

# МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

## Материалы, используемые для изготовления оснастки и инструмента

**Стали.** Основным элементом, определяющим свойства стали, является углерод. Стали с содержанием углерода от 0,05 до 0,75% относятся к группе конструкционных, из них производится стальной прокат, используемый для изготовления различных конструкций.

Основными свойствами стали являются: механическая прочность — способность сохранять форму и не разрушаться под воздействием прилагаемых нагрузок; технологичность — способность подвергаться обработке (резание, ковка, сварка, гибка) без существенных изменений качества; коррозионная и химическая стойкость.

Сталь под воздействием прилагаемых к ней нагрузок изменяет длину и форму пропорционально модулю упругости:  $E = 2,1 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>.

Механические свойства стали характеризуются соотношением между величиной относительной деформации рассматриваемого образца

$$\epsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

и возникающими при этом напряжениями

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

где  $l_0$  — первоначальная длина образца;  $l_1$  — длина образца вследствие удлинения от приложенной нагрузки;  $\sigma$  — напряжения в поперечном сечении образца, кгс/см<sup>2</sup>;  $P$  — прилагаемая к образцу нагрузка, кгс;  $F$  — площадь поперечного сечения рассматриваемого образца, см<sup>2</sup>.

Деформации могут быть упругими, при которых длина и форма образца после снятия нагрузки восстанавливается. Если нагрузка, приложенная к образцу, создает напряжение более допустимых для данной стали, то произойдет его пластическая деформация, и после снятия нагрузки длина и форма образца будут отличаться от первоначальных.

Основными параметрами, характеризующими механические свойства стали, являются: временное сопротивление разрыву — напряжение  $\sigma_{в}$ , при котором происходит разрушение образца; предел текучести — напряжение  $\sigma_{т}$ , при котором образец начинает удлиняться без приложения дополнительной нагрузки; предел пропорциональности  $\sigma_{пц}$  — предельное напряжение, величина которого остается пропорциональной деформации образца, развивающейся по мере увеличения прилагаемой нагрузки. По величине предел пропорциональности близок к пределу текучести; ударная вязкость  $a_{и}$ , измеряемая в кгс·м/см<sup>2</sup>, характеризует способность стали сопротивляться ударным нагрузкам, вызывающим хрупкое разрушение образца; относительное удлинение стали  $\delta$ , измеряемое в процентах от первоначальной длины образца. Отражает способность стали к пластичному удлинению до момента его разрушения; твердость стали (*НВ*) в единицах Брюннеля.

Углеродистые конструкционные стали подразделяются на стали обыкновенного качества по ГОСТ 380—71\* и качественные — по ГОСТ 1050—74\*\*.

Из стали обыкновенного качества изготавливают подмости, люльки, ограждения и оснастку разового использования, из качественной стали — более ответственные конструкции, детали машиностроения и т. п.

Для изготовления инструмента, испытывающего местные ударные нагрузки или предназначенного для обработки материалов, применяются углеродистые инструментальные стали по ГОСТ 1435—74.

Легированные конструкционные и инструментальные стали более дефицитны и используются для изготовления конструкций и инструментов заводского производства.

Из технологических свойств стали для условий монтажно-го производства важнейшими являются: способность стали к гнущю в холодном состоянии и к закалке, а также сваряемость.

Низкоуглеродистые стали с содержанием углерода до 0,25% хорошо свариваются и деформируются. Стали с содержанием углерода выше 0,3% и легированные сваривают по специальной технологии. Способность стали к деформации характеризуется ее нормативным относительным удлинением и ударной вязкостью. Стальной прокат при относительном удлинении не менее 25% допускает загиб в холодном состоянии на угол 90° с радиусомгиба, равным 1—1,5 толщины металла.

На свойства стали большое влияние оказывает термическая обработка, основные виды которой: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

Отжиг — нагрев стали до температуры 780—900° С (желто-красный цвет) и медленное охлаждение (вместе с печью или в горячем песке, золе и т. п.). При этом повышается вязкость стали, снижаются внутренние напряжения, улучшается обрабатываемость и структура металла.

Нормализация — нагрев стали до температуры 880—970° С (желтый цвет) с выдержкой 20—30 мин и охлаждение на воздухе. При этом достигается мелкозернистая структура металла, устраняется наклеп, улучшается механическая обработка и последующая закалка.

Закалка — нагрев стали до температуры 820—930° С (светло-вишневый цвет) и охлаждение в воде, масле или других закалочных средах, выбираемых в зависимости от марки стали и формы закаливаемой детали. При этом достигается высокая твердость детали. Поверхностная закалка детали производится путем поверхностного нагрева детали током высокой частоты или пламенем ацетиленовой горелки и охлаждением в струе жидкости. При этом поверхность детали получает высокую твердость, а сердцевина остается мягкой, что повышает ударную стойкость. Закалке подвергаются стали с содержанием углерода выше 0,3%. Чем ниже содержание углерода и легирующих элементов, тем выше должна быть скорость охлаждения при закалке.

Детали для углеродистой стали, имеющие большое поперечное сечение, могут не прокалиться в середине из-за пониженных скоростей охлаждения. Температуру нагрева, °С, можно приблизительно определить по цвету его каления:

Темно-коричневый . . . . .	580	Ярко-красный . . . . .	850
Коричнево-красный . . . . .	630	Желто-красный . . . . .	900
Темно-красный . . . . .	680	Желтый . . . . .	1000
Темно-вишневый . . . . .	740	Светло-желтый . . . . .	1100
Вишневый . . . . .	770	Желто-белый . . . . .	1200
Светло-вишневый . . . . .	800		

Отпуск — нагрев детали до  $t=150—550^{\circ}$  с последующим охлаждением. Производится для повышения ударной устойчивости инструмента.

Бывает высокий, средний и низкий отпуск, который производится нагревом детали до температуры, °С, соответственно 500—550, 300—350 и 150—200 с последующим охлаждением. Высокий снимает напряжения в детали, вызванные закалкой, при этом существенно снижается твердость. Такому отпуску подвергаются ключи, ломы, оправки, детали, работающие на изгиб, кручение, удар. Средний снимает внутренние напряжения

и снижает твердость. Применяется для пружин, зубил, матриц, штампов и т. п. При низком отпуске твердость детали не изменяется, но снижаются внутренние напряжения. Применяется для режущего инструмента и цементируемых деталей.

Температуру нагрева стали, °С, для отпуска определяют по цветам побежалости:

Соломенный . . . . .	220	Фиолетовый . . . . .	280
Золотистый . . . . .	230	Синий . . . . .	300
Коричневый . . . . .	240	Светло-голубой . . . . .	320
Красно-коричневый . . . . .	250	Светло-серый . . . . .	340
Пурпурный . . . . .	260		

Примечание. Температура легированных сталей на 20—30° выше указанной для цвета побежалости.

Отпуск некоторых деталей (зубила, молотки, оправки и т. п.) производят за счет внутренней теплоты (самоотпуск). Охладив закаливаемую деталь в воде до потемнения поверхности, ее вынимают из воды. Поверхность детали вновь нагревается за счет теплоты сердцевины. Выждав, пока поверхность детали по цвету побежалости прогреется до нужной температуры отпуска, ее охлаждают окончательно.

Для изготовления конкретных конструкций и деталей используется сталь определенных марок, указанных в чертеже. Марка стали, ее химический состав и механические свойства указываются в сертификате, который выдается на каждую партию металла, отгружаемого потребителю.

При отсутствии сертификата марку металла устанавливают лабораторными анализами и испытанием отобранных образцов. Марку незакаленной стали можно примерно определить по ее твердости. Между твердостью стали и пределом ее прочности существует соотношение  $\sigma_B = 0,36 HB$ . В условиях монтажной площадки определению твердости стали производится относительным методом с использованием специального прибора (рис. 1). Установив прибор на испытываемый образец, ударом молотка по бойку получают отпечатки шарика на эталонном и испытываемом образцах. По соотношению диаметров полученных отпечатков сравнивается твердость испытываемого материала по отношению к эталонному образцу. При незначительной разнице диаметров отпечатков считается, что твердость испытываемого образца равна твердости эталона. Если разность более 10%, то испытание повторяют с другим эталонном.

Для изготовления конструкций сталь используется в виде проката: листы, уголки, балки, швеллеры, двутавры, трубы,

прутки. Уголки, швеллеры, двутавры и большая часть труб прокатываются из стали с содержанием углерода 0,15—0,3%, что соответствует марке Ст3 по ГОСТ 380—71\* и стали 20 по ГОСТ 1050—74\*\*.

Прутковый прокат, используемый для изготовления деталей ковкой, штамповкой и механической обработкой, изготавливается из различных марок сталей.

Знать марку металла важно при изготовлении сварных конструкций, так как для каждого сорта стали разработана своя технология сварки и используются определенные электроды. Сварка легированных сталей и сталей с содержанием углерода свыше 0,35% приводит к закалке и образованию трещин в зоне сварного шва.

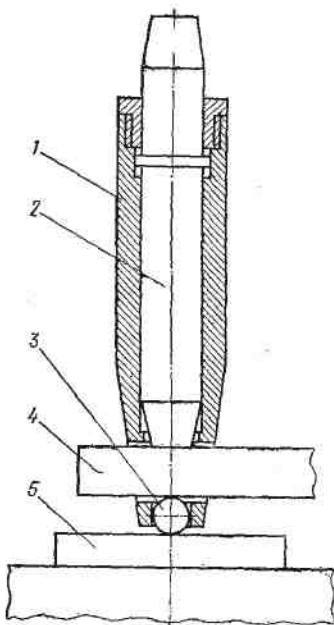


Рис. 1. Определение твердости стали специальным прибором:

1 — корпус; 2 — боек; 3 — шарик; 4, 5 — образцы соответственно эталонный и испытываемый.

**Чугун.** Это сплав железа с углеродом (2—4%). Его применяют в монтажном производстве в виде готовых изделий. Из чугуна изготавливают подкладки под оборудование, балласты и неответственные детали грузоподъемных устройств.

Достоинствами чугуна является его меньшая дефицитность и дешевизна как литейного материала и высокая коррозионная стойкость по сравнению со сталью. Чугун хорошо воспринимает сжимающие нагрузки. Недостатки чугуна: плохая свариваемость, низкая сопротивляемость растягивающим нагрузкам. Чугун практически не поддается огневой резке в среде кислорода.

Механические свойства чугуна характеризуются разрушающими напряжениями на растяжение, изгиб и сжатие. В сред-

нем разрушающие напряжения сжатия примерно в 2 раза выше разрушающих напряжений изгиба и в 4 раза выше напряжений растяжения.

**Бронза.** В монтажном производстве ее используют в виде литейных заготовок для изготовления подшипниковых узлов механизмов и устройств. К бронзам относятся сплавы меди с различными металлами и фосфором. Бронза имеет хорошие антифрикционные качества и коррозионную стойкость.

Бронзы делятся на две основные группы: оловянистые, обладающие более высокими антифрикционными качествами, но более дорогие и дефицитные, и безоловянистые, обладающие специальными свойствами в зависимости от используемых легирующих элементов. Высокая стоимость и дефицитность бронз ограничивает область их использования, несмотря на простоту конструкций и хорошую работоспособность подшипниковых узлов с бронзовыми втулками.

Сплавы алюминия с магнием, марганцем и медью. Прокат из алюминиевых сплавов (листы, трубы, уголки) в монтажном производстве используется для изготовления переносных лестниц, стремянок и различных приспособлений. Алюминиевые сплавы отличаются низким удельным весом при относительно высокой прочности. Модуль упругости алюминия равен  $7,1 \cdot 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>, т. е. в 3 раза меньше, чем у стали. Это требует увеличения жесткости конструкций, работающих на изгиб. Сварка алюминия производится по специальной технологии.

### **Материалы для склеивания деталей**

Для склеивания металлических деталей используются водостойкие клеи из синтетических смол, отверждение которых достигается воздушной сушкой, термическим воздействием и внесением в пластифицированную смолу специальных отвердителей. Склеиваемые поверхности должны быть подогнаны, обезжирены и иметь шероховатость 6—8 класса.

Для склеивания лучшими являются многокомпонентные клеи с отвердителем, не меняющие своего объема в процессе схватывания (типа эпоксидных). Рекомендуемые марки клея и режимы склеивания приведены в табл. 1.

## Прокладочные и набивочные материалы

Для уплотнения разъемов редукторов, крышек емкостей, подшипниковых узлов, разъемных соединений трубопроводов и т. п. используют различные прокладочные и набивочные материалы (табл. 2). Материал выбирают в зависимости от состава уплотняемой среды, ее температуры, давления, эксплуатационных условий, требований к надежности и т. п. Марка

### 1. Режимы склеивания металлов синтетическими клеями

Марка клея	Основной компонент (смола)	Режим склеивания				Напряжение сдвига, кгс/см <sup>2</sup>			Рабочая температура, °С	Расход, г/м <sup>2</sup>
		Давление, кгс/см <sup>2</sup>	Выдержка, ч	Температура, °С	Количество слоев	Чугун — сталь	Чугун — чугун	Сталь — сталь		
ПУ-2	Полиуретановая	0,5	48	20	1	45	60	50	—	250
ПУ-2	»	0,5	4	155	1	180	200	180	—	280
ВС-350	Феноло-формальдегидная	0,8	3	200	2	300	260	300	20	250
ВС-10Т	»	1	3	180	2	320	330	300	20	280
ВК-3	»	5	3	170	2	250	250	165	200	280
БФ-2	»	10	2	180	2	70	70	50	100	200
ВК-9	Эпоксидная	3	24	20	1	90	90	70	125	200

**Примечание.** Приведенные марки клея применяются также для склеивания дерева, пластика, фарфора.

прокладочного материала указывается на чертеже. Ответственные стыки уплотняются при изготовлении оборудования. Однако в процессе ревизии и наладки оборудования часть стыков приходится вскрывать и переуплотнять с заменой уплотнителей.

В основу прокладочных и набивочных материалов входят резина, асбест, ткани, лаки, бумага, смолы, графит, металлы.

Основными уплотняемыми средствами при монтаже оборудования являются: пар, вода, воздух, нефтепродукты, газы,

## 2. Материалы для изготовления прокладок и набивок

Наименование	Марка	ГОСТ, ТУ
Асбестовый картон	КАОН-1	ГОСТ 2850—75
То же	КАП	То же
Паранит	ПОН	ГОСТ 481—71
Лента фторопластовая прокладочная	Ф-СТ-4	ГОСТ 18999—73
Фторопластовый уплотнительный шнур	ФУМ	ТУ 6-65-1570-77
Резина сплошная и армированная	ОМБ, ПНБ	ГОСТ 7338—77*
Асбестовый шнур	ТМКЩ ШАОН	ГОСТ 1779—72
Картон прокладочный	А и Б	ГОСТ 9347—74
Бумага чертежная промасленная	—	ГОСТ 597—73*
Фибра	КГФ	ГОСТ 14613—69*
Медь	МЗ	ГОСТ 495—77
Свинец	—	ГОСТ 3778—77Е
Мягкая сталь	—	ГОСТ 9045—70*
Алюминий	АДОО	ГОСТ 4784—74*
Технический войлок	—	ГОСТ 6308—71*

химические реактивы. Герметизируют: водопроводы давлением до 25 атм и паропроводы до 15 атм. мастикой «Герметик», изготовляемой из шеллака (35%), спирта (55%), касторового масла (3%) и охры (1%). Для этих целей употребляют и смесь свинцовых белил (60%) со свинцовым суриком (40%), разведенных на льняной олифе; разъемы редукторов и машин по пришабренным поверхностям шеллаком, разведенным на спирте.

Подвижные соединения уплотняют сальниковыми набивками (по ГОСТ 5152—77) следующих видов (табл. 3): хлопчатобумажная сухая (ХБС), изготовляемая из хлопчатобумажной пряжи путем сплетения в квадратный шнур; хлопчатобумаж-



Толщина, мм	Размер, см	Допустимое атмосферное давление, кгс/см <sup>2</sup>	Допустимая рабочая температура, °С	Прочность растяжения, кгс/см <sup>2</sup>	Область использования, уплотняемые среды
2—1	100×100	2	500	6	Соединение аппаратуры с горячим газом
1,3—2,5	46×78	70	500	15	То же
0,3—6	120×150	64	450	—	Пар, вода, воздух
0,2—3	Ширина 10	64	250	180	Прокладки химического оборудования
До 8	Сечение 8×8	64	150	120	Уплотнение химической аппаратуры
0,5—60	Ширина до 100	3—10	90	—	Вода, воздух, кислоты, щелочи, нефтепродукты
—	Диаметр 0,75—12	—	400	—	Уплотнение аппаратов
0,3—1,75	—	10	40	1,5	Вода, масло
—	Ширина 100	0,5	60	—	Нефтепродукты
0,6—2,5	—	10	80	300	Бензин, керосин
0,4—10	40×60	250	100	900	Вода, пар, кислород
0,3—12	—	100	2	125	Кислота
0,5—3	—	250	470	2000	Пар
—	—	60	400	90	Нефть, масла
До 15	—	100	100	—	Уплотнение разъемов

### 3. Размеры и область применения сальниковых набивок (по ГОСТ 5152—77)

Марка	Диаметр или сторона квадрата, мм	Условия применения		Применение
		Давление, кгс/см <sup>2</sup>	Температура, °С	
ХБС	4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28	200	100	Воздух, масло, вода питьевая

Марка	Диаметр или сторона квадрата, мм	Условия применения		Применение
		Давление, кгс/см <sup>2</sup>	Температура, °С	
ХБП	То же	200	100	Воздух, нефтепродукты, вода
ПС	»	160	100	Воздух, щелочь, вода, пар
АС	»	45	400	Воздух, пар, вода
АП	»	45	300	Воздух, газы, нефтепродукты, кислоты слабые
ПЛ	8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45, 50, 55, 60, 65, 70	200	100	Промышленная вода

ная пропитанная (ХБП), сплетенная из пряжи в шнур и пропитываемая антифрикционным составом; пеньковая сухая (ПС) — квадратный или круглый шнур, сплетенный из льняной, пеньковой или джутовой пряжи; асбестовая сухая (АС) — квадратный шнур, сплетенный из асбестовой нити; асбестовая пропитанная (АП) — та же, но пропитанная антифрикционным составом; прорезиненная льняная (ПЛ) — шнур, сплетенный из прорезиненной льняной ткани.

### **Смазочные, обезжиривающие и моющие материалы**

Смазочные материалы используются для смазки монтажных механизмов, а также монтируемого оборудования. Они подразделяются на две группы: жидкие масла и консистентные смазки. Основное назначение смазочных материалов — снизить трение между трущимися узлами машин и механизмов (подшипники, зубчатые зацепления, направляющие и т. п.) путем создания смазочной пленки между контактными точками взаимно перемещающихся поверхностей. Несущая способность такой пленки зависит от многих факторов: температуры, усло-

вий смазки, скорости скольжения, нагрузки, среды работы и материала трущихся поверхностей.

Важнейшие характеристики, определяющие сорт смазочного материала, — вязкость, интервал температур, в котором смазка сохраняет свои свойства, и несущая способность смазочной пленки.

Основой смазочных материалов, используемых в монтажном производстве, являются продукты переработки нефти. Уровень и стабильность качества масел существенно зависят от вносимых в них добавок. Замена одного сорта смазки другим для части монтажных механизмов допускается по их вязкости. Перечень наиболее употребительных минеральных масел приведен в табл. 4.

Кроме снижения сил трения, смазки также предохраняют смазываемые узлы от коррозии, охлаждают, уплотняют зазоры, препятствуя проникновению пыли и влаги.

Для смазки тихоходных, тяжело нагруженных подшипников употребляют консистентные смазки (табл. 5).

Для защиты поверхностей от коррозии в масла и смазки вносятся ингибиторные присадки МНИ-7 и МНИ-3 (ГОСТ 10584—63\*), а также используются специальные мази.

Консистентные смазки делятся на легкоплавкие и тугоплавкие: солидолы (температура каплепадения 75°С) — минеральные масла, загущенные кальциевыми мылами и используемые при возможном попадании воды на смазываемые поверхности; констатины (температура каплепадения свыше 110°С) — минеральные масла, загущенные натриевыми мылами и используемые для подшипников с повышенной температурой окружающей среды; компаундированные — смесь солидолов и констатинов, занимающие промежуточное положение.

