которой деталь по своему качеству должна максимально приблизиться к новой.
в тексте ↑

Уклон отношение разности высот двух точек к расстоянию между ними.
в тексте ↑

Рекомендуемая литература

Чтобы скачать необходимый документ, нажмите на него. Все документы представлены в формате pdf.

1. СП 48.13330.2011 «Организация строительства»
2. ГОСТ 7796—70* «Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В. Конструкция и размеры»
3. ГОСТ 5915—70* «Гайки шестигранные. Класса точности В»
4. ВСН 361—76/ММСС «Монтаж технологического оборудования сталеплавильных цехов»
5. ГОСТ 3067—74 «Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6 х 19 (1 + 6 + 12) + 1 х 19 (1 + 6 + 12) СОРТАМЕНТ»
6. ГОСТ 23360—78 «Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки»
7. ГОСТ 8790—79 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими направляющими шпонками с креплением на валу. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки»
8. ГОСТ 24070-80 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с тангенциальными усиленными шпонками. Размеры сечений шпонок и пазов. Допуски и посадки»
9. ГОСТ 9392—75* «Уровни рамные и брусковые. Технические условия»
10. ГОСТ 7948—71 «Отвесы стальные строительные. Технические условия»
11. ГОСТ 3749—77* «Угольники поверочные 90°. Технические условия»
12. ГОСТ 22401—77 «Воротки для плашек и инструмента с квадратами на хвостовиках»

13. ГОСТ 22402—77 «Ключи трещоточные. Типы и основные размеры»
14. ГОСТ 2310—77 «Молотки слесарные стальные. Технические условия»
15. ГОСТ 1465—69* «Напильники. Технические условия»
16. ГОСТ 7502—98 «Рулетки измерительные металлические»
17. ГОСТ 427-75 «Линейки измерительные металлические. Технические условия»
18. ГОСТ 2839—80 «Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние. Конструкция и размеры»

Помощь

Решения некоторых возможных проблем и информация о лекции

- Большая часть возникающих проблем при чтении лекции (нерабочие ссылки, видео-файлы) решается установкой новой (последней) версии программы Adobe Reader. Это специальная программа для чтения pdf-файлов. Скачайте программу из раздела «Библиотека» вашего кабинета слушателя или с официального сайта Adobe.

- Для полноценного использования лекционного материала, также необходимо подключение к Интернет, поскольку большинство ссылок ведет на Интернет-ресурсы и сервер Академии. Если ссылки в лекции не работают, ваше Интернет-подключение прервалось, отсутствует, либо слишком медленно.

- Вы можете сохранить лекцию на свой компьютер и использовать её оффлайн, без подключения к Интернет, но ссылки, ведущие в Интернет, в этом случае, работать не будут.

- Документ имеет ограничение на печать, копирование и редактирование содержимого.

Лекция разработана для **Образовательного портала Академии**
Главный сайт Академии: **http://akdgs.ru**
Телефон: **(499) 186-33-83**