Для измерения вязкости масел установлено несколько единиц, в частности: кинематическая вязкость, измеряемая в сантистоксах (сст); условная вязкость (ВУ°) и соответствующая ей вязкость в градусах Энглера (°Е). Вязкость масла обычно определяется при температуре 50 и 100°С. Зависимость между кинематической вязкостью в сантистоксах и условной вязко-

стью в градусах Энглера определена формулой 
$$\gamma = \left( 7,31^{\circ\text{E}} - \frac{6,31}{^{\circ\text{E}}} \right).$$

Нагрузочная способность смазочной пленки между трущимися поверхностями существенно повышается вносимыми в смазку присадками.

4. Минеральные масла, рекомендуемые для использования при монтаже промышленного оборудования

Наименование и марка масла	ГОСТ, ТУ	Вязкость при 50° С		Температура, °С		Применение
		сст	условная °ВУ	вспышки	застывания	
Вазелиновое Т	ГОСТ 20799—75*	5,1—8,5	1,4—1,70	125	—20	Расконсервация механизмов
Индустриальное:						
ИС-12	ГОСТ 20799—75*	10—14	1,83—2,22	165	—30	Заправка гидротолкателей
ИС-30	ГОСТ 20799—75*	27—33	3,7—4,45	190	—15	Редукторы лебедок
ИС-50	ГОСТ 20799—75*	42—58	5,6—7,65	210	—20	Червячные редукторы
Компрессорное 12 (М)	ГОСТ 1861—73	11—14	1,93—2,22	216	—	Компрессоры
Трансмиссионное тракторное	МРТУ 38-1-264-68	15	2,35*	220	—15	Червячные редукторы
Масло гидравлическое	ГОСТ 16728—78	25—35	3,45—4,7	190	—10	Гидродомкраты

\* При 100° С.

5. Консистентные смазки, рекомендуемые для использования на монтаже промышленного оборудования

Наименование и марка смазки	ГОСТ	Температура каплепадения	Пенетрация при 0°C	Рабочая температура, °C	Применение
Солидолы жировые: УС-1 УС-2	1033—73	75 75	1000 2500	—25 до +65 —25 до +65	Подшипники тяжелых блоков, барабанов лебедок
Солидолы синтетические: солидол С прессолидол С	4366—76*	70 75	— —	60 50	То же
Консталин жировой УТ-1 УТ-2	1957—73*	130 150	4000 4000	120 120	Механизмы в помещении с высокой температурой
ВНИИ НП-242 Графитовая УСА	20421—75* 3333—55*	— 77	5000 3000	110 65	То же Направляющие при перетаскивании грузов
Вазелин технический	—	54	—	45	Консервация оборудования

При монтаже оборудования приходится производить большой объем трудоемких работ по расконсервации оборудования. Оборудование в основном консервируется нефтебитумными материалами, удаление которых производится с использованием различных растворителей, смывок, моющих средств и паст, действие которых сводится к растворению или размягчению консервирующих покрытий. Для расконсервации применяют химические реактивы, нефтепродукты, насыщенный пар, растворы щелочей, горячая вода.

В табл. 6 приведены материалы, используемые для расконсервации и обезжиривания деталей машин, использование ко-

## 6. Материалы для расконсервации и обезжиривания

Наименование материалов	ГОСТ	Плотность, кг/л	Температура, °С		Применение
			кипящая	аспицики	
Бензин растворитель Бр1	443—76	0,73	80	—17	Обезжиривание, мойка
Ацетон	2768—69*	0,79	56	—18	Обезжиривание
Спирт этиловый синтетический	11547—76	0,79	—	64	»
Керосин	4753—68*	0,79	110	28	Мойка
Уайт-спирит (лаковый бензин)	3134—78	0,79	165	33	»
Скипидар	1571—76	0,86	150	38	»
Дихлорэтан	1942—74	1,25	82,5	13	Обезжиривание
Четыреххлористый углерод	4—75*	1,59	76	Не горит	»

торых требует соблюдения особых мер безопасности из-за высокой летучести, токсичности и огнеопасности. Мойку деталей этими материалами необходимо производить в закрытых емкостях, в хорошо проветриваемых помещениях, в спецодежде.

Бензин, керосин, скипидар хорошо смывают покрытия из нефтебитумных материалов и ограничено — масляные краски. Ацетон смывает нитролаки и нитрокраски.

Для удаления старых красок пользуются раствором 100 г парафина в 1 л ацетона. Раствор наносится на покрашенную поверхность, выдерживается 1 ч и смывается 50%-ным раствором ацетона с бензином.

Для снятия старых лакокрасочных покрытий выпускаются смывки: АФТ-1 (раствор каллоксилина и парафина в ацетоне, формальдегиде и толуоле) — для снятия масляных и нитроцеллюлозных лакокрасочных покрытий; СА-4 (смесь органических растворителей, загустителей и разрыхлителей с противокислотными ингибиторами) — для снятия синтетических эмалевых красок горячей и холодной сушки (МРТУ 6-10-641-67); обыкновенную СД (раствор парафина и нафталина в органических растворителях) — для удаления масляных красок и эмалевых покрытий.

### **Лаки, краски и изоляционные материалы**

Обеспечение долговечной работы оборудования металлургических, химических и других заводов требует его защиты от коррозии. Этим целям отвечает покраска поверхности металла или нанесение защитных покрытий от воздействия кислот, щелочей и других химически активных веществ (табл. 7—10).

В состав покрасочных покрытий входят: пигменты, тонкодисперсные вещества, нерастворимые в воде и пленкообразующих веществах; пленкообразующие вещества (масла, смолы); растворители; сиккативы — улучшающие сушку краски.

Выбор марки краски для защиты конкретного оборудования зависит от материала, из которого изготовлено оборудование, от температуры поверхности лакокрасочного покрытия и от агрессивности среды, соприкасающейся с покрытием. Вид и технология противокоррозионного покрытия выбираются при проектировании оборудования и указываются в проекте.

Качество и свойства краски определяются входящими в них пигментами и пленкообразующими веществами. Пигменты обладают способностью не разлагаться и не менять своих свойств под воздействием окружающей среды (воздух, свет, вода, химические реактивы, механическое воздействие).

Пигменты, входящие в грунтовки для покраски стальных конструкций, обладают хорошей противокоррозионной способностью: железный и свинцовый сурик, цинковые белила, в составе грунтовок ГФ-031, ГФ-032ГС, ФЛ-03-К, ЭП-09Т, — защищают металл от проникновения влаги; цинковый, стронциевый кроны и другие хроматы в составе грунтовок ГФ-031, ФЛ-03-Ж, АК-069 и другие, — пассивируют металл; фосфоти-

## 7. Растворители покрасочных материалов

Марки	ГОСТ, ТУ	Состав	Растворяемый материал
Р-4 РС-2	ГОСТ 7827—74* —	Ацетон, бутилацетат Уайт-спирит, ксилол	Перхлорвиниловый Масляные эмали и битумный лак
№ 646	ГОСТ 18188—72*	Сложные эфиры, кетоны, спирты	Нитролаки и эмали
№ 651	—	Уайт-спирит, бутанол	Автоэмали

## 8. Краски густотертые

Наименование	ГОСТ	Разведение олифой	Применение
Белила цинковые	482—77	Натуральной	Наружная покраска
Белила свинцовые	12287—77	»	То же
Масляные	8292—75	Комбинированной	»
Масляные земляные	8866—76	Глифталевой	Наружная и внутренняя покраска
Сурик железный	8135—74	Комбинированной	Наружная грунтовка



## 9. Грунтовки для покрытия стальных изделий

Марка	Цвет	Растворитель	Режим сушки		ГОСТ, МРТУ
			температура, °С	время, ч	
ГФ-0119	Красно-коричневый	Соллол + уайт-спирит	100 20	0,58 0,80	ГОСТ 23343—78
ГФ-032	Желтый	Ксилол	100	2,5	МРТУ 6-10-698-67
МС-067	Красно-коричневый	№ 646, Р-4	20	0,1	—
ФЛ-03-К	Красно-коричневый, желтый	Сольвент + уайт-спирит	20	2	ГОСТ 9109-76
ЭП-09Т	Красно-желтый	Этилцеллозоль + ацетон	150	1	—
ХВ-079	Красно-коричневый	Р-4	20 60	1 6	МРТУ 6-10-773-68
АК-069	Желтый	№ 648, Р-5	20	2	МРТУ 6-10-899-69
ВЛ-0,23	Зеленый	№ 648, Р-6	20	0,25	ГОСТ 12707—77

10. Эмалевые краски для металлических конструкций

Марка	ГОСТ, ТУ	Растворитель	Режим сушки	
			температура, °С	время, ч
ГФ-1151	ТУ 6-10-1409-73	Сольвент	110	1
ПФ-115	ГОСТ 6465-76*	Скипидар	23	12
ПФ-187	МРТУ 6-10-841-69	Уайт-спирит + сольвент	23	24
МЛ-12	ГОСТ 9754-76	№ 651, сольвент	140	0,3
ЭП-51	ГОСТ 9640-75	№ 648	22	3
КО-83	ТУ 6-10-622-73	Толуол	180	2

рующие грунтовки (ВЛ-02, ВЛ-08 и др.) благодаря присутствию фосфатной кислоты фосфотируют металл, делая его поверхность химически стойкой к коррозии; цинковая пыль, алюминиевая пудра создают протекторную защиту металла.

Пленкообразующие вещества в основном определяют сорт краски и бывают органического происхождения и синтетического производства. Они подразделяются на две основные группы: обратимые, которые в процессе сушки создают пленки с новой структурой и не могут быть обращены в первоначальное состояние; необратимые, которые после высыхания могут быть соответствующими растворителями восстановлены в первоначальное состояние.

Пленкообразующие вещества требуют определенных условий их сушки: олифы высыхают при температуре 18—22° С и относительной влажности воздуха 60—70% за 24 ч; нитрофиновые — при температуре 18—23° за 1 ч; синтетические смолы — при температуре 80—150° С за 1,5—2 ч или при температуре 20° С за 24—72 ч. Олифы (льняная по ГОСТ 7931-76 и оксоль ГОСТ 190-78) и часть смол высокой температурной сушки дают обрабатываемые труд-

норастворимые пленки, стойкие к воздействию окружающей среды.

Технология покраски оборудования включает в себя следующие операции: подготовка поверхности к покраске; грунтовка окрашиваемой поверхности; нанесение покрасочных слоев (1—3).

Подготовка поверхности сводится к очистке поверхности механическим или химическим способом от ржавчины, загрязнений и жиров. Подготовку корродированной поверхности производят преобразователем ржавчины с последующей окраской по обычной технологии. Выпускаются преобразователи ржавчины П-1Т и П-2 (МРТУ 6-10-824-69), которые должны использоваться с грунтовкой ВА-0112 (ТУ 6-10-1239-72).

Грунтовое покрытие, кроме противокоррозионных свойств, должно обладать хорошей адгезией (сцеплением) с окрашиваемой поверхностью и покрасочным материалом.

Для приклеивания защитного покрытия к металлическим поверхностям используют клей 88Н (МРТУ 38-5-880-66) и «лейконат» (ГОСТ 2841—71).

## Газы, другие материалы

В технологии монтажных работ находят применение: техническая вода и воздух — для испытания трубопроводов, очистки и мойки оборудования; бензин и керосин — для газовой

## II. Газы, используемые на монтажных работах

Наименование газов	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Плотность относительно воздуха	Температура горения в кислороде, °С	Взрывоопасная смесь, %	Токсичность
Азот	1,250	0,967	—	—	Нет
Аргон	1,783	1,379	—	—	Нет
Ацетилен	1,179	0,909	3100	2,8—63	Да
Воздух	1,293	1,0	—	—	Нет
Водород	0,09	0,069	2100	9,5—66,3	Нет
Кислород	1,429	1,105	—	—	Нет
Метан	0,717	0,554	1700	6,25—11,9	Да
Оксид углерода	1,290	0,967	—	—	Да
Пары бензина	—	—	2400	1,4—5,5	Да
Углекислота	1,977	1,529	—	—	Нет

резки и подогрева стали при гибке и рихтовке деталей; кислород, водород, ацетилен, природные газы — для газорезательных и газосварочных работ; азот для создания нейтральной среды при наладке и испытании гидравлических систем; углекислота и аргон — для электросварочных работ.

Газы, используемые на монтажных работах, приведены в табл. 11.

## Абразивные материалы

Абразивная обработка металлов в монтажном производстве применяется при подготовке стыков для электросварки, зачистке электросварных швов, резке металлов, подгонке шарнирных соединений, разъемов редукторов, подшипниковых узлов и т. п. Для этих целей применяются: диски шлифовальные фибровые (ГОСТ 8692—75); круги шлифовальные (ГОСТ 2424—75); головки шлифовальные (ГОСТ 2447—76); сегменты шлифовальные (ГОСТ 2464—75); бруски шлифовальные (ГОСТ 2456—75); шкурки шлифовальные тканевые (ГОСТ 5009—75); шкурки шлифовальные тканевые водостойкие (ГОСТ 13344—79), бумажные (ГОСТ 6456—75\*) и бумажные водостойкие (ГОСТ 10054—75\*); круги отрезные (ГОСТ 21963—76); круги

### 12. Абразивные армированные круги 14А50НСТЗБУ для резки и зачистки стали и чугуна (по ГОСТ 21963—76)

Типоразмер $D \times H \times d$ , мм	Марка используемых машин	Частота вращения, об/мин	Назначение
$D 180 \times 3 \times 22$	ИЭ-2103, Ш-178	8500	Резка стали, разделка швов
$5П180 \times 6 \times 22$	ИЭ-2103, Ш-178	8500	Зачистка стальных изделий
$D 230 \times 3 \times 22$	ИЭ-2102А, Ш-230	6640	Резка стали, разделка швов
$5П230 \times 6 \times 22$	ИЭ-2102А,	6640	Зачистка стальных изделий
$D 300 \times 3 \times 32$	Пила ПДМ-75	5100	Резка стали
$D 400 \times 4 \times 32$	Пила ПМ300/400	3820	То же

Примечание.  $D$  — диаметр круга;  $H$  — высота круга;  $d$  — диаметр отверстия. Скорость резания 80 м/с.

### 13. Характеристика шлифовальных шкур

Вид шкурки	Наименование абразивного материала	Основа	Зернистость	Прочность кгс*
Тканевая для сухого шлифования (ГОСТ 5009—75)	Электрокорунд, монокорунд, карбид кремния	Саржа: легкая (СЛ)	63—12, М63—М40	12/6
		средняя (СС)	80—12, М63—М40	18/6
		утяжеленная (СУ)	125—12, М63—М40	20/12
Тканевая водостойкая (ГОСТ 13344—79)	Электрокорунд, карбид кремния	Саржа: средняя (ООС)	12—3, М63—М40	16/8
		утяжеленная (ОСУ)	50—16	20/12
Бумажная для сухого шлифования (ГОСТ 6456—75*)	Электрокорунд, карбид кремния, стекло, кремний	Бумага: БШ-140	25—3	18/10
		БШ-200	50—3	23/12
		БШ-240	5—12	25/15
Бумажная водостойкая (ГОСТ 10054—75*)	Электрокорунд, карбид кремния	Бумага (ГОСТ 10127—75)	16÷43 (Э, ЭН) 64÷53 (КЗ, КЧ)	16/8

\* В числителе указана прочность вдоль, в знаменателе — поперек шкурки.

шлифовальные для ручных машин (ГОСТ 23182—78); абразивные пасты и порошки.

Для изготовления абразивных инструментов используются абразивные порошки: электрокорундовые Э, ЭБ (микротвердость 2000 кг/мм<sup>2</sup>); карбид кремния КЧ, КЗ (микротвердость 3600 кг/мм<sup>2</sup>); карбид бора КБ (микротвердость 4500 кг/мм<sup>2</sup>); кубический нитрид бора БО, БП, БВ (микротвердость 9000 кг/мм<sup>2</sup>); алмаз (микротвердость 10000 кг/мм<sup>2</sup>). Шлифовальные инструменты в основном изготавливаются из электрокорунда и карбида кремния разных марок.

Для резки металла и подготовки стыков под сварку используются армированные круги (табл. 12). Размеры кругов, рекомендуемых для монтажных работ:  $D=20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 150; 175; 200; 250; 300; 350; 400; H=1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; d=6; 8; 10; 13; 16; 20; 32; 51; 76$ , где  $D$  — диаметр;  $H$  — высота;  $d$  — диаметр отверстия.

В табл. 13 приведены типы выпускаемых шлифовальных шкур.

## Пиломатериалы

В монтажном производстве пиломатериалы используются для изготовления лесов, подмостей, ограждений, вымосток и подкладок. Высокая стоимость и дефицитность пиломатериалов ограничивают область их применения.

По своим свойствам и механическим характеристикам условиям строительно-монтажных работ наиболее отвечают хвойные породы дерева (сосна и ель). Лиственные породы дере-

## 14. Механические свойства древесины

Порода древесины	Допускаемые напряжения, кгс/см <sup>2</sup>					Плотность, т/м <sup>3</sup>
	изгиб	растяжение	сжатие	скалывание	поперек волокон	
Сосна	120	85	120	12	55	0,5
Ель	120	85	120	12	55	0,5
Дуб, ясень	155	110	155	19	65	0,7
Береза, бук	130	90	130	15	65	0,7
Осина, тополь	95	70	95	10	45	0,7
Лиственница	145	100	145	12	65	0,7

вьев, за исключением дуба, для изготовления конструкций мало пригодны. Характеристики наиболее распространенных пород деревьев приведены в табл. 14.

Для устройства временных путей и вымосток используются шпалы (табл. 15).

### 15. Деревянные шпалы (ГОСТ 78—65\*)

Тип шпал		Толщина, мм	Ширина постели, мм	
обрезные	необрезные		верхней	нижней
IA	IB	180	165	250
IIA	IIB	160	160	230
IIIA	IIIB	150	150	230

Примечания: 1. Длина шпал 2750 мм.

2. Тип А — пропиленные с четырех сторон; тип Б — пропиленные верхние и нижние постели.

### Строительные растворы и бетоны

Промышленное оборудование в подавляющем большинстве монтируется на бетонных фундаментах. Монолитные фундаменты сооружаются из бетонов марки не ниже 150. Бетоном является водный раствор из цемента, песка и щебня. Марка бетона определяется маркой цемента и щебня, входящих в бетонную смесь. Для приготовления легких бетонов используют в качестве щебня отходы кирпича, доменные шлаки, известняк. В тяжелые бетоны, используемые для сооружения ответственных фундаментов под оборудование, входит гравий.

Качество бетона при прочих равных условиях зависит от водоцементного отношения, способа укладки (бетон должен быть уложен с возможно меньшим разрывом от момента его приготовления до укладки и подвергаться тщательному уплотнению), а также от температурного режима и степени увлажнения в период схватывания.

Монтировать оборудование на бетонном фундаменте допустимо после достижения бетоном 70% его семидневной прочности. Если режим укладки и схватывания будет нарушен, то прочность может оказаться недостаточной, что создаст опасность выдергивания или нарушения сцепления болтов с бетоном при их затягивании на проектную нагрузку.

Качество и трудоемкость установки оборудования зависит от состояния поверхности фундамента. Дефекты поверхности фундамента могут быть исправлены цементно-песчаным раствором марки не ниже 150.

Для приготовления раствора четыре части кварцевого песка (примеси пыли и глины не допускаются) и одна часть цемента марки 400 перемешиваются с водой до состояния, допускающего удобную укладку. Раствор укладывается на дефектные места и утрамбовывается. Температура схватывания бетона должна быть не ниже 15° С. В процессе твердения (2—3 дня) бетон необходимо увлажнять.

Для подливки оборудования и замоноличивания стыков сборного железобетона используют бетонные смеси марки 200, но не ниже марки сборного железобетона. Составы подливочных смесей и цементно-песчаного раствора приведены в табл. 16.

#### 16. Составы подливочных и цементно-песчаных смесей

Состав компонентов	Масса для смеси, кг			ГОСТ, ТУ
	на щебне	на гравии	песочная	
Портландцемент 400	325	275	400	ГОСТ 10178—76
Песок	770	635	1800	ГОСТ 8736—77
Щебень 5-15	1140	—	—	ГОСТ 8267—75
Гравий 5-15	—	1345	—	ГОСТ 10268—70*
Вода	178	151	176	Питьевая
Сульфитно-дрожжевая бражка	0,5	1,5	0,8	ТУ 13-04-35-66
Смолка нейтрализованная воздухововлекающая	0,7	0,07	0,04	ТУ 81-05-75-69

#### ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СЛЕСАРНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

В составе монтажного оборудования и средств механизации монтажного участка по монтажу технологического оборудования имеется набор слесарно-сборочного инструмента, который входит в состав бригадных наборов и частично содержится в участковой инструментальной кладовой. В табл. 17 дан пере-



17. Набор слесарно-сборочного инструмента специализированного участка по монтажу промышленного оборудования (на одну монтажную бригаду в составе 7—8 чел.)

Наименование инструмента	Количество	Техническая характеристика	ГОСТ, организация, разработавшая чертежи
Набор ключей: двусторонних гаечных	1 комплект	M10 ÷ M48	ГОСТ 2839—71
накидных двусторонних торцовых сборочных односторонних (копиковых)	То же	M10 ÷ M36	ГОСТ 2906—71
	»	M10 ÷ M27	ГОСТ 3329—75*
	»	Зев ключа 27—41 мм	Нормаль Главстальконструкции НР 26—55
Ключи: гаечные укороченные	»	M64—M140	ГОСТ 3108—71
трубные рычажные № 1, 2, 3	1 шт.	—	ГОСТ 18981—73*
Ключи-трещотки с набором сменных головок:			
КТ-30	»	M16 ÷ M20	ВНИИМонтаж-спецстрой
КТ-60	»	M22 ÷ M30	То же
КТ-120	»	M27 ÷ M42	»
Зубила слесарные	5 шт.	Толщина 10, угол заточки 60°	Нормативы заводов
То же	»	Толщина 20, угол заточки 60°	То же
Кернер	1 шт.	Диаметр 10 мм, длина 100 мм	»
Тиски слесарные	»	Ширина губок 140 мм	ГОСТ 4045—75
Плоскогубцы	»	Длина 200 мм	ГОСТ 5547—75*
Ножницы ручные для металла	»	—	—
Тиски ручные	»	Ширина губок 50 мм	ГОСТ 7226—72*

Наименование инструмента	Количество	Техническая характеристика	ГОСТ, организация, разработавшая чертежи
Коловороты	0,5 комплекта	—	ГОСТ 7467—75*
Ножовка по металлу	1 шт.	—	ГОСТ 17271—76
Вороток раздвижной	»	—	ГОСТ 22401—77
Вороток торцовый трещоточный	»	—	ГОСТ 22402—77
Молотки слесарные А № 5	5 шт.	Масса 800 г	ГОСТ 2310—77
Кувалда	1 шт.	Масса 4 кг	—
Кувалда	»	Масса 8 кг	—
Напильники плоские тупоносые драчовые	2 шт.	Длина 250 мм	ГОСТ 1465—69*
Щетка кардолентная для очистки напильников	1 шт.	Размер 50×200	—
Напильники круглые драчовые	»	Длина 250 мм	ГОСТ 1465—69*
Металлические щетки	5 шт.	—	—
Рулетки:			
РС-2	3 шт.	2 м	ГОСТ 7502—69
РС-20	1 шт.	20 м	ГОСТ 7502—69
Ломы лапчатые	2 шт.	Диаметр 28, 1070 мм	ГОСТ 1405—72
Ломики монтажные	»	Сталь 45, диаметр 19, длина 600	—
Линейка мерительная металлическая	1 шт.	500 мм	ГОСТ 427—75
Штангенциркули:			
ШЦ-I	»	0,1; 125 мм	—
ШЦ-II	0,3 шт.	0,05; 250 мм	—
ШЦ-III	0,2 шт.	0,05; 400 мм	—
Нутромеры микрометрические	0,2 комплекта	Предел измерения от 50 до 1250 мм	ГОСТ 10—75*

Наименование инструмента	Количество	Техническая характеристика	ГОСТ, организация, разработавшая чертежи
Уровни:			
рамные	0,25 шт.	—	ГОСТ 9392—75*
с микрометрической подачей ампулы слесарный валовой	0,1 шт.	—	ГОСТ 11196—74
Отвесы	1 шт.	Длина 200 мм	ГОСТ 3059—75*
Чертилки стальные	3 шт.	Масса 600 г	ГОСТ 7948—71
Циркуль разметочный	»	Диаметр 8 мм	—
Угольник слесарный	1 шт.	Длина 250 мм	ГОСТ 20503—75
Крейцмейсель	»	Размеры 160××100	ГОСТ 3749—77*
Клиновые домкраты	»	Толщина 8 мм, угол заточки 60°	ГОСТ 7212—74
Нож для вырезки прокладок	5 шт.	Грузоподъемность 5 т	ВНИИМонтаж-спецстрой
Инструменты и защитные средства для электрических сварочных работ	1 шт.	Диаметр 40—360 мм, длина 180 мм	—
Инструмент для газовой резки	1 комплект	—	—
Верстаки с инвентарными ящиками	То же	Редуктор кислородный, резак с набором наконечников, шланг кислородный 25 м, очки цветные защитные 1 шт., ключ для кислородных баллонов 1 шт., газовый редуктор пропан-бутановый	—

## 18. Набор электрифицированного инструмента специализиро-

Наименование машины	Марка	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм
Сверлильная	ИЭ-1019А	1000	0,18	254×68×206
	ИЭ-1022А	700	0,25	405×146×200
	ИЭ-1023	250	0,4	422×90×565
Шлифовальная	ИЭ-2102А	6800	1,6	480×288×184
	ИЭ-2103А	8700	1,6	467×262×189
	Ш-180	8500	0,75	
	Ш-230	6000	1,40	
	РРА-40	19000	0,33	
	ИЭ-2005	5460	0,4	
Гайковерт	ИЭ-3101	950	0,27	490×91×141
	ИЭ-3107	950	0,27	490×91×141
	ИЭ-3106	960	0,12	344×68×206
	ИЭ-3108	960	0,18	350×68×210
Ножницы	ИЭ-5403	990	0,25	350×187×282
	ИЭ-5501	990	0,25	330×84×290
Молоток	ИЭ-4207	3000	0,2	435×140×185
	ИЭ-4210	3000	0,313	440×135×187
Перфоратор	ИЭ-4201	2400	0,27	464×108×245
	ИЭ-4701	1100	0,4	475×110×215
Маятниковая пила	ПДМ-75	3600	1,7*	880×430×410
	ПМС-80	3780	2,2*	760×340×350

Примечание. Ток — переменный, однофазный, напряжением 380 В.

ванного участка по монтажу промышленного оборудования

Характеристика инструмента		Количество на одну бригаду	Масса, кг	Примечание	
наименование параметра	величина				
Диаметр отверстия, мм	9	0,3	2		
	14	0,2	3,9		
	23	0,15	6,5		
Диаметр круга, мм	230	0,15	8,2		Взамен ИЭ-2102А, ИЭ-2103А
	180	0,15	8,0		
	180	0,15	5,5		
	230	0,15	5,8		
	40	0,2	3,15		
Момент закручивания, кгс·м	100	0,15	4,75		Взамен ИЭ-3101
	25	0,2	4,4		
	25	0,2	5,5		
	6,3	0,15	3,2		
Толщина реза, мм	11	0,15	3,2		Взамен ИЭ-3106
	2,5	0,1	5		
Энергия удара, Дж	1,6	0,1	4,5		
	4	0,1	6,7		
Диаметр отверстия, мм	6,3	0,1	8,1		
	26	0,1	9,5		
Диаметр круга, мм	32	0,1	14	Взамен ПМД-75	
	230	0,15	80		
	300	0,15	60,5		
	230	0,15	60,5		
	300				

чень минимально необходимого инструмента для монтажа промышленного оборудования, в табл. 18 — электрифицированного инструмента.

Кроме инструмента, указанного в таблицах, рекомендуется иметь страховой запас в объеме 20% общей минимальной потребности, особенно по ручному сборочному инструменту, передаваемому под отчет бригадирам.

Пневматический инструмент, требующий от его привода использования компрессоров, следует использовать в случае крайней необходимости в соответствии с проектами организации и механизации работ.

## **ОСНОВНЫЕ СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ НА МОНТАЖЕ ОБОРУДОВАНИЯ**

### **Допуски, посадки и шероховатости поверхности**

Возможность сборки машин и механизмов из разнообразных деталей и узлов обеспечивается использованием нормализуемых размеров, допусков и посадок.

Допуск на обработку определяется технически возможной и экономически целесообразной точностью изготовления деталей и выражается разностью между верхним и нижним предельными размерами детали, допускающей ее использование по назначению. Расходы на точность изготовления зависят от совершенства технологии и обрабатывающего оборудования. Оснащенность сборочных работ на монтажной площадке невысокая, поэтому назначение степени подгонки высокоточных соединений при монтаже оборудования требует обоснования, а для исполнения — как можно более широкого использования инструментов и приспособлений.

Система допусков распространяется на изготовление всех деталей, как функционирующих самостоятельно, так и входящих в узел или систему.

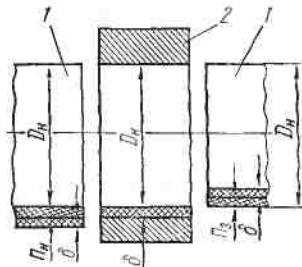
Посадки определяются характером взаимодействия двух (или группы) деталей, соединяемых между собой в функциональный узел (подшипники, блоки зубчатых колес и т. п.), из которых одна является охватывающей, а другая — охватываемой (рис. 2). Посадки выражаются величиной и знаком разности геометрических размеров сопрягаемых мест деталей.

Посадки гладких соединений условно разделяются на три группы: с натягом, когда размер отверстия охватывающей детали меньше размера охватываемой детали; с зазором, когда

размер отверстия охватывающей детали больше размера охватываемой детали; переходные, когда вследствие допусков на изготовление может оказаться, что размер отверстия охватывающей детали будет больше, равен или меньше размера охватываемой детали.

Рис. 2. Схема посадок гладких соединений:

1, 2 — детали соответственно охватываемая и охватывающая;  $D_n$  — номинальный диаметр;  $\delta$  — допуск на обработку;  $P_n$  и  $P_z$  — размеры посадок с натягом и зазором;  $D_n$  и  $D_{n+\delta}$  — предельные нижний и верхний размеры отверстия;  $D_n + P_n$  и  $D_n + P_{n+\delta}$  — предельные верхний и нижний размеры вала с натягом;  $D_n - P_z - \delta$  и  $D_n - P_z$  — предельные нижний и верхний размеры вала с зазором;  $P_{n+\delta}$  и  $P_n$  — максимальный и минимальный зазоры.



Посадки с натягом применяются для сборки узлов с фиксированным положением составляющих их деталей (зубчатые колеса с валом, втулки подшипников в корпусе и т. п.), но которые могут разбираться для ремонта и регулировки. Посадки с зазором назначаются для сборки подшипниковых узлов, шарнирных соединений и других узлов, допускающих взаимное перемещение деталей. Переходные посадки назначаются для тех узлов, разборка которых является обязательным условием их эксплуатации, а взаимное перемещение деталей может быть ограничено стопорящими устройствами.

Одной из задач монтажников является сборка узлов монтируемого оборудования по установленным рабочими чертежами посадкам в пределах нормативных допусков.

ГОСТ 7713—62 установлено десять классов точности (1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8, 9) и шестнадцать посадок (Пр3, Пр2, Пр1, Гр, Пр, Пл — с натягом; Г, Т, Н, П — переходные; С — скольжения; Д, Х, Л, Ш, Тх — с зазором). В 1980 г. введена единая система допусков и посадок (ЕСДП) СЭВ (по СТ СЭВ 144—75, 145—75, 177—75), которая содержит 19 рядов допусков (от 01 до 17), называемых квалитетами, и 27 полей допусков, определяющих посадки.

Ряды полей допусков обозначаются для валов латинскими строчными буквами от А до Z и для отверстий — прописными.

СТ СЭВ устанавливает допуски в системе «отверстий» (А) и системе «вала» (В). В системе отверстий за базу принимается номинальный размер отверстия, который для всех посадок имеет одинаковое отклонение, равное допуску выбранного качества, а отклонение номинального размера вала определяется выбранным полем допуска (посадкой). В системе вала за основу принимается номинальный размер вала, а отклонение для выбранной посадки назначается для отверстий.

Каждому классу точности и посадки по ГОСТ 7713—62 можно выбрать соответствующий качество и поле допуска из СТ СЭВ. Из 19 качеств СТ СЭВ на сборочно-монтажных работах находят применение 6—12 качества (табл. 19) при-

### 19. Допуски применяемых на монтаже оборудования качеств ЕСДП СЭВ для размеров 1—500 м

Номинальные размеры, мм	Допуски, мкм, качества						
	6	7	8	9	10	11	12
До 3	6	10	14	25	40	60	100
3—6	8	12	18	30	48	75	180
6—10	9	15	22	36	58	90	150
10—18	11	18	27	43	70	110	180
18—30	13	21	33	52	84	130	210
30—50	16	25	39	62	100	160	250
50—80	19	30	46	74	120	190	300
80—120	22	35	54	87	140	220	350
120—180	25	40	63	100	160	250	400
180—250	29	46	72	115	185	290	400
250—315	32	52	81	130	210	320	520
315—400	36	57	89	140	230	360	570
400—500	40	63	97	155	250	400	630

### Соответствующие классы точности по ГОСТ 7713—62

Для системы отверстий (А)	1	2	2а	3	3а	4	5
Для системы вала (В)	2	2а	3	3а	4	5	—

мерно соответствующие 1—5 классам точности по ГОСТ 7713—62. Сводка посадок по ГОСТ 7713—62 и соответствующих им полей допусков по СТ СЭВ приведена в табл. 20.



20. Сводка посадок по ГОСТ 7713—62 и соответствующих им полей допусков по ЕСП СЭВ

Посадка по ГОСТ 7713—62		Соответствующее поле по СТ СЭВ	
Наименование	Обозначение	Система вала	Система отверстия
Прессовая третья	<i>Пр3<sub>3</sub></i>	<i>z, x</i>	—
Прессовая вторая	<i>Пр2<sub>1</sub></i>	<i>s</i>	—
	<i>Пр2<sub>2а</sub></i>	<i>u</i>	<i>U</i>
	<i>Пр2<sub>3</sub></i>	<i>u, x</i>	—
Прессовая первая	<i>Пр1<sub>1</sub></i>	<i>r</i>	—
	<i>Пр1<sub>2а</sub></i>	<i>s</i>	—
	<i>Пр1<sub>3</sub></i>	<i>u, s</i>	—
Горячая	<i>Гр</i>	<i>u</i>	<i>TU</i>
Прессовая	<i>Пр2.4</i>	<i>r, s</i>	<i>R, S</i>
Легкопрессовая	<i>Пл</i>	<i>p, r</i>	—
Глухая	<i>Г<sub>1, 2, 2а</sub></i>	<i>n</i>	<i>N</i>
Тугая	<i>Т<sub>1, 2, 2а</sub></i>	<i>m</i>	<i>M</i>
Напряженная	<i>Н<sub>1, 2, 2а</sub></i>	<i>k</i>	<i>K</i>
Плотная	<i>П<sub>1, 2, 2а</sub></i>	<i>i<sub>s</sub></i>	<i>I<sub>s</sub></i>
Скольжение, отверстие, вал	<i>С<sub>1-5</sub><sup>АВ</sup></i>	<i>h</i>	<i>H</i>
Движение	<i>Д<sub>1, 2</sub></i>	<i>g</i>	<i>G</i>
Ходовая	<i>Х<sub>2</sub></i>	<i>f</i>	<i>F</i>
	<i>Х<sub>3</sub></i>	<i>f, e</i>	<i>F, E</i>
	<i>Х<sub>4</sub></i>	<i>e</i>	<i>D</i>
	<i>Х<sub>5</sub></i>	<i>b</i>	<i>B</i>
	<i>Л<sub>1</sub></i>	<i>d</i>	<i>D</i>
Легкоходовая	<i>Л<sub>4</sub></i>	<i>b, c</i>	<i>B, C</i>
	<i>Ш</i>	<i>d</i>	<i>E</i>
	<i>Ш<sub>3</sub></i>	<i>d</i>	<i>D</i>
	<i>Ш<sub>4</sub></i>	<i>a, b</i>	<i>A, B</i>
Тепловая, ходовая	<i>Т<sub>x</sub></i>	<i>c</i>	—

## 21. Параметры шероховатости поверхностей (по ГОСТ 2789—73) и область применения

Класс шероховатости	Высота неровности, $R_z$ , мкм	Отклонение профиля, $R_a$ , мкм	Способ обработки	Область применения	Допуски на обработку (качества)
1	320—160	80—40	Грубые обтачивание, строжка, литье	Нерабочие поверхности	15—17
2	160—80	40—20	Прокатка горячая, литье в кокиль, газовая резка	Крепежные отверстия черных болтов	13—14
3	80—40	20—10	Обпиловка напильником, газорезка машинная	Поверхности, стягиваемые болтами	12—13
4	40—20	10—5	Сверловка, торцевое точение	Непосадочные поверхности деталей	12—11
5	20—10	5—2,5	Обработка резцами, райбером, рядовая	Установочные поверхности	11—10
6	10—6,3	2,5—1,25	Точение, строжка, расточка	Центровочные отверстия, поверхности уплотнения	10
7	6,3—3,2	1,25—0,63	Точение, фрезерование чистовое	Детали под запрессовку, чистые болты	9—8
8	3,2—1,6	0,63—0,32	Протачивание, развертывание специальное	Ходовые винты, шлицы, шейки валов	8—7
9	1,6—0,8	0,32—0,16	Шлифовка	Цапфы подшипников качения, шпонки	7—6
10	0,8—0,4	0,16—0,08	Полировка, хонингование	Зубья колес, подшипники скольжения, штампы	6
11	0,4—0,2	0,08—0,04	Доводка пастами плоскостей	Зеркало задвижек, пробковые краны	5
12	0,2—0,1	0,04—0,02	Доводка пастами цилиндрических поверхностей	Профиль глобоидальных червяков	4—5

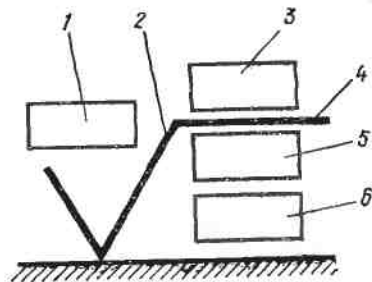
Допуски и посадки на чертежах по СТ СЭВ могут быть показаны условными обозначениями (например, 18H7), числовыми значениями (например, 18+0,018 или 12 ( $\begin{smallmatrix} -0,032 \\ -0,059 \end{smallmatrix}$ )) и комбинированным способом (например, 18H7 (+0,018) или 12e8 ( $\begin{smallmatrix} -0,032 \\ -0,059 \end{smallmatrix}$ )). Значения допусков по условным обозначениям берутся из справочных таблиц по допускам и посадкам.

Шероховатость поверхности детали является следствием ее обработки режущим инструментом или другими способами, в результате чего образуются борозды, вырывы, неровности различной степени. Шероховатость рабочей поверхности детали определяет ее соответствие своему назначению, влияет на прочность, выносливость, безопасность и удобство эксплуатации, эстетический вид.

ГОСТ 2789—73 установил ряд параметров оценки шероховатости, среди которых наиболее важными являются:  $R_a$  — среднее арифметическое отклонение профиля неровности;  $R_z$  — высота неровностей профиля по десяти точкам;  $R_{\text{макс}}$  — наибольшая высота неровностей профиля;  $S$  — средний шаг неровностей.

Рис. 3. Структура обозначения шероховатости поверхности:

1 — параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73; 2 — знак обработки; 3 — вид обработки поверхности; 4 — полка знака; 5 — базовая длина по ГОСТ 2789—73; 6 — условное обозначение направления неровностей.



Шероховатость существенно влияет на износоустойчивость трущихся поверхностей, контактную жесткость детали, герметичность стыков и на надежность соединений посадок с натягом. ГОСТ 2789—73 устанавливает соответствие между требованиями к параметрам шероховатости и эксплуатационным назначениям детали. Установлено 14 классов шероховатости. В табл. 21 даны значения  $R_a$  и  $R_z$  для первых 12 классов шероховатости, которые применяются на монтаже оборудования, а также способ обработки и область применения. На чертежах шероховатость обозначается знаком, приведенным на рис. 3.

## Неразъемные соединения

Клепка. Узлы крупногабаритных машин (балки мостовых кранов, конструкции шагающих и роторных экскаваторов, бочек миксеров и т. п.) поступают на монтажную площадку расчлененными на монтажные блоки и часто соединяются заклепочными швами. На монтаже промышленного оборудования применяются прочные швы.

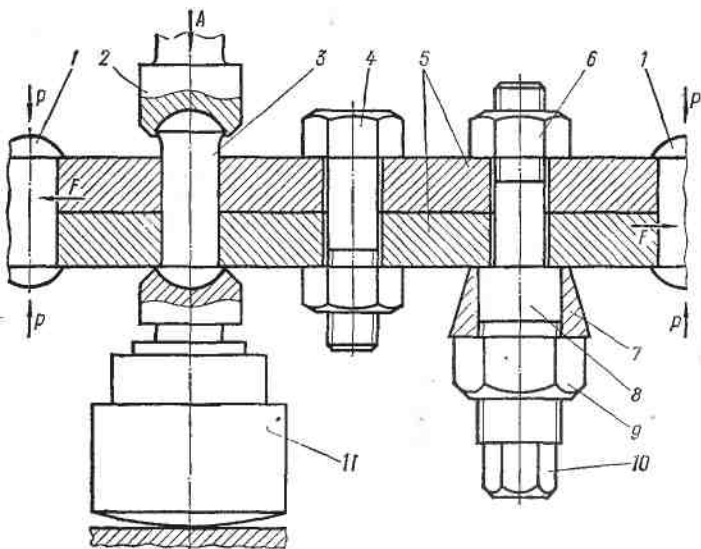


Рис. 4. Схема клепки стыка:

1 — заклепки; 2 — клепальный молоток; 3 — осаживаемая заклепка; 4 — стяжной болт; 5 — склепываемые листы; 6 — замыкающая гайка; 7 — упорная шайба; 8 — корпус стяжного устройства; 9 — стяжная гайка; 10 — удерживающая головка; 11 — пневматическая поддержка.  
 $P$  — усилие заклепки;  $F$  — нагрузка на стык  $F < nPK$ , где  $n$  — число заклепок,  $K$  — коэффициент трения.

Особенностью работы заклепочного шва (рис. 4) является создание заклепками усилия трения  $F$  между склепанными листами, величина которого больше возникающей в процессе эксплуатации нагрузки. Контактующие поверхности склепываемых

мых листов должны быть защищены от коррозии, грунтовок, заусенцев, не должны иметь местных вмятин и короблений.

Для конструкций, работающих в агрессивных средах, поверхности склепываемых листов рекомендуется покрыть тонким слоем натуральной олифы.

Отверстия под заклепки при изготовлении конструкции обычно сверлятся на 2—3 мм меньше номинального диаметра. После сборки конструкции под клепку отверстия рассверливаются на номинальный диаметр. При сборке конструкций с отверстиями, просверленными на номинальный диаметр, их несовпадение должно быть не более 0,5 мм.

Для клепки стальных конструкций заклепки изготавливаются из стали марки Ст2 по ГОСТ 499—70 и ГОСТ 380—71\* или стали 10, стали 15 по ГОСТ 1050—74\*\*. Длину заклепок можно предварительно подобрать по формуле  $L=1,18(S+d)$ , где  $L$  — длина заклепки;  $S$  — толщина пакета;  $d$  — диаметр отверстия. Более точно длина заклепки определяется экспериментально.

Нагрев заклепки производится до температуры  $1050 \div \pm 1150^\circ \text{C}$  (светло-желтый цвет). Клепку следует заканчивать при температуре не ниже  $700^\circ \text{C}$ . В интервале температур  $600—650^\circ \text{C}$  стали присуща хрупкость, поэтому клепка при этой температуре приводит к образованию трещин по периферии осаживаемой головки, что вызывает необходимость замены заклепки. Заклепки нагревают в горне на коксе или газовом угле. Для нагрева также используются газовые горелки, токи высокой частоты и электроконтактные нагреватели током низкого напряжения.

Головки заклепок осаживают при монтаже оборудования пневматическими молотками с использованием пневматических поддержек (см. рис. 4).

Качество заклепочного соединения в значительной степени определяется подготовкой пакета под клепку. Он должен быть стянут монтажными болтами так, чтобы между склепываемыми листами не было зазора. Щуп толщиной 0,25 мм не должен проходить между листами более, чем на 30 мм. Заклепка отвечает своему назначению, если в ее стержне после остывания в результате температурной деформации возникает напряжение, равное пределу текучести ( $\sigma_T = 2300 \text{ кгс/см}^2$ ). Если же между листами остается зазор, то нагрузка на заклепки будет определяться упругой деформацией листов и сила трения между склепанными листами будет ниже расчетной. Во избежание этого необходимо не менее трети заклепочных отверстий в пакете заполнять сборочными болтами, затягивая их на предельную нагрузку. При толщине склепываемых листов

более 20 мм пакет следует собирать на высокопрочных болтах, заполняя половину отверстий. При толщине листов 30 и более мм для стягивания пакетов следует использовать специальные приспособления — гидравлические или резьбовые (см. рис. 4).

Затяжку стыка контролируют обстукиванием заклепок молотком. При этом с противоположной стороны на границу головки заклепки с листом прикладывают пальцы для оценки степени вибрации. Если ощущается разность амплитуды вибрации обстукиваемой заклепки относительно листа, то ее следует заменить.

**Сварные соединения.** Качество сварных соединений обеспечивается строгим соблюдением норм на сборку стыков для сварки, использованием электродов, соответствующих марке свариваемого металла и установленных режимов сварки. Сварка ответственных соединений производится на основании технологических карт дипломированным сварщиком под контролем мастера.

Конфигурация кромок под сварку указывается в чертежах и должна выполняться при изготовлении конструкции поставщиком. Окончательную подготовку стыков на монтаже выполняют слесари-монтажники.

При изготовлении оборудования монтажные стыки оснащаются специальными стыковыми устройствами (рис. 5). Для сборки стыков на монтаже используются различные приспособления (клямеры, струбцины, центраторы и т. п.). Подгонка стыков осуществляется шлифовальными машинками и абразивными кругами, кромкорезами, пневматическими зубилами.

Для сварки стыков оборудования используются различные виды сварки: электрическая на постоянном и переменном токе плавящимся электродом с защитным покрытием; плавящимся электродом в среде углекислоты; порошковой проволокой; неплавящимся электродом в среде защитного газа; в среде аргона; газовая ацетиленом; тепловая сварка пластмассовых материалов.

Вид сварки указывается в технологической карте или проекте производства работ. Однако ответственность за работоспособность и качество смонтированных конструкций лежит на бригадире монтажной бригады. Он должен следить за применением принятого вида сварки и соблюдением режима сварочного процесса.

**Клеевые соединения.** Используются для установки фундаментных болтов, стыковки пластмассовых и стальных технологических трубопроводов, крепления химзащитных и термоизоляционных материалов, соединения лент транспортеров.

Конструкционные стыки склеивают на основании технологических карт, в которых указывается: порядок подготовки стыка; вид клея и порядок контроля его качества; технология склеивания и режим сушки; используемая оснастка и инструмент; методы контроля качества клеевого стыка.

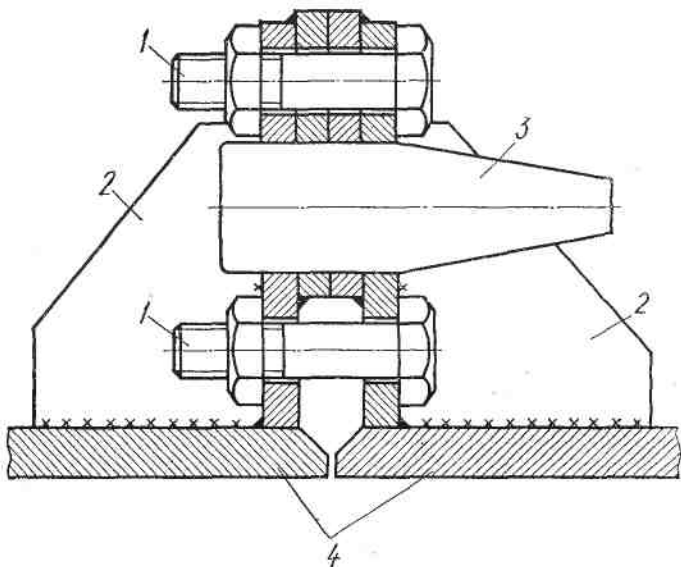


Рис. 5. Устройство для фиксирования листов под сварку:

1 — стяжные болты; 2 — стойки; 3 — центрирующий клин; 4 — стыкуемые листы.

**Посадки с гарантированным натягом.** Сборку трансмиссионных узлов машин (зубчатые колеса, подшипники, муфты), передающих динамические нагрузки или команды от приводных механизмов к исполнительным, производят на посадках с гарантированным натягом. Особенностью этого вида соединений является то, что посадочный размер охватываемой детали (вал) всегда больше посадочного размера обхватывающей детали (кольцо). При насадке обхватывающая деталь растягивается, создавая упругую силу. Охватываемая деталь при этом сжимается, создавая реактивную силу, которая зависит от

относительной разности посадочных размеров детали, их поперечного сечения и модуля упругости материала. Сборка деталей с гарантированным натягом производится напрессовкой или тепловым способом.

Усиление, передаваемое таким соединением, зависит от коэффициента трения между контактируемыми поверхностями, их шероховатости, материала и способа напрессовки. Более прочными получаются соединения, выполненные тепловым способом (температура кольца выше, чем температура вала).

При соединении деталей напрессовкой прочность соединения будет выше для деталей с меньшей шероховатостью поверхности (при одинаковом натяге). Это объясняется тем, что при напрессовке происходит обминание неровностей и натяг уменьшается, от чего усилие распрессовки может уменьшиться в 1,5÷2 раза. Прочность соединения напрессовкой уменьшается еще в большей степени, если происходит не обминание, а срезание неровностей. Чтобы избежать этого, следует на обхватываемой детали снять фаску под углом 4—6° к образующей (рис. 6). Усилие запрессовки можно снизить, смазывая поверхности смесью минерального масла со свинцовыми белилами.

Напрессовка деталей требует использования специального оборудования. Так, для напрессовки стальной втулки длиной 80 мм, с наружным диаметром 120 мм и внутренним 60 мм необходимо приложить усилие около 13000 кгс. Для соединения этих деталей тепловым способом (без приложения существенных усилий) достаточно создать разность температур между обхватываемой и обхватываемой деталями  $\approx 140^\circ\text{C}$ . Деталь следует нагревать в воздушной или масляной ванне. При необходимости нагрева открытым пламенем деталь нужно обернуть асбестовой тканью. Соединение тепловым способом не вызывает сминания неровностей соединяемых поверхностей, и этим повышается сила сцепления.

Соединение деталей тепловым способом следует производить с минимальными затратами времени, чтобы свести к минимуму снижение разности их температур до окончания процесса напрессовки. Это надо учитывать при определении требуемой разности температур.

При подогреве детали воздухом на посадочной поверхности образуется окисная пленка, повышающая сцепление в сравнении с подогревом в масляной ванне.

Необходимость соединения деталей с гарантированным натягом в процессе монтажных работ возникает эпизодически, с редко повторяющимися узлами. Содержание дорогостоящего и сложного оборудования для выполнения этих работ в монтажных организациях нецелесообразно. Поэтому для этих работ



используется оборудование ремонтных служб заказчика или простейшие приспособления.

Обычно большие затруднения вызывает необходимость распрессовки деталей. Наиболее просто распрессовка производится нагревом узла до температуры 200—250° С. Этим в деталях снимаются внутренние напряжения, они могут быть распрессованы с приложением небольших усилий, соответствующих соединениям с переходными посадками.

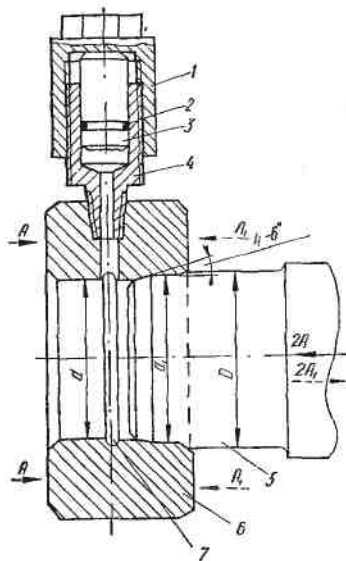


Рис. 6. Схема соединений деталей посадкой с натягом и гидравлического приспособления для распрессовки:

1 — нажимная гайка; 2 — уплотнительное кольцо; 3 — поршень; 4 — корпус гидравлического приспособления; 5 — вал; 6 — шкив; 7 — масляная канавка.  $A, A_1$  — место приложения нагрузки при напрессовке и распрессовке.

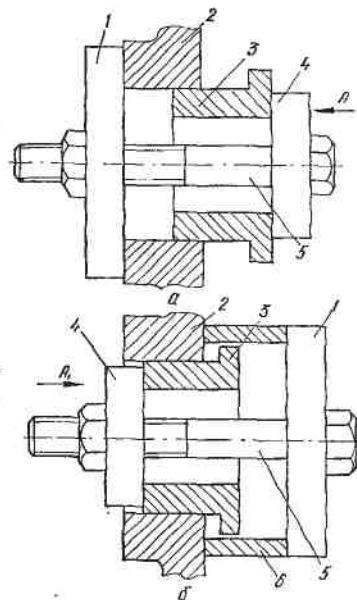


Рис. 7. Схема запрессовки (а) и выпрессовки (б) втулки корпуса редуктора:

1, 4 — диски; 2 — корпусная деталь; 3 — втулка; 5 — болт; 6 — кольцо.  $A, A_1$  — место приложения нагрузки при запрессовке и выпрессовке.

Разборка соединений с гарантированным натягом тепловым способом уменьшает натяг, и повторная сборка будет возможна по посадке другого вида (переходной), так как в нагретом узле произойдут пластические деформации.

Детали, собранные на прессовых посадках, могут быть разобраны без уменьшения их натяга, с использованием гидравлического устройства. Для этого в одной из деталей просверливается отверстие с конической резьбой, закрываемой пробкой. При необходимости распрессовки в это отверстие закручивается насос с винтовой подачей (см. рис. 6), которым в разъем нагнетается минеральное масло под давлением 300—400 кгс/см<sup>2</sup>. Масло, проникая в разъем, расширяет его и, создавая масляную пленку, облегчает спрессовку детали без повреждения посадочных поверхностей.

Запрессовка (рис. 7, а) в корпусную деталь втулки (подшипников качения и т. п.) производится с использованием дисков 1, 4 и винта. С использованием таких дисков и винта, но с добавлением опорного кольца 6 втулка (подшипник и т. д.) может быть выпрессована из корпуса (рис. 7, б).

Напрессовка (рис. 8, а) на вал полумуфты может быть выполнена с использованием диска и шпильки с гайкой. Для этого необходимо в торце вала просверлить и нарезать отверстие 4 для вкручивания шпильки с гайкой 1. Для спрессовки полумуфты может быть использовано приспособление, состоящее из фланца 9 и крепежного винта 8 (рис. 7, б), что потребует в торце полумуфты просверлить и нарезать несколько отверстий для крепления фланца винтами.

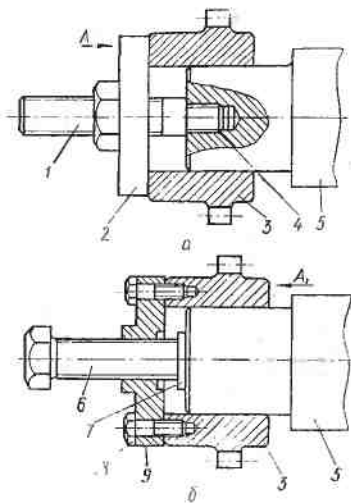


Рис. 8. Схема напрессовки (а) и спрессовки (б) полумуфты:

1 — шпилька с гайкой; 2 — диск; 3 — полумуфта; 4 — отверстие; 5 — вал; 6 — винт; 7 — упорная шайба; 8 — крепежный винт; 9 — фланец.

А, А<sub>1</sub> — место приложения нагрузки при напрессовке и спрессовке.

Для спрессовки с вала 6 кольца 5, в котором невозможно просверлить отверстие для крепления фланца, используется приспособление, приведенное на рис. 9.

Усилия спрессовки и напрессовки деталей описанными приспособлениями можно уменьшить, если по мере нагружения винтов ударять молотком по местам, указанным стрелкой  $A_1$ . Вследствие упругих вибраций деталей, передаваемых через контактную поверхность, коэффициент трения, а также усилие напрессовки снижаются.

При спрессовке (сборке) крупных деталей, собранных на пресованных посадках, для создания вибрационных нагрузок следует использовать электрические и пневматические молотки.

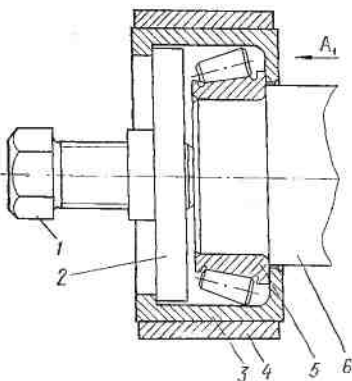


Рис. 9. Приспособление для спрессовки кольца:

1 — винт; 2 — отжимной диск; 3 — полувтулка с буртом; 4 — замыкающая втулка; 5 — кольцо; 6 — вал.

$A_1$  — место приложения нагрузки при спрессовке.

## Разъемные соединения

**Резьбовые соединения.** 20% общего количества соединений конструкций современных машин выполняются резьбовыми соединениями. Трудозатраты на их сборку составляют 5—10% трудоемкости монтажа оборудования. Качество сборки резьбовых соединений в значительной степени определяет работоспособность оборудования.

При сборке стыков, содержащих несколько болтов, их следует затягивать в определенной последовательности, чтобы избежать перекоса и коробления затягиваемых деталей. Гайки обтягиваются в 5—6 этапов поочередно, обычно в диаметрально противоположных точках, начиная от 10—15% расчетной нагрузки болта.

Соединение затягивают до достижения в стержне болта номинального напряжения, величина которого зависит от мате-

риала и точности изготовления болта — гайки, а также качества подготовки стыка для сборки. Так, условием затяжки гайки на предельно допустимую нагрузку является перпендикулярность ее оси опорной плоскости, смазывания резьбы специальным противозадирным составом (масло с цинковыми белилами).

Во всех случаях работоспособность резьбового соединения является наилучшей при его затяжке на максимально допустимое усилие. Затяжка болта выше допустимого усилия может повредить резьбовые соединения. Поэтому важно определить усилие затяжки резьбы с возможно большей точностью.

ГОСТ 1759—70\* устанавливает 12 классов прочности болтов с пределом текучести  $\sigma_t = 20—126$  кгс/мм<sup>2</sup>, которые изготавливаются из соответствующих марок углеродистых и легированных сталей с содержанием углерода от 0,10 до 0,40%.

## 22. Усилие и момент затяжки болтов из углеродистых и легированных сталей

Диаметр болта, мм	Площадь сечения по резьбе, см <sup>2</sup>	Класс прочности, материал, твердость							
		3.6, Ст3, НВ 90		4.6, Ст3, НВ 90		5.6, сталь 35, НВ 170		10.8, сталь 40Х, НВ 240	
		Усилие в болте, кгс	Момент затяжки, кгс·см	Усилие в болте, кгс	Момент затяжки, кгс·см	Усилие в болте, кгс	Момент затяжки, кгс·см	Усилие в болте, кгс	Момент затяжки, кгс·см
10	0,49	670	124	1180	180	880	137	—	—
12	0,72	1010	220	1720	320	1300	240	—	—
16	1,37	1920	560	3300	800	2430	660	—	—
18	1,66	2320	770	4000	1120	2980	830	—	—
20	2,15	3000	1100	5200	1600	3870	1200	10800	3900
24	3,10	4340	1800	7500	2200	5600	2080	15500	6700
30	4,95	6950	3800	11900	5500	8900	4150	24700	13500
36	7,30	10200	5600	17500	9700	13100	7300	—	—
42	10,0	14000	10800	24000	15600	18000	11700	—	—
48	13,2	18500	16300	32000	24000	23800	17700	—	—
56	18,4	25300	26400	46500	40000	33000	28600	—	—

Примечание. Усилия болтов класса 3.6 даны для случая их использования в качестве фундаментных, а класса 10.8 — высокопрочных. Момент затяжки дан для случая смазанных резьбы и торца гайки.

В табл. 22 даны значения номинальных усилий и моментов закручивания наиболее часто применяемых болтов для сборочно-монтажных работ. При необходимости момент затяжки определяют опытным путем для каждого вида соединений и групп болтов.

Напряжение в стержне болта при его затяжке складывается из растягивающих и скручивающих напряжений от момента затяжки. Момент затяжки в зависимости от качества и смазки резьбы на 15—20% увеличивает напряжение в стержне болта, что вызывает необходимость снижать полезную нагрузку. Чтобы исключить влияние момента затяжки на прочность болта, следует после затяжки гайки на расчетную нагрузку развернуть ее обратно на 1—3°, не допуская проворачивания гайки по резьбе. Угол обратного разворота гайки устанавливается в зависимости от момента закручивания и длины болта.

Момент затяжки болта можно существенно уменьшить подогревом его стержня до температуры, превышающей на 90—120° температуру окружающей среды. Вызванное таким нагревом удлинение стержня болта будет равным удлинению от растягивающих напряжений, равных 1200—1800 кгс/см<sup>2</sup>. Усилие затяжки подогретого фундаментного болта сводится к свободному закручиванию гайки. После остывания болта его стержень получит растягивающую нагрузку, равную нормативному усилию.

Для нормативной затяжки болтового соединения необходимо, чтобы оси крепежных отверстий были перпендикулярны опорной плоскости. Под гайку требуется подкладывать шайбу, соответствующую классу прочности болтов и твердости гайки. Стыкуемые поверхности, собираемые на высокопрочных болтах, очищаются от краски и заусенцев. От краски и ржавчины поверхность очищают пескоструйным аппаратом или пламенем газовой горелки.

Гайки болтов, испытывающие вибрационные нагрузки, должны быть застопорены от самооткручивания шплинтами или смазыванием резьбы пластмассовыми мастиками, твердеющими после затягивания. Если гайка стопорится к корпусу машины, то необходимо стопорить и головку болта. Для стопорения гаек большинства болтовых соединений достаточно использовать пружинные шайбы (ГОСТ 6402—70\*).

Усилие затяжки болтов в основном определяют динамометрическими ключами. Погрешность замера усилия составляет 15—20%. Наиболее точно усилие затяжки определяется замером величины упругого удлинения болта. На этот способ трудоемкий и используется в основном для высокоответственных соединений (плитовины прокатных станков и т. п.).

При расчете усилий затяжки болтов необходимо учитывать явление ползучести стали, вследствие которого напряжение и нагрузка в стержне болта со временем уменьшаются. Болты в первый год эксплуатации необходимо периодически подтягивать, чтобы поддерживать их нагружение на расчетном уровне.

Затяжку высоконагруженных болтов соединений можно производить с предварительным растягиванием болтов. Для этого используют специальные гидравлические и механические устройства (рис. 10).

При разборке старых болтовых соединений гайки следует на 2—3 часа промазать керосином, обмотав ветошью. Не поддающиеся раскручиванию гайки прогревают пламенем газовой горелки до температуры 200—250° С и раскручивают в подогретом состоянии. Усилие раскручивания уменьшается, если грани гайки обстучать молотком, поддерживая противоположные грани массивной подержкой.

**Шпоночные соединения.**  
Фиксирование на трансмис-

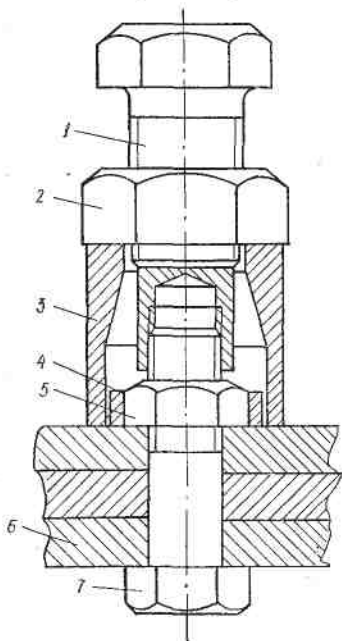


Рис. 10. Устройство для растягивания болтов при затяжке:

1 — натяжной болт; 2 — натяжная гайка; 3 — упорная втулка; 4 — специальный ключ; 5 — гайка; 6 — стягиваемый пакет; 7 — болт.

сионных валах деталей и узлов, передающих крутящие моменты, осуществляется шпонками. В зависимости от характера сопряжения деталей, передаваемых нагрузок и конструктивных особенностей механизмов используются различные виды шпоночных соединений (табл. 23).

Особенности подгонки шпоночных соединений определяют-

ся типом их посадки, удельной нагрузкой и требованиями к надежности. По своему назначению шпонки подразделяются на неподвижные и направляющие.

Направляющие шпонки рассчитаны на продольное перемещение фиксируемых ими деталей под нагрузкой или без нее. Соединение таких шпонок с валом рационально осуществлять по переходным посадкам или с натягом  $\left(\frac{H7}{p6}, \frac{H7}{k6}\right)$ , а с подвижной деталью — с зазором  $\left(\frac{H7}{f7}\right)$ . Шероховатость их рабочих поверхностей

выполняется по 8—9 классам — при перемещении детали под нагрузкой, и по 6—7 классам — без нагрузки.

Неподвижные шпоночные соединения, передающие спокойную неререверсивную нагрузку, собирают на переходных посадках  $\left(\frac{H7}{h7}, \frac{H7}{k7}\right)$ , например, детали транспортных роульгангов,

шлепперов, приводов токарных станков и т. п. Шероховатость рабочих поверхностей этих шпонок выполняется по 6—7 классам. Шпоночные соединения, передающие реверсивные, динамические нагрузки (рабочие роульганги, лебедки и т. п.), собираются на посадках с натягом, при этом шероховатость рабочих поверхностей выполняется по 7—8 классам.

На монтаже оборудования встречаются следующие дефекты шпоночных соединений: высокая шероховатость рабочих поверхностей (устраняется шабровкой и шлифовкой); развал рабочей поверхности шпоночного паза (устраняется подгонкой шпонки к пазу); непараллельность осей шпоночных пазов сопрягаемых деталей (устраняется индивидуальной подгонкой шпоночных пазов); превышение допусков на изготовление шпонок или шпоночных пазов (устраняется изготовлением шпонки по фактическим размерам пазов); смещение шпоночного пазав оси деталей (устраняется индивидуальной подгонкой пазов или шпонки); разная ширина шпоночных пазов сопрягаемых деталей (устраняется изготовлением ступенчатой шпонки или расширением более узкого пазав).

Дефекты шпоночного пазав следует исправлять по технологической карте, так как в случае повторения ошибки обеспечить надежную работу узла будет невозможно.

**Шлицевые соединения.** Используются для узлов, передающих большие крутящие моменты. Они допускают высокие удельные нагрузки и отличаются высокой надежностью в работе. Собираются шлицевые соединения по переходным посадкам или посадкам с зазором. Их подгонка сводится к снятию

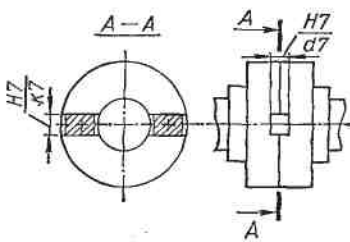
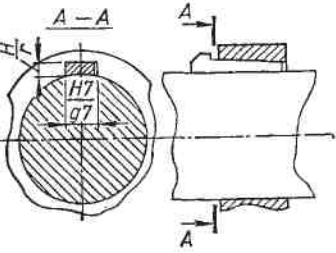
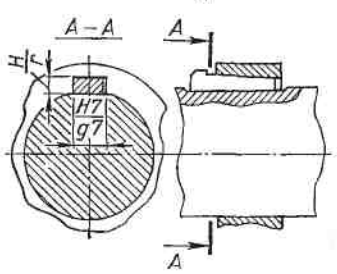
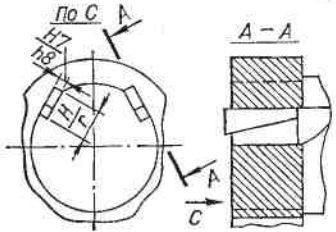
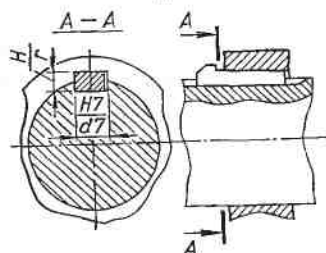
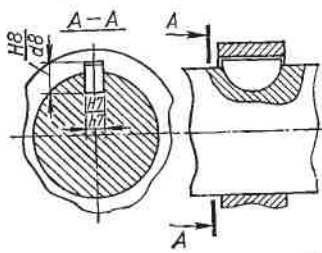
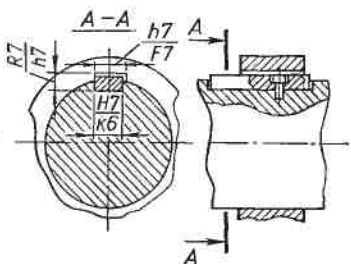
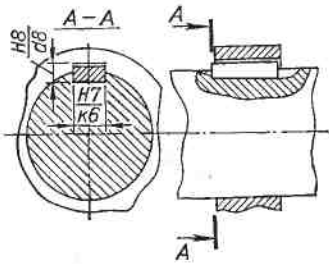
## 23. Шпоночные соединения

Вид шпонок	Номер эскиза	Область использования
Призматические (ГОСТ 23360—78, ГОСТ 10748—79)	Эскиз 1	Для неподвижных соединений
Направляющие (ГОСТ 8790—79)	Эскиз 2	Для расцепления передач, изменения передаточного числа и реверсирования мало-мощных механизмов
Сегментные (ГОСТ 8795—68)	Эскиз 3	Для мало-мощных нереверсивных передач
Клиновые с головкой (ГОСТ 8793—68)	Эскиз 4	Для тихоходных передач с фиксацией от продольного смещения
Тангенциальные (ГОСТ 8796—68, ГОСТ 8797—68)	Эскиз 5	Для тяжело нагруженных передач с реверсивной динамической нагрузкой
На лыске (заводские нормали)	Эскиз 6	Для небольших крутящих моментов с фиксацией от продольного смещения
Фрикционные (заводские нормали)	Эскиз 7	То же
Торцовые (заводские нормали)	Эскиз 8	Для передачи больших крутящих моментов

Примечание. Эскизы к табл. 23 расположены на стр. 51 в следующем порядке:

12  
34  
56  
78





заусенцев и шабровке рабочих граней. Нарезка шлицев на универсальных фрезерных и долбежных станках может привести к переносу рабочей грани относительно оси детали, что вызывает затруднение в сборке шлицевого соединения и требует его индивидуальной подгонки шлифовальными машинами.

## Сборка муфт

В зависимости от назначения, мощности, частоты вращения, передаваемого момента для соединения трансмиссионных валов используются разнообразные муфты: постоянные жесткие, постоянные компенсирующие, сцепные, предохранительные, регулируемые, обгонные и другие.

Муфты с регулируемым моментом, выполняющие функции сцепных и предохранительных, сложны по конструкции, собираются и регулируются на заводе, а на монтаже устанавливаются в соответствии с чертежами без разборки.

Для соединения узлов и механизмов технологического оборудования используются постоянные жесткие и компенсирующие муфты: зубчатые, цепные, втулочно-пальцевые, втулочные и фланцевые. Процесс сборки втулочных и фланцевых муфт сводится к их установке в проектное положение без подгонки.

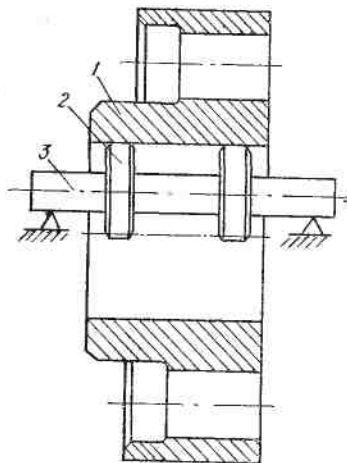


Рис. 11. Приспособление для контроля балансировки полумуфт:

1 — контролируемая полумуфта; 2 — подшипник качения № 204-206; 3 — ось.

При посадке на вал полумуфт с коническим соединением проверяют подгонку посадочных мест: щуп толщиной 0,05 мм не должен проходить в разъем с обеих сторон посадочного места полумуфт. В противном случае выполняется подгонка полумуфты по посадочному месту вала. При сборке муфт про-

веряют надежность уплотнения зубчатых обойм по разьему и с зубчатыми втулками. После центровки муфт их заполняют смазкой (смесь консталина с графитом).

При сборке цепных муфт необходимо проконтролировать взаимное совпадение шагов зубьев полумуфт и цепи.

При изготовлении втулочно-пальцевых муфт по унифицированной технологии происходит отклонение посадочных отверстий и отверстий под пальцы и втулки от геометрической оси. Перед установкой таких муфт необходимо проверить их балансировку (рис. 11) и точность расточки отверстий. Диаметральные и угловые отклонения осей отверстий под втулки и пальцы должны быть не более 0,5—1,5 мм в зависимости от частоты вращения и размера муфт.

### **Сборка подшипников**

Подшипники качения (ПК) изготавливаются из специальных подшипниковых сталей, имеющих после закалки высокую твердость, но низкую ударную вязкость. Кольца ПК в процессе работы испытывают большие удельные нагрузки (до 300 кгс/мм<sup>2</sup>) и для обеспечения их работоспособности необходима высокоточная сборка подшипникового узла с беззазорной установкой колец на цапфу вала и в гнездо корпуса. Допуски на обработку посадочных мест ПК назначаются по 5—7 квалитетам, а шероховатость посадочных поверхностей по 7—8 классу.

Посадки ПК выбирают при проектировании машины и указывают в чертежах. Общий принцип назначения посадок ПК вытекает из необходимости исключить вероятность передачи рабочих нагрузок на одни и те же точки колец. Поэтому вращающееся кольцо ПК устанавливают по посадке с натягом, а неподвижное — с зазором, чтобы оно периодически проворачивалось.

При посадке подшипниковых колец необходимо учитывать, что посадка с натягом внутреннее кольцо растягивает, а наружное сжимает. Это приводит к уменьшению зазора между беговыми дорожками и при большом натяге или посадке с натягом обоих колец ролики (шарики) могут заклиниваться, что приведет к интенсивному износу ПК. Сборку и разборку ПК необходимо производить с использованием приспособлений и оснастки, исключающих перекося колец при их установке в подшипниковый узел. Небольшие подшипники допустимо напрессовывать ударами молотка через медную выколотку, ме-

ная точки приложения ударов по периметру кольца, обеспечивая перпендикулярность его плоскости оси посадочного места.

Наиболее эффективно собирать ПК тепловым методом, нагревая в масле при посадке на цапфу и охлаждая сухим льдом при посадке в гнездо.

Устанавливая ПК в корпуса подшипниковых узлов с разъемом, необходимо проконтролировать, чтобы наружное кольцо не зависало в разьеме. При необходимости шлифовальной машинкой производят «развал» гнезда, снимая полоски у разьема гнезда шириной  $0,05 d_r$  (диаметр гнезда). Перед закрытием подшипникового узла ПК нужно промыть (керосином) и заправить смазочным материалом. Если ПК —мазывается централизованной системой, то необходимо прочистить смазочные каналы.

Сборка подшипников скольжения (ПС) обычно связана с подгонкой цапфы по допускам, указанным в чертежах. Условием работы ПС является оптимальный режим их смазки, зависящий от удельной нагрузки, частоты вращения, температуры окружающей среды и материала подшипника. С учетом перечисленных факторов определяют оптимальный масляный зазор. Шероховатость трущейся поверхности ПС должна выполняться по 8—9 классам.

Высокооборотные ПС смазывают минеральными маслами с принудительной подачей. ПС с частотой вращения до 150 об/мин обычно смазывают пластичными смазками.

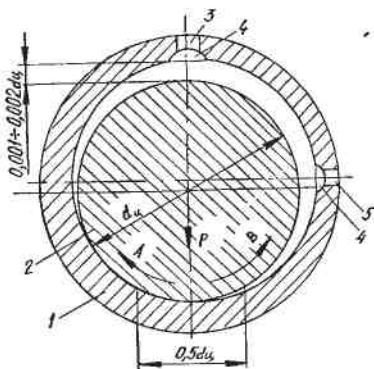
ПС, как правило, имеют нагруженную и ненагруженную зоны (рис. 12), которые определяются при проектировании узла с учетом всех сил, действующих на вал. Смазка к трущимся поверхностям подается через отверстия и маслоразводящие канавки, размещаемые в ненагруженной зоне. Эти условия должны соблюдаться при установке в подшипниковый узел втулок и вкладышей. Нарушение этого условия приведет к прогрессивному износу ПС.

Монтаж ПС сводится к установке втулок и вкладышей строго параллельно осям цапф, чтобы масляный зазор во всех точках трущейся поверхности был одинаков. Это проверяется шупом или проворачиванием вала во вкладыше на краске (смесь сажи, синьки и масла). Цапфа должна упираться по всей длине втулки (вкладыша). Ширина контактной площадки должна быть равна  $\approx 0,5 d_{ц}$ , а масляный зазор по бокам от контактной площадки должен отличаться не более, чем на 0,05 мм. При необходимости вкладыш пришабривают по цапфе до достижения контакта в 2—3 точках на каждом 1 см<sup>2</sup> контактной площадки. На поверхности нагруженной зоны ПС не должно быть трещин, рисок и заусенцев.

После подгонки подшипник смазывают выбранным для него смазочным материалом, собирают и обкатывают. Температура подшипника в течение 24 ч непрерывной работы по эксплуатационному режиму не должна подниматься выше  $50-60^{\circ}\text{C}$ . После окончания обкатки температура подшипника не должна быть выше температуры окружающей среды более, чем на  $30^{\circ}\text{C}$ , если на этот счет нет указания в инструкциях по эксплуатации оборудования.

Рис. 12. Схема подшипника скольжения:

1 — втулка; 2 — цапфа; 3 — отверстие для подачи смазки при реверсивном вращении цапфы; 4 — маслоразводящие канавки; 5 — отверстие для подачи смазки при не-реверсивном вращении А цапфы. А, В — направления вращения.



## Сборка зубчатых передач

В трансмиссиях промышленного оборудования в основном используются зубчатые зацепления с эвольвентным профилем, т. е. профиль рабочей поверхности зуба представляет собой ст-резок эвольвенты, сходной по очертанию с наружной цилиндрической поверхностью. Зубья двух колес, находящиеся в зацеплении, при вращении обкатываются по контактным поверхностям без скольжения (подобно цилиндрическим поверхностям). Траектория точек контакта профилей при вращении колес составляет прямую линию, проходящую через полюс зубчатого зацепления (рис. 13), что обеспечивает постоянство передаточного числа и плавность хода передачи. Эти особенности соблюдаются, если зубчатая пара изготовлена и смонтирована так, чтобы взаимное положение профилей, находящихся в зацеплении зубьев колес, было строго определенным.

Нагрузка на зубчатое колесо должна равномерно распределяться по ширине находящихся в контакте зубьев. Погреш-

ности изготовления и монтажа зубчатых колес искажают геометрию зацепления, приводят к неравномерному распределению нагрузки по контактной линии зуба, что интенсивно изнашивает передачу. Чтобы обеспечить оптимальные условия эксплуатации зубчатой передачи, она должна быть смонтиро-

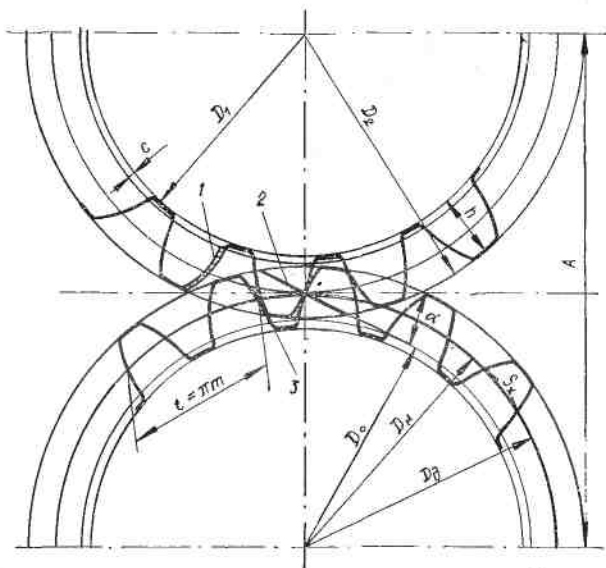


Рис. 13. Основные элементы эвольвентного зубчатого зацепления:

1 — рабочий профиль; 2 — линия зацепления; 3 — боковой зазор; A — межцентровое расстояние;  $D_0$  — основная окружность;  $D_{II}$  — начальная окружность;  $D_{II}$  — делительная окружность;  $\alpha$  — угол зацепления ( $20^\circ$ ); C — радиальный зазор (0,25—0,4 мм);  $t$  — шаг зацепления;  $m$  — модуль зацепления;  $S_x$  — толщина зуба;  $D_1$  — окружность впадины;  $D_2$  — окружность выступов;  $h$  — высота зуба ( $2m + C$ ).

вана с определяющими допусками на перекося оси, межцентровое расстояние и смещение профиля зацепления.

В основном используются следующие виды зубчатых передач: цилиндрические, конические и червячные. На рабочем профиле зацепления используемых зубчатых передач не опре-

делены контрольные точки, по которым можно было бы выверять зубчатые передачи, и за базу выверки принимаются оси колес и червяков без учета погрешности их изготовления.

Выявленные дефекты изготовления зубчатых передач, выходящие за границы допускаемых, должны исправлять поставщик и заказчик оборудования.

Допусками на монтаж зубчатых передач нормируются: для цилиндрических передач — отклонение межосевых расстояний, перекося осей колес и связанных с ними образующих профилей зубьев. Для шевронных колес нормируется также относительное смещение диаметральных плоскостей; для конических передач — перекося осей, смещение основных конусов; для червячных передач — отклонения межцентровых расстояний, смещение и перекося оси червяка относительно диаметральной плоскости червячного колеса. Для глобоидальной червячной передачи нормируется осевое смещение червяка.

Комплексной оценкой правильности изготовления и монтажа зубчатой передачи является отпечаток на контактной поверхности зубьев, полученный проворачиванием колес. Площадь отпечатка должна составлять 70—80% рабочей поверхности и размещаться симметрично по длине зуба в средней части профиля. Для оценки точности монтажа зубчатых цилиндрических и конических колес измеряют зазор по контактной линии зубьев, боковой и радиальный зазоры, толщину зуба. Зазор контактной линии нормируется в зависимости от класса точности передачи зубчатых колес, а радиальный и боковой зазоры и толщина зубьев должны быть указаны в рабочих чертежах зубчатой пары.

Перекося осей зубчатых передач, монтируемых на железобетонных фундаментах, зависит от качества и точности установки и выверки оборудования. Так, установка корпуса редуктора на фундамент с перекосям приводит к местному перегрузу зубьев, колес и их усталостному износу.

Смонтированные зубчатые передачи должны проходить обкатку по методике поставщика оборудования с контролем температуры и хода приработки рабочих профилей зубьев. Это особенно важно для червячных передач, конических колес с круговыми зубьями, а также косозубых и шевронных передач.

**Общие положения**

Комплекс средств механизации и технологического обеспечения монтажных работ по назначению можно условно разбить на три группы:

I группа — ручной универсальный слесарно-сборочный, обрабатывающий и контрольно-измерительный инструмент и простейшая оснастка, входящие в инвентарный бригадный набор;

II группа — универсальный механизированный инструмент, технологическая оснастка, специализированные механизмы и приспособления, являющиеся инвентарным набором монтажного участка;

III группа — универсальные монтажные машины и механизмы, технологический транспорт и специализированные устройства, передаваемые монтажным участкам на период выполнения бригадой монтажников конкретной работы.

Монтажные средства I группы находятся на подотчете у бригадира и хранятся в инвентарных бригадных помещениях — передвижных вагончиках. Бригадир ответственен за комплектность и техническое состояние бригадного набора. Монтажные средства, использование которых не планируется в течение шести месяцев, а также неисправные передаются в кладовую монтажного участка для хранения или замены.

Монтажные средства II группы подотчетны начальнику участка и хранятся в участковой кладовой. Надзор за техническим состоянием и комплектностью монтажных средств на участке осуществляет слесарь-инструментальщик, который проверяет их исправность и своевременно передает главному механику управления на ремонт или для замены.

Применение монтажных средств на участке организует начальник участка через бригадиров и мастеров, которые закапливают информацию об эффективности и технико-эксплуатационном состоянии средств механизации.

Обеспечение и поддержание в эксплуатационном состоянии средств механизации монтажного управления осуществляет главный механик управления. Для этих целей имеются механические мастерские, центральная инструментальная кладовая, оперативный склад хранения монтажного оборудования, а также передвижная инструментальная кладовая, снабжающие бригады механизированным и специальным контрольно-измерительным инструментом на строительстве крупных объектов. Передвижная инструментальная кладовая обслуживает и мон-



тажные бригады других спецуправлений, привлекаемых для производства работ на правах субподряда.

Оснащение и технологические возможности механических мастерских монтажного управления должны обеспечивать оперативное изготовление отдельных видов инструмента, оснастки и приспособлений по предложениям группы подготовки производства (ГПП) и рационализаторов управления, а также ремонт инструмента и механизмов, поставляемых управлению централизованно.

Складские помещения и площадки должны быть оборудованы стеллажами, навесами и грузоподъемными средствами для выдачи и приемки монтажного оборудования массой свыше 100 кг.

Монтажное оборудование III группы сосредоточивается в управлениях механизации трестов и передается монтажным участкам вместе с обслуживающим его эксплуатационным персоналом на период производства бригадой определенных видов работ. Персонал управлений механизации организует и осуществляет техническую эксплуатацию и безопасную работу имеющегося монтажного оборудования на принципе хозрасчета. Использование монтажных кранов, а также специализированных установок осуществляется как правило на основании ППР.

Управление механизации находится в оперативном подчинении главных механиков трестов, которые организуют пополнение и усовершенствование монтажного оборудования на основе предложений служб главных технологов трестов и проектов производства работ.

Инструмент и оборудование для монтажных работ по источникам пополнения разбивается условно на два вида: производства специализированных промышленных предприятий и собственного производства на заводах монтажных заготовок трестов и в мастерских монтажных управлений.

Сложная технологическая оснастка для монтажа крупных агрегатов может изготавливаться на специализированных заводах на основании разработанных и утвержденных ППР.

Организация и осуществление снабжения новыми видами, а также пополнение и использование бригадами монтажников стандартного и типового инструмента и монтажного оборудования производится отделами главных механиков трестов с участием служб главных технологов и монтажных лабораторий.

Работы по подготовке монтажа оборудования организуют службы главных технологов трестов и главные специалисты главных производственных управлений. В ней участвуют проектно-технологические и научно-исследовательские институты,

монтажные лаборатории. Однако комплексную ответственность за сроки, качество и себестоимость монтажа оборудования объекта несет монтажное управление.

Основной объем технологической подготовки и обеспечения работ средствами механизации выполняют ГПП и службы главных механиков управлений с участием монтажных участков.

Работа по развитию технологии и механизации монтажных работ может быть эффективной, если она проводится систематически по единому плану в сети подразделений монтажных организаций.

Основными источниками предложений по разработке новых видов инструмента и механизмов, а также улучшения технико-эксплуатационных характеристик имеющихся монтажных средств являются заявки бригадиров, мастеров и прорабов. На их основе службы главных технологов, монтажные лаборатории трестов разрабатывают заявки на типовой инструмент и задания на разработку новых видов средств механизации и инструмента. Выявленные предложения по разработке инструмента и оснастки делятся на локальные, характерные для работы конкретного монтажного участка и управления, и предложения, используемые в масштабах треста и главного управления.

Дальнейшая разработка и внедрение предложений I группы осуществляются силами монтажного участка и управления. Сложные предложения разрабатываются в основном с участием монтажных лабораторий трестов, ведомственных проектно-технологических и научно-исследовательских институтов на основе прямых хозяйственных договоров. Разработка и внедрение этих предложений может производиться творческими бригадами общества рационализаторов и изобретателей и НТО с включением их в план организационно-технических мероприятий управления. Такая форма развития производственно-технологической базы монтажного управления является одним из источников обеспечения прироста производительности труда и повышения качества работ.

Разработку конструкций, оснастки и устройств следует осуществлять с учетом технологических возможностей мастерских спецуправлений и наличных материалов. Главным критерием выбора конструкций предлагаемой оснастки является возможность использования унифицированных узлов и модернизация имеющихся инструментов и механизмов. При конструировании оснастки также необходимо оценивать возможность повторно ее использования полностью или отдельными узлами.

Предложения II группы рассматриваются техническими со-

ветами трестов и главных управлений и после соответствующего обоснования включаются в планы работ монтажных лабораторий трестов, проектно-технических и научно-исследовательских институтов, в планы организационно-технических мероприятий трестов, главных управлений и министерства.

## Такелажная оснастка

**Стальные канаты.** Это — основной элемент грузоподъемных устройств, используемых на монтаже оборудования. Главной особенностью стальных канатов является способность воспринимать высокие продольные натяжения и изгибаться с радиусом  $3-5d_k$  ( $d_k$  — диаметр каната) без существенных нарушений формы и несущей способности.

Эксплуатационные качества стальных канатов характеризуются разрывным усилием, гибкостью, износоустойчивостью, способностью сопротивляться раскручиванию под нагрузкой и коррозионной стойкостью. Разрывное усилие каната складывается из произведения суммы разрывных усилий составляющих его проволок на коэффициент  $K=0,82$ , учитывающий неравномерность распределения усилий между проволочками и особенностью их нагружения в спиральной конструкции каната.

Для грузоподъемных устройств используются канаты, имеющие сертификаты. В неотложных случаях по наружному диаметру каната, количеству его прядей, количеству и диаметру проволок в прядях определяют его конструкцию и по таблицам ГОСТов на канаты выбирают разрывное усилие, принимая временное сопротивление разрыва проволок  $\sigma_b = 130$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Отечественная промышленность выпускает несколько десятков типов и конструкций канатов для различных условий их эксплуатации. На монтажных работах канаты используются для оснащения грузоподъемных устройств, полиспастов, лебедок, оттяжек и стропов.

Для оснащения лебедок и полиспастов, а также для изготовления стропов используются канаты с органическим сердечником конструкции  $6 \times 37 + 1$  о. с. (ГОСТ 3071—74), но могут применяться канаты и другой конструкции с органическим сердечником и суммарным количеством проволок  $150 + 250$ . Для оснащения рычажных лебедок с кулачковыми захватами применяются канаты со стальным сердечником. Для оттяжек рекомендуется конструкция  $6 \times 19 + 1$  о. с. (ГОСТ 3070—74).

Канаты различаются по роду свивки проволок в прядях и прядей в канатах:

канаты параллельной свивки с линейным касанием проволок (ЛК) обладают большей долговечностью в полиспастах

с большим количеством перегибов. Но они раскручиваются под нагрузкой, что усложняет их использование на монтажных работах;

канаты крестовой свивки с точечным касанием проволок (ТК) в большей степени подвержены усталостному и абразивному износу, но незначительно раскручиваются под нагрузкой;

канаты комбинированной свивки с точечным и линейным касанием (ТЛК) проволок занимают промежуточное положение между канатами типа ЛК и ТК.

Изготавливаются специальные нераскручивающиеся канаты, которые наиболее полно отвечают условиям производства монтажных работ при использовании в полиспадах.

Основным видом износа канатов на монтажных работах является повреждение проволок от внешнего механического воздействия и коррозии. Поэтому для монтажных работ рекомендуется выбирать канаты с возможно большим диаметром наружных проволок в прядях и цинковым покрытием.

Диаметр каната подбирается по его разрушающей нагрузке  $P$ , которая должна быть больше или равна произведению максимально возможной нагрузки, прикладываемой к канату при наиболее неблагоприятном сочетании, на нормативный коэффициент запаса  $n$   $P \leq Sn$ . Наименьший допустимый коэффициент запаса прочности каната равен:

Грузовые и стреловые с приводом:	
ручным	4
машинным с легким режимом	5
машинным со средним режимом	5,5
Растяжки стрел	3,5
Оттяжки мачт и опор со сроком работы до одного года	3
Тяговые канаты	4
Канаты лебедок, предназначенные для подъема людей	9
Канаты, используемые для стропов	6

Несмотря на относительно высокий коэффициент запаса, при его выборе необходимо учитывать конкретные особенности работы и конструкции используемой такелажной оснастки. Напряжения в проволочках каната существенно возрастают при соприкосновении с деталями такелажной оснастки (местами закрепления каната, перегибы на роликах и т. д.).

Крепление каната к барабану лебедки осуществляется устройством, встроенным в конструкцию барабана. Правилами регламентировано, что на барабане лебедки при сматывании каната под нагрузкой должно оставаться 2—3 витка, что обе-

спешивает снижение нагрузки, приходящейся от каната на узел крепления. Однако крепление каната к барабану должно учитывать возможность его сматывания до конца и рассчитано на приложение нагрузки, равной натяжению каната. Но пренебрегать правилом о запасных витках не допускается, так как канат в месте крепления испытывает дополнительные напряжения и его несущая способность существенно снижается.

Отклонение от направления движения каната производится с использованием такелажных роликов, диаметры которых выбираются в определенной зависимости от диаметра и конструкции каната. В месте перегиба в канате возникают дополнительные напряжения, величина которых тем больше, чем меньше радиус изгиба.

При огибании ролика канатом возникает поперечная нагрузка, равная

$$q = \frac{2P}{D_p},$$

где  $q$  — удельная поперечная нагрузка;  $P$  — натяжение каната;  $D_p$  — диаметр отклоняющего ролика. От действия нагрузки между прядями и проволочками в прядях при изгибе возникают силы трения, вызывающие дополнительные напряжения в канате.

Так, при изгибе каната  $D=30,5$  мм на ролике диаметром 490 мм ( $D_p : d_k = 16$ ) в проволочках возникают поперечные нагрузки  $q=400$  кгс/см и дополнительные напряжения  $\sigma_{из} = 100$  кгс/мм<sup>2</sup>, что составляет свыше 60% разрушающих напряжений. При диаметре блока 365 мм ( $D_p : d_k = 12$ ) поперечная нагрузка возрастает до  $q=540$  кгс/см, а дополнительные напряжения — до  $\sigma_{из} = 133$  кгс/мм<sup>2</sup> или на 33%. Напряжения, возникающие при изгибе каната, существенно влияют на усталостную прочность.

Правилами Госгортехнадзора регламентировано соотношение между диаметром роликов и канатов в пределах  $D_p = (16-30)d_k$ .

На монтажных работах канаты редко нагружаются предельной нагрузкой, поэтому диаметр ролика выбирают минимальным. Для роликов монтажных полиспастов используется соотношение 14 : 16. В отдельных случаях принимают соотношение 10 : 12. На ответственных подъемах с нормативным коэффициентом запаса каната не следует использовать ролики с соотношением диаметров менее 14, а при интенсивной работе с нормативной нагрузкой — не менее 16. Радиус поперечного сечения ручья ролика должен быть на 10—15% больше ради-

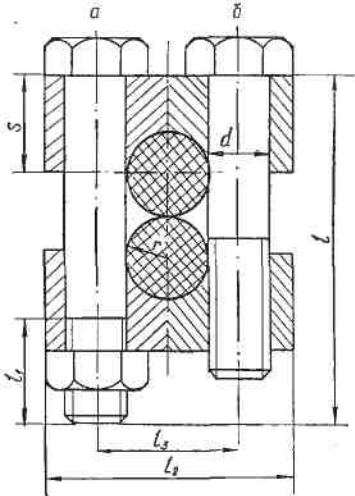
уса сечения каната, чтобы не ограничивалась поперечная деформация каната при его изгибе, обеспечивающая лучшее распределение нагрузки между прядями.

Навивка каната на барабан монтажных лебедок производится в несколько слоев (до шести). При этом нижние слои испытывают значительные нагрузки от поперечного давления верхних слоев. Поэтому диаметры барабанов следует выбирать не менее 18 диаметров каната и обеспечивать послойную укладку каната с использованием канатоукладчика. При отсутствии канатоукладчика канат укладывают на барабан вручную (с помощью ломика). Чтобы ограничить усилие, необходимое для направления каната, угол между его направлением и продольной осью лебедки должен быть не более  $1,5^\circ$ . Это обеспечивается установкой лебедки на расстоянии не менее двадцати длин барабанов от ближайшего отклоняющего ролика при условии, что последний установлен на линии, перпендикулярной к средней точке оси барабана. Но и при этих условиях к канату необходимо прикладывать поперечную силу, достигающую 2,5% его продольного натяжения. При хаотическом наматывании каната на барабан он получает местные изгибы малой кривизны. Возникающие при этом поперечные нагрузки расплющивают канат и повреждают сердечник. Долговечность работы каната с таким повреждением значительно снижается и его использование на ответственных работах обычно не допускается.

При сдаче лебедки на хранение ее канат необходимо смазать минеральным маслом. Запасные канаты на складе должны храниться на специальных катушках, защищенных от атмосферных осадков и имеющих механический привод для сматывания и разматывания. Канаты, имеющие местный износ, следует отбраковывать, неизношенные части использовать для изготовления стропов, оттяжек или оснащения лебедок с меньшей канатоемкостью.

**Зажимы.** Используются для образования концевых петель на канате или для его сращивания. В обоих случаях назначение зажима сводится к созданию силы трения между сжимаемыми ветвями каната, превосходящей прилагаемую к нему силу натяжения  $P$ . Их не принято маркировать, один и тот же типоразмер можно использовать для крепления канатов двух-трех диаметров. Зажимы часто приходится изготавливать в мастерских монтажных управлений. Хорошей технологичностью обладает конструкция, приведенная в табл. 24.

При определении количества зажимов в общем случае коэффициент запаса следует принимать минимально допустимым правилами Госгортехнадзора, равным 3,5.



24. Зажим канатный

Типоразмер	Удерживающая сила, кгс	Максимальный диаметр каната, мм	Размеры, мм						$\frac{l}{l_2}$ для типа	
			s	B	r	d	$l_1$	$l_2$	a	b
M10	340	13,5	17	20	7	11	45	24	$\frac{46}{25}$	$\frac{52}{25}$
M12	500	15	20	30	8	13	50	27	$\frac{55}{30}$	$\frac{62}{27}$
M16	960	20	25	43	10	17,5	65	36	$\frac{70}{35}$	$\frac{80}{30}$
M20	1500	24,5	32	50	12	22	80	45	$\frac{88}{42}$	$\frac{95}{40}$
M24	2200	31,5	40	68	16	26	100	56	$\frac{110}{50}$	$\frac{125}{45}$
M30	3500	36,5	48	78	18	32	120	67	$\frac{130}{60}$	$\frac{145}{55}$

Примечания: 1. Количество сжимов при коэффициенте запаса прочности каната  $n=6$  составляет 2,  $n=4,5-3$ ,  $n=3-4$  шт.

2. B — ширина накладки зажима.

Расстояние между зажимами особого влияния на прочность сращивания не оказывает и при необходимости его можно устанавливать с минимальным шагом. В месте установки зажимов воспринимаемое канатом усилие  $P$  должно передаваться на следующую ветвь на величину, равную  $P/n$ , где  $n$  — число зажимов. Напряжения в проволочках каната увеличиваются от действия поперечного давления зажима. Для снижения суммарного напряжения в канате зажим следует устанавливать на более нагруженную ветвь планкой, что снижает удельное давление на проволочки и влияние зажима на прочность каната.

При возникновении необходимости сращивания каната в процессе производства работ допускается его связывание прямым узлом (рис. 14). Для этого концы канатов сращивают

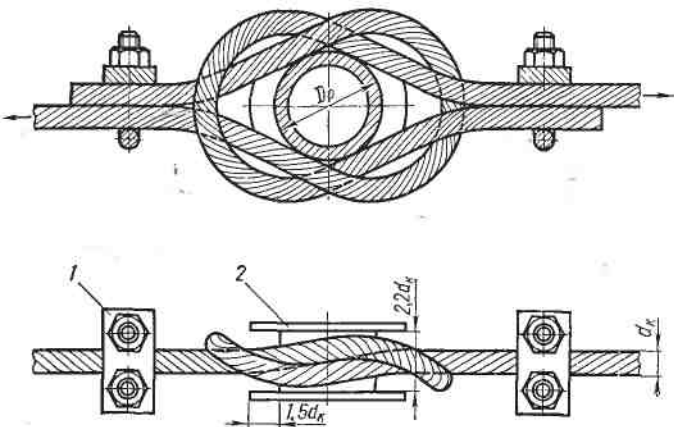


Рис. 14. Сращивание каната прямым узлом:

1 — фиксирующий канатный зажим; 2 — распорный элемент.

прямым узлом и в петлю вставляют распорный элемент диаметром  $D_p = 3 \div 4d_k$ . Узел предварительно затягивают вручную с помощью молотка, а петли фиксируют зажимами. Сращивание отличается высокой надежностью и не трудоемко. Таким способом сращивают стропы при увязке громоздких грузов, когда длину стропа заранее определить трудно.

**Стропы.** Каждое монтажное управление устанавливает номенклатуру типоразмеров стропов применительно к наиболее



часто повторяемым работам и централизовано их изготавливает. При производстве стропов на заводах монтажных заготовок петли делают на обжимных алюминиевых или стальных втулках.

Стропы диаметром до 22 мм целесообразно изготавливать мерной длины по номенклатуре, характерной для конкретного монтажного участка. Стропы больших диаметров (27; 30; 32,5 мм) и длин рационально изготавливать по мере появления в них потребности для выполнения работы в соответствии с ППР. При необходимости стропы изготавливают на месте производства монтажных работ с использованием канатных зажимов.

Правилами Госгортехнадзора предусмотрена маркировка стропов (грузоподъемность в тоннах проштампована на шайбе, прикрепленной к петле). Грузоподъемность стропа устанавливается путем деления нормативного разрывного усилия каната на нормативный коэффициент запаса, равный 6. Нагрузка, приходящаяся на строп в общем случае, рассчитывается из условия его отклонения при строповке от направления действия нагрузки на угол  $45^\circ$ . При этом нагрузка от массы поднимаемого груза на строп увеличивается на 40%. Таким образом, для этих условий коэффициент запаса стропа составляет 8,4.

Стропы, находящиеся в пользовании, периодически проходят освидетельствование и испытание на установленную им грузоподъемность с перегрузкой на 40%. Если на стропе не обнаружено повреждений (потеря формы поперечного сечения, оборванные проволочки), то испытывают только петли.

В случае отсутствия маркировки грузоподъемность стропа можно определить по эмпирической формуле

$$Q_{\text{стр}} = \frac{d_k^2}{170},$$

где  $Q_{\text{стр}}$  — грузоподъемность стропа, т;  $d_k$  — диаметр каната, мм.

При строповке грузов, имеющих острые кромки, необходимо применять подкладки, чтобы исключить перегиб стропа радиусом менее  $2,5d_k$ . В качестве подкладок используют обрезки труб (полукольца), дерево или специальные подкладки.

**Полиспасты.** Являются своеобразными редукторами, преобразующими тяговое усилие лебедки  $P_1$  с соотношением

$$P_{\text{II}} = P_1 \gamma_{\text{II}} i,$$

где  $P_{\text{II}}$  — тяговое усилие полиспаста;  $i = \frac{V}{V_{\text{II}}}$  — передаточное число полиспаста, кратное единице;  $V$  — скорость ходовой вет-

ви полиспаста;  $V_{п}$  — скорость подвижного блока полиспаста;  $\eta_{п}$  — КПД полиспаста. Численное значение  $i$  равно количеству ветвей полиспаста, удерживающих подвижную обойму (рис. 15).

Полиспасты используются в грузоподъемных и такелажных устройствах и подразделяются на простые и переменной кратности.

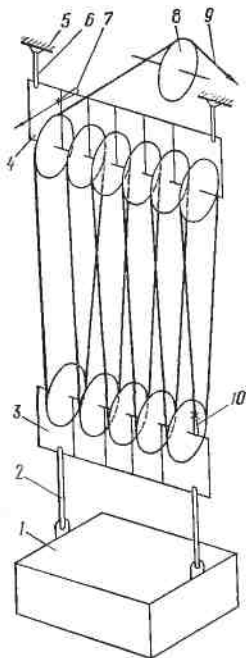
Простой полиспаст состоит из неподвижного блока, привязываемого к опорной конструкции, и подвижного блока, привязываемого к перемещаемому грузу. В блоки запасовывается канат, один конец которого (неходовой) привязывается к подвижному блоку или к неподвижному, а другой (ходовой) — к тяговому органу (лебедке).

При определении усилий в канате полиспаста принимают КПД блока с подшипниками качения  $\eta_{п} = 0,985$ , а с подшипниками скольжения — 0,955. Для монтажных полиспастов предпочтительнее ролики с подшипниками качения, так как они имеют стабильный и более высокий КПД, удобнее и надежнее в эксплуатации.

Рис. 15. Схема грузоподъемного полиспаста:

1 — поднимаемый груз; 2 — строповка груза; 3, 4 — подвижный и неподвижный блоки полиспаста; 5 — опорная конструкция; 6 — строповка полиспаста; 7 — уравнительный канат; 8 — отклоняющий блок; 9 — ходовая нитка каната полиспаста; 10 — неходовая («мертвая») нитка каната полиспаста.

Конструкция блока должна допускать их разборку с низкими трудозатратами. Учитывая эпизодичность применения монтажных полиспастов, их рекомендуется перед использованием ревизовать с заменой смазки в подшипниках. На одной из щековин блока при изготовлении указывается его максимально допустимая грузоподъемность.



Для блоков с подшипниками скольжения из бронзы в течение первых 30—40 ч работы после ревизии и замены смазки и скорости каната менее 10 м/мин удельная нагрузка может быть допущена до 200 кгс/см<sup>2</sup>. При длительной работе нагрузку необходимо снизить на 40—50%.

Смазывать подшипники следует консистентными смазками с молибденовыми присадками (ГОСТ 21150—75 \*). При их отсутствии допускается использование солидола или консталина с примесью графита.

Для упрощения строповки грузов блоки снабжаются петлями или крюками. В ряде случаев использование блоков с петлями и крюками создает неудобства, так как удлиняет минимальную длину полиспаста и утяжеляет блоки.

У многорольных блоков под влиянием КПД роликов равнодействующая сил при подъеме и опускании груза проходит с эксцентриситетом относительно продольной оси полиспаста. При строповке блока одним стропом создается опасность перекашивания его оси. При этом канат полиспаста будет тереться о щеки ручья ролика, что еще больше снизит КПД и перекосит блок, создавая опасность его повреждения. Чтобы избежать этого, увязку многорольных блоков к опорным конструкциям и грузу необходимо производить двумя стропами симметрично относительно оси полиспаста.

Грузы, поднимаемые монтажными полиспастами, допустимо разворачивать на канатах до 90° в одну и другую сторону при расстоянии между неподвижным и подвижным блоками более 25 диаметров роликов. При сближении блоков допустимый угол разворота уменьшается. Поэтому увязку монтируемых узлов оборудования необходимо производить так, чтобы при сближении блоков перекося их осей постепенно уменьшался и на расстоянии менее пяти диаметров роликов положение узла в горизонтальной плоскости было близко к проектному без взаимного разворота блоков. Разворот груза допустимо производить на канатах и при большем сближении блоков, но при этом следует снижать нагрузку на полиспаст. Допускаемый угол разворота на канатах при необходимости рассчитывается для каждого конкретного случая по формуле

$$n = 24K \frac{F - F_1}{F} = \frac{h}{D_p},$$

где  $n$  — количество диаметров блоков, помещающихся между осями блоков полиспаста;  $h$  — расстояние между осями блоков полиспаста, м;  $D_p$  — диаметр по ручью блока, м;  $K = 1$ ,  $K = 1,3$  — для блоков на подшипниках соответственно качения

и скольжения;  $F$  — номинальная грузоподъемность полиспаста, т;  $F_1$  — масса поднимаемого груза, кг.

Допустимое сближение блоков для некоторых узлов разворота и степени нагрузки полиспаста приведены в табл. 25.

## 25. Допустимое сближение блоков полиспаста в зависимости от угла разворота их осей и нагрузки

Нагрузка полиспаста, %	Тип подшипника	Минимальные расстояния в диаметрах роликов при угле разворота осей блоков, °					
		15	30	45	60	75	90
100	К	1,6	6	12	18	22	24
	С	2	8	16	23	29	31
90	К	1,5	5,5	11	16	20	22
	С	2	7	14	21	26	29
80	К	1,3	5	9,5	14	18	19
	С	1,7	6,5	12	18	23	25
70	К	1,1	4	8,5	13	15	17
	С	1,4	5	11	17	19	22
60	К	1	3,5	7	11	13	14
	С	1,3	4,5	9	14	17	18

Примечание. К — подшипник качения; С — подшипник скольжения.

Отклонение каната из диаметральной плоскости ручья ролика в общем случае может быть допущено в зависимости от конструкции ролика и степени его нагружения на 2—3°.

Ходовая нитка от лебедки запасовывается в неподвижный блок полиспаста с помощью отводных блоков под углом к продольной оси полиспаста. Этим создается сила, отклоняющая и закручивающая блок вокруг продольной оси полиспаста. Чтобы исключить закручивание, необходимо уравновесить силу оттяжкой, создающей момент противоположного знака (см. рис. 14).

Меньше подвержены перекашиванию и закручиванию блоки с уравнительным роликом (рис. 16). Однако они более сложны по конструкции и не допускают изменение кратности полиспаста.

## 26. Допускаемая масса поднимаемого груза, т, с учетом КПД полиспаста

Грузоподъемность лебедки, т	Тип подшипника	Количество роликов полиспаста при двух отводных блоках											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	К	0,95	1,88	2,81	3,72	4,61	5,50	6,36	7,22	8,0	8,88	9,76	10,5
	С	0,87	1,71	2,51	3,27	4,00	4,70	5,37	6,01	6,63	7,22	7,78	8,3
2,5	К	2,37	4,72	7,02	9,29	11,5	13,7	15,9	18,0	20,2	22,2	24,3	26,3
	С	2,18	4,27	6,27	8,18	10,0	11,8	13,4	15,0	16,6	18,0	19,4	20,8
3,2	К	3,04	6,03	8,98	11,9	14,8	17,5	20,3	23,1	25,8	28,5	31,1	33,7
	С	2,79	5,43	8,02	10,5	12,8	15,0	17,2	19,2	21,2	23,1	24,9	26,6
5	К	4,75	9,44	14,1	18,6	23,1	27,5	31,8	36,1	40,3	44,5	48,5	52,6
	С	4,36	8,54	12,5	16,3	20,0	23,5	26,9	30,1	33,1	36,1	38,9	41,6
8	К	7,60	15,0	22,5	29,7	36,9	44,0	50,9	57,7	64,5	71,5	77,7	84,1
	С	6,98	13,7	20,0	26,2	32,0	37,6	43,0	48,1	53,0	57,7	62,2	66,5
10	К	9,50	18,9	28,1	37,1	46,1	55,0	63,7	72,2	80,7	89,0	96,5	105,0
	С	8,72	17,1	25,1	32,7	40,0	47,0	53,7	60,1	66,3	72,1	77,8	83,2
12,5	К	11,9	23,5	35,1	46,5	57,7	68,7	79,5	90,3	100,0	111,0	121,0	131,0
	С	10,9	21,3	31,3	40,9	50,0	58,8	67,2	75,2	82,9	90,2	97,2	104,0
16	К	15,1	30,2	45,0	59,5	73,8	88,1	101,0	115,0	129,0	142,0	155,0	169,0
	С	14,0	27,3	40,1	52,3	64,0	75,3	86,0	95,2	106,0	115,0	124,0	133,0

Примечание. К — подшипник качения, С — подшипник скольжения.

Монтажные полиспасты используются для монтажа агрегата или машин, устанавливаемых на небольшой площадке и состоящих из узлов, различных по массе, габаритам и конфигурации. Увязка неподвижного блока полиспаста производится обычно за конструкцию здания в соответствии с ППР, в котором расположено монтируемое оборудование, со значительными затратами ручного труда.

Подбирают полиспаст по массе наиболее тяжелого узла. Значения допустимой массы поднимаемого груза монтажными лебедками в зависимости от кратности полиспаста приведены в табл. 26. Этим же полиспастом монтируют все остальные узлы, хотя масса каждого из них может быть в несколько раз меньше его грузоподъемности.

Монтажные такелажные блоки должны иметь минимальные габариты и массу, возможно мелкую градацию на грузоподъемности, высокую эксплуатационную надежность и простоту обслуживания.

Обеспечение монтажных управлений такелажными блоками существенно упрощается с использованием унифицирован-

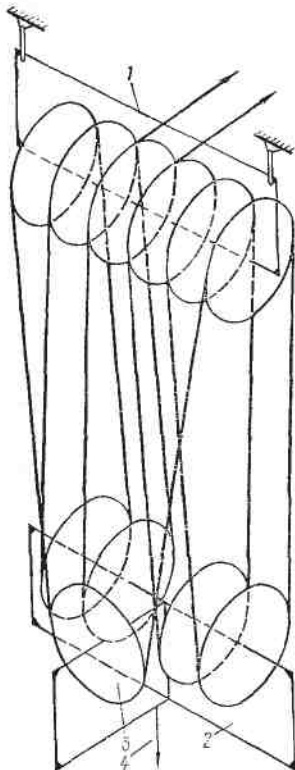
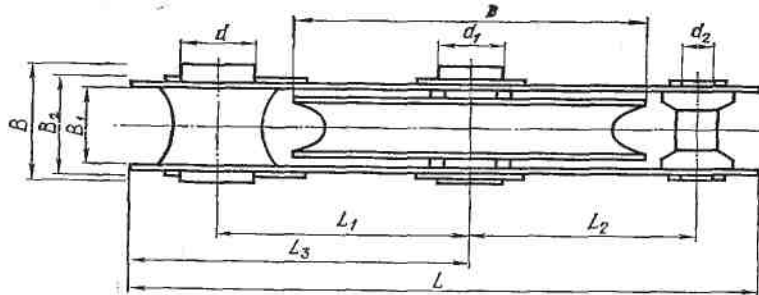


Рис. 16. Полиспаст с уравни-  
тельным роликом:

1, 2 — неподвижный и подвижный  
блоки полиспаста; 3 — уравни-  
тельный ролик; 4 — место приложения  
полезной нагрузки к полиспасту.

ных такелажных блоков в однорольном исполнении, позволяющих собирать из них блоки с любым необходимым количеством роликов (рис. 17, табл. 27).



27. Унифицированные такелажные блоки

Тяговое усилие катана, тс	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$B$	$B_1$	$B_2$	$D$	$d$	$d_1$	$d_2$	Масса, кг
1,25	360	160	135	200	80	48	60	230	M36×1,5	M30×1,5	M20×1,5	9,8
3,2	550	220	200	295	110	64	84	320	M64×2	M56×2	M30×2	22,6
5	690	280	260	350	122	74	94	395	M72×2	M64×2	M36×2	49,7
10	990	360	330	480	162	102	126	520	M110×2	M100×2	M48×3	123,8
15	1150	470	420	620	215	128	172	700	M140×2	M125×2	M56×3	223,0

Примечание. Ширина щековины равна диаметру ролика.

Такая конструкция роликов также позволяет создать полиспасты переменной кратности, использование которых существенно снижает трудозатраты на такелажных работах при монтаже сложных агрегатов (рис. 18).

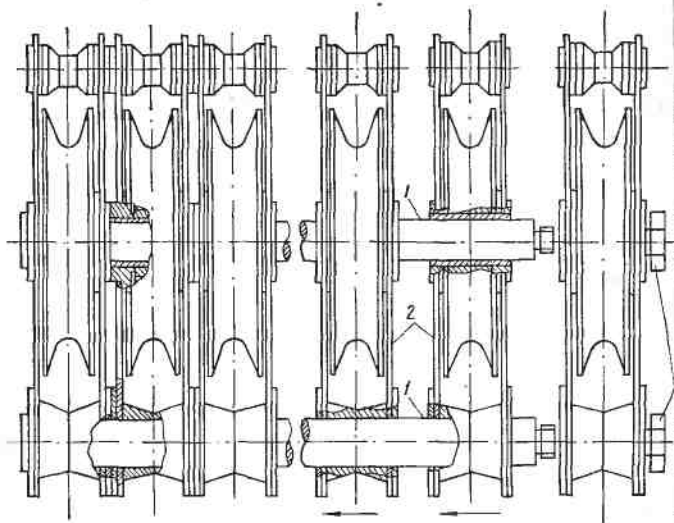


Рис. 17. Сборка многорольного блока полиспаста из унифицированных блоков:

1 — сменная ось; 2 — унифицированные блоки; 3 — гайки.

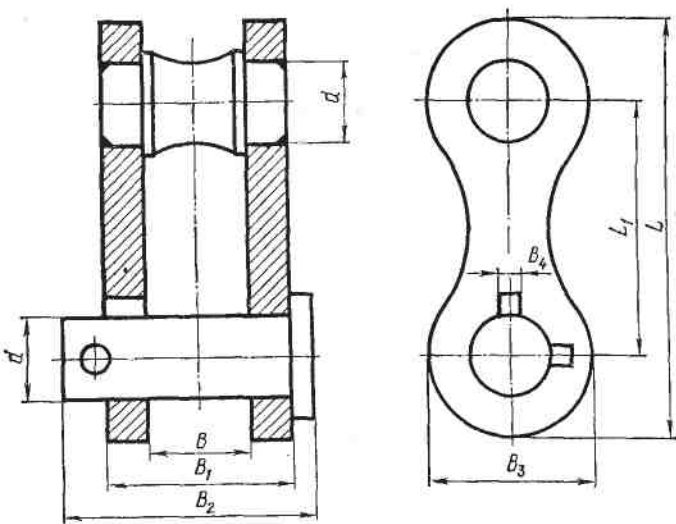
Строповку и захват оборудования можно упростить использованием различных вспомогательных устройств и приспособлений. Так, строповка цилиндрических деталей производится способом «удав» с использованием такелажных скоб (рис. 19).

В табл. 28 представлена конструкция такелажных скоб, которые могут быть изготовлены в условиях мастерских монтажных управлений.

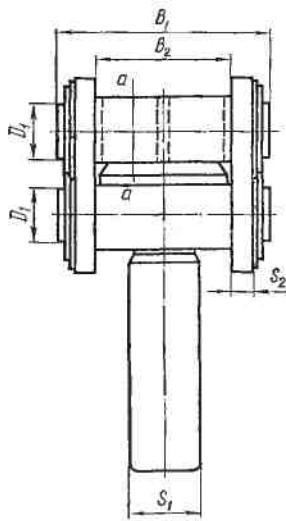
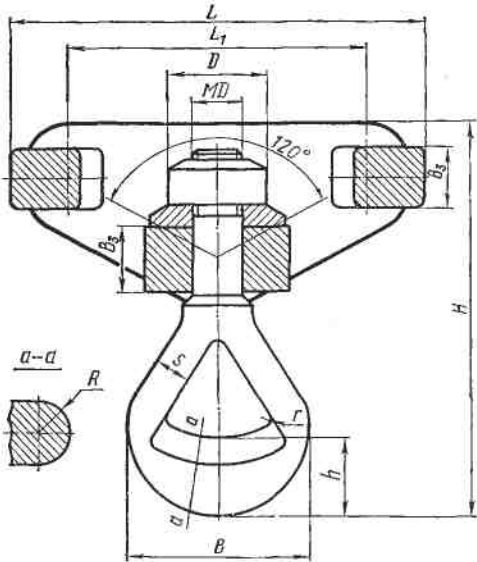
Для монтажа тяжеловесного оборудования полиспастами из двух точек используются грузоподъемные траверсы с петлей (табл. 29).



## 28. Такелажные соединительные скобы



Нагрузка, кгс	Размеры, мм								Масса, кг
	$d$	$B$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$L$	$L_1$	
1000	16	20	36	50	32	3	82	50	0,33
2000	22	27	43	55	44	4	109	65	0,64
3000	26	32	52	72	52	4	132	80	1,15
5000	33	40	68	87	66	5	166	100	2,41
7000	40	52	84	104	80	6	200	120	4,20
10000	48	58	94	120	96	6	246	150	6,91
15000	58	72	120	147	116	6	296	180	13,02
20000	66	84	140	167	132	6	332	200	19,34



29. Грузоподъемная траверса с петлями

Грузо-  
подъем-  
ность,  
т

Размеры, мм

	$H$	$L$	$L_1$	$B$	$B_1$	$B_2$	$S$	$S_1$	$S_2$	$D$	$D_1$	$R$	$r$	$MD$	$h$
50	600	650	470	300	380	240	55	100	35	140	90	50	20	90×5	120
75	750	720	530	335	440	280	70	120	45	170	110	60	20	110×5	160
100	960	910	650	500	540	340	80	140	55	200	130	70	20	130×5	200

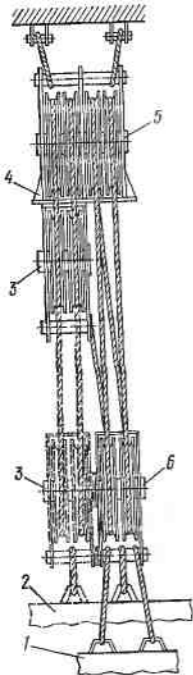


Рис. 18. Конструктивная схема грузоподъемного полиспаста переменной кратности:

1, 2 — грузы меньшей и большей массы; 3, 6 — блоки соответственно переменного и постоянно подвижные; 4 — площадка для упора блока 3 при уменьшенной кратности полиспаста; 5 — неподвижный блок.

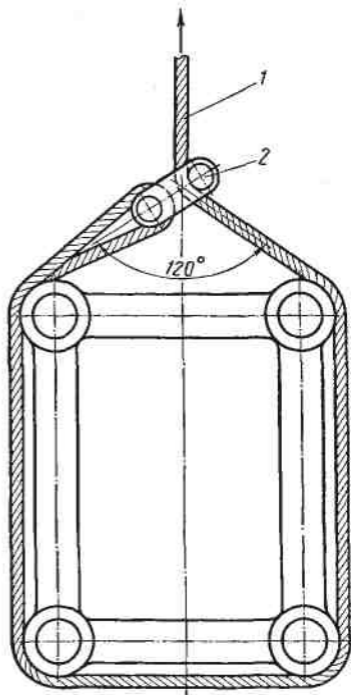


Рис. 19. Строповка грузов способом «удав»:

1 — строп; 2 — соединительное звено.

Для подъема на монтаже крупногабаритных узлов оборудования спаренными грузоподъемными устройствами широко используются монтажные траверсы. Они должны иметь минимальные массу и габарит по высоте. Этому в наибольшей степени отвечают конструкции траверсы из сжато-растянутых элементов. Целесообразно в качестве сжатых элементов использовать трубы, а растянутых — стальные канаты. На рис. 20

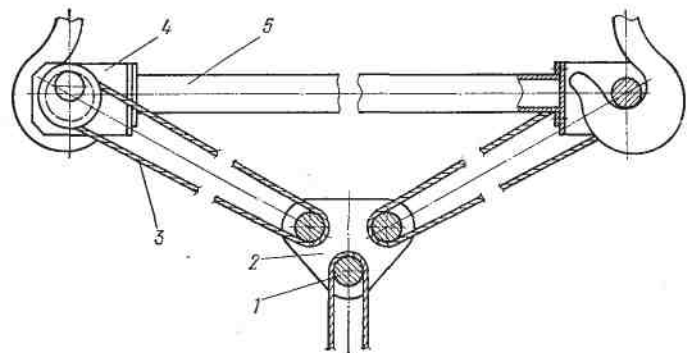


Рис. 20. Унифицированная траверса для подъема тяжеловесных и негабаритных грузов:

1 — палец для строповки груза; 2 — соединительное звено; 3 — сменные стропы; 4 — унифицированные головки; 5 — сменная распорка.

представлена конструктивная схема унифицированной траверсы, узлы которой могут быть использованы для изготовления траверсы различных пролетов, схем нагружения и грузоподъемности. Перевернув траверсу, ею можно стропить крупногабаритные конструкции малой жесткости в двух точках.

Для подъема и установки оборудования в труднодоступных местах, а также при перегрузке большого числа однородных деталей используются полуавтоматические стропы. Для стропа типа «удав» используются соединительные звенья с дистанционным управлением раскрытия конструкции СМЛ треста Востокметаллургмонтаж.

## Монтажные лебедки

Существуют монтажные лебедки с ручным и механическим приводами. Лебедки с ручным приводом применяют для подтаскивания и разворота грузов, подъема узлов массой до 1—2 т на высоту 2—4 м. Для монтажных работ серийно выпускаются рычажные лебедки грузоподъемностью 0,75; 1,5 и 3 т. Их привод осуществляется рычажной системой с кулачковыми захватами каната типа ТК 6×19+1×19 со стальным сердечником (ГОСТ 3067—74). Так как принцип действия лебедок основан на фрикционном захвате каната, то их нельзя рекомендовать для подъема грузов. К тому же они чувствительны к износу кулачков захвата и тягового каната. С загрязненным канатом лебедка не работает.

В наибольшей степени отвечает условиям монтажных работ рычажная лебедка типа ЛРХ-750 с дисковым барабаном и дифференциальным храповым механизмом. Грузоподъемность лебедки 0,75 т, канатоемкость барабана 10 м (рис. 21), масса 12 кг. Эта лебедка может быть использована для такелажных работ любого вида и с однорольным полиспастом поднимает грузы массой до 1,5 т на высоту до 5 м.

На монтаже оборудования в основном используют лебедки с электроприводом. Их грузоподъемность указывается на бирке. В процессе подъема груза необходимо контролировать нагрев двигателя и при его перегреве остановить лебедку для охлаждения. Поэтому не рекомендуется производить установочный подъем и спуск груза кратковременными включениями электродвигателя. В период его пуска при неблагоприятных условиях охлаждения происходит интенсивный нагрев обмоток.

Причиной перегрева электродвигателя может быть низкое напряжение в электросети, что нередко бывает на строительной площадке. Установочный спуск груза иногда производят, растормаживая лебедку вручную на несколько секунд, не позволяя мотору раскрутиться до номинальной частоты вращения. При этом возможен нагрев тормозного шкива, что приводит к снижению тормозного момента и самопроизвольному опусканию груза. Перед подключением лебедки к электросети ее подсоединяют к контуру заземления или к нулевому проводу питающей сети. Роль контура заземления могут заменить металлоконструкции сооружения, установленного на железобетонном фундаменте.

Перед началом работы проверяется исправность тормоза пробными включениями лебедки без нагрузки. Тормоз должен растормаживаться при включении электромотора электромагнитом или электрогидротолкателем. Привод электрогидротол-

кателем совершенное, но требует более квалифицированного ухода. В электрогидротолкателе необходимо периодически заменять или доливать гидротормозную жидкость, в качестве которой может быть использовано веретенное масло. При расторможенном тормозе должно быть исключено касание колодок тормозного шкива. Регулировочными винтами необходимо обеспечить равномерный отход обеих колодок по всей длине, периодически проверять состояние и характер их износа.

Перед подъемом груза проверяется тормозная путь, который должен быть равен

Перед подъемом груза проверяется тормозная путь, который должен быть равен

$$S_T = \frac{V_{л}}{20 \div 30 i}$$

где  $S_T$  — тормозной путь полиспаста, м;  $V_{л}$  — скорость лебедки, м/мин;  $i$  — кратность грузового полиспаста. Для этого груз, поднятый на 1,5—2 м, опускают и после установившейся номинальной скорости резко останавливают. Тормозной шкив должен остановиться через 2—3 с после отключения двигателя, а груз пройти расстояние  $S_T$ . При резкой остановке груза или задержке его остановки необходимо соответственно отпустить или затянуть тормозную пружину.

В редукторе следует проверить качество и уровень масла. На долго неработавшей лебедке следует осмотреть подшипники и зубчатые передачи. Проворачивая тормозной шкив вручную,

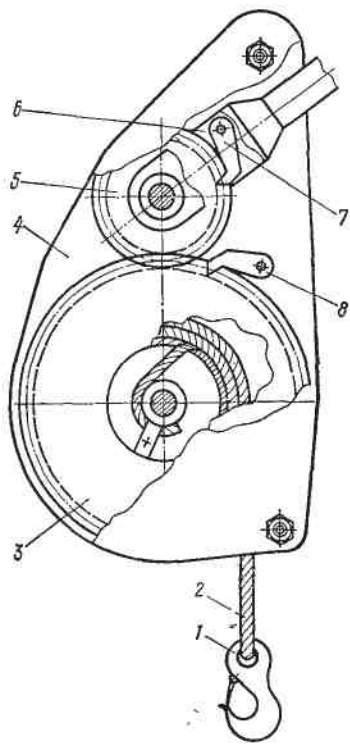


Рис. 21. Монтажная лебедка с рычажным приводом ЛРХ-750: 1 — крюк; 2 — канат; 3 — барабан; 4 — щекवि́на; 5 — приводная шестерня; 6 — рычажный привод; 7 — собачка приводной шестерни; 8 — стопорная собачка барабана.

при расторможенном тормозе проверяют зазоры в зубчатых зацеплениях редуктора. Люфт шкива должен быть в зависимости от передаточного числа редуктора и числа ступеней 5—10°.

Редуктор должен работать без шума, с равномерным легким гулом. Боковой зазор в открытой зубчатой передаче должен быть не более  $0,2m$  ( $m$  — модуль передачи).

Лебедку в рабочее положение как правило устанавливают так, что канат сходит с нижней части барабана в горизонтальном направлении. Если в каком-либо конкретном случае канат с лебедки должен сходиться по другому, то крепление должно быть рассчитано на удержание ее в заданном положении с учетом силы действия каната, перемещающегося по длине барабана. Иногда для этого требуется крепить лебедку к переходной раме, загружаемой балластом. При установке на металлические конструкции лебедку рекомендуется приварить к ним переходными косынками.

В качестве монтажных лебедок в ряде случаев могут быть использованы грузовые лебедки трубоукладчиков, монтажных кранов и т. п. При этом следует проверить соответствие характеристик такелажной оснастки, так как при проектировании ее рассчитывают на использование с монтажными лебедками, скорости которых в несколько раз меньше скоростей лебедок перечисленных машин, что сказывается на динамических нагрузках.

При подборе лебедок необходимо стремиться использовать полиспаст возможно меньшей кратности с тем, чтобы рабочая длина каната была наименьшей, а скорость подъема груза — наибольшей.

При выборе лебедок следует учитывать, что эксплуатационная надежность лебедки большей грузоподъемности выше и их рекомендуется использовать при длительной работе на одном месте.

## **Специализированное подъемно-транспортное оборудование**

**Специализированный транспорт.** С развитием крупноблочных поставок доставка отдельных крупногабаритных агрегатов и узлов на место установки часто не может быть выполнена обычными транспортными средствами и требует специальных решений.

На отдельные стройки оборудование поставляется смешанными видами транспорта: железнодорожным или водным — в район строительства объекта и затем — спецавтотранспортом.

Так, реакторные колонны, узлы прокатных клетей массой 200—300 т доставляют морским и речным транспортом до ближайшего к стройке порта разгрузки, а оттуда — на специальных тележках — на место монтажа. Для этих целей ВНИИМонтажспецстроем разработаны и изготовлены тележки на пневмоходу грузоподъемностью 250 и 600 т. Доставка оборудования таким способом осуществляется с участием монтажных организаций.

С целью сокращения сроков строительства и снижения трудоемкости монтажа практикуется предварительная укрупнительная сборка оборудования в законченные блоки на специальных сборочных площадках с последующим транспортированием в монтажную зону по специально разработанным схемам.

При совмещенных методах производства строительно-монтажных работ передача оборудования в монтажной зоне также осуществляется специальными устройствами. Специализированные средства горизонтального транспорта крупногабаритных и тяжеловесных блоков оборудования создаются с использованием стандартных узлов транспортного оборудования различного назначения. Так, тележки грузоподъемностью 250 т для перевозки химических аппаратов были изготовлены с использованием пневматических колес тяжелых самолетов. Трест Востокметаллургмонтаж создал автоприцеп грузоподъемностью 150 на базе автоприцепа промышленного образца ЧМАЗАП-5530.

Для перевозки блоков оборудования массой 100—120 т применяется сцеп из двух стандартных автоприцепов 4ПТ-60. Для перевозки крупногабаритных узлов оборудования и конструкций изготавливаются на базе двухосных автоприцепов тележки со специальными погрузочными платформами. На базе этих же автоприцепов разработаны автоприцепы с пониженной платформой. Их также применяют для перевозок негабаритных грузов в районе строительной площадки.

Для монтажа способом надвигки в монтажной зоне устраивают путь из железнодорожных рельсов, на который устанавливают тележки для перевозки слитков или полозья, передвигаемые лебедками. Например, при строительстве угольного склада (Жданов) для переброски на параллельные пути порталных кранов массой по 260 т, смонтированных на специальной площадке, был проложен путь из железнодорожных рельсов. Под тележки передвижения были подведены полозья, на которых краны были передвинуты на расстояние 100 м и установлены в проектное положение. Так был передвинут конвертор для выплавки стали массой 130 т от места разгрузки к ме-



сту его установки. Таким способом подтаскивают аппараты вертикального типа при монтаже расчлененными монтажными мачтами.

Для передачи оборудования прокатных станов из пролета в пролет используют передаточные тележки, устанавливаемые на временные пути и перетаскиваемые монтажными лебедками. Временные пути служат для растаскивания оборудования по междуэтажным перекрытиям многоэтажных зданий.

Применяются для горизонтального транспортирования оборудования на строительной площадке и трубоукладчики.

Особенностью горизонтального транспортирования тяжелых блоков оборудования в монтажной зоне является использование частных решений для конкретных условий строительного объекта и конструкции монтируемого оборудования. Общим для этих решений является использование унифицированных узлов транспортных машин, железнодорожного транспорта, перетаскивание грузов волоком монтажными лебедками на полозьях по временно уложенным железнодорожным путям.

**Монтажные мачты.** Развитие конструкций мобильных монтажных кранов резко сократило использование монтажных мачт. Однако на производстве отдельных видов работ они могут быть наиболее эффективными средствами монтажа, а в некоторых случаях — единственными.

Монтажная мачта состоит из стойки, на нижнем конце которой имеется шаровая опора, а на верхнем — кронштейн для крепления полиспаста и крестовина для крепления обычно четырех оттяжек. Шаровая опора устанавливается на опорную плиту, к которой крепится отводной блок ходовой нитки полиспаста. В нижней части встроено устройство для разворота. В распространенных конструкциях мачт стойка выполняется решетчатой или из трубы, в отдельных случаях — усиленной уголками. Мачты высотой до 35 м рекомендуется делать из трубы по ГОСТ 10704—76, свыше 35 м — решетчатой. Недостатками конструкции этих мачт являются: значительная масса, большие трудозатраты на установку, необходимость использования для ее обслуживания в среднем четырех лебедок. Для монтажа оборудования мачтой требуются специально обученные рабочие и квалифицированный инженерный надзор.

Поперечное сечение мачты можно снизить, нагружая ее только сжимающей нагрузкой путем установки на оголовок двухплечевой шарнирной траверсы, в один конец которой встроены ролики неподвижного блока полиспаста, а другой конец крепится оттяжками к пятке (рис. 22). В результате этого масса мачты снижается почти в 2 раза. Мачты такой конструкции

грузоподъемностью 75, 100 и 100/150 т были разработаны, изготовлены и широко использованы на монтаже тяжелых металлургических мостовых кранов трестом Донбассметаллургомонтаж.

Для того, чтобы поднять груз массой до 130 т, оснастку концов траверсы необходимо поменять местами. Мачта (см.

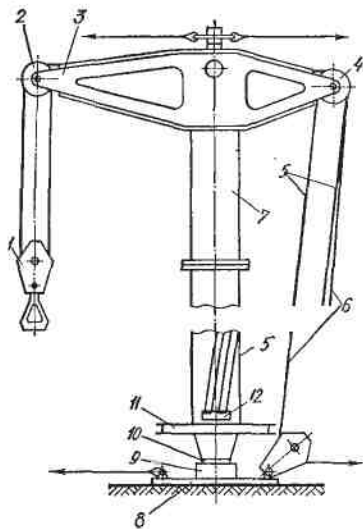


рис. 22) может быть использована для подъема грузов массой до 150 т. Для этого следует заменить нижнюю подвеску 1, добавив в нее еще один ролик и запасовав полиспасты в 12 ниток. Преимуществом описанной мачты является возможность захватывать и перемещать грузы с попе-

Рис. 22. Монтажная мачта с траверсой:

1 — нижняя подвеска; 2 — встроенная обойма полиспаста; 3 — траверса; 4 — ролики отклоняющие и для крепления оттяжки; 5 — оттяжка; 6 — грузовой канат; 7 — стойка мачты; 8 — опорная плита; 9 — поворотная пята; 10 — шаровая опора; 11 — поворотный круг; 12 — паз для крепления оттяжки.

речными габаритными размерами в плане до 4,5 м без дополнительных оттяжек и поднимать на высоту, близкую к ее высоте. Это позволяет устанавливать мачту в закрытых цехах под нижним поясом ферм и обеспечивать подъем и установку в проектное положение основных узлов тяжелых мостовых кранов в сборе с железнодорожных платформ, подаваемых по цеховым железнодорожным путям.

Приложение нагрузки к монтажным мачтам осуществляется по схемам, изображенным на рис. 23.

Диаметры трубы мачты  $D_M$ , см, при толщине ее стенки 1 см можно подобрать из следующих соотношений для схем рис. 23:

$$a - \frac{h}{35} \leq D_M \geq \frac{P}{3000 \div 4000};$$

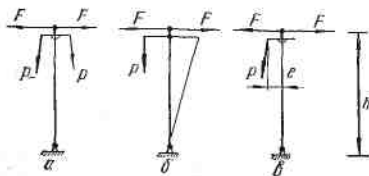
$$б - \frac{h}{35} \leq D_M \geq \frac{P}{1500 \div 2000};$$

$$в - \frac{h}{35} \leq D_M \geq \frac{P}{950 \div 850},$$

где  $h$  — высота, м;  $P$  — нагрузка, кг.

Рис. 23. Схемы нагружения монтажных мачт:

$a$  — симметричное нагружение силой  $P + P$  на мачты с жестким оголовком;  $б$  — нагрузка силой  $P$  мачты с шарнирной траверсой;  $в$  — односторонняя нагрузка силой  $P$  мачты с жестким оголовком;  $F$  — растяжки мачты;  $e = D_M$  — эксцентриситет приложения нагрузки.



Приведенные соотношения рассчитаны для гибкости трубы  $\lambda = 100$  и допускаемых напряжений  $[\sigma_{из}] = 1600$  кгс/см<sup>2</sup>.

Нагрузка, приходящаяся на расчалку мачты с жестким оголовком, определяется при разработке ППР. Она зависит в основном от усилия оттягивания груза от мачты. Иногда мачту устанавливают с наклоном, чтобы исключить или уменьшить усилие оттягивания груза. В этом случае разворот мачты не допускается.

Усилие разворота мачты с шарнирной траверсой зависит от длины рабочего плеча траверсы и угла ее наклона. Наклон мачты должен быть минимальным. При установке мачты следует натянуть расчалки с нагрузкой 4÷6% от массы поднимаемого груза, чтобы уменьшить влияние их упругой деформации на усилие разворота.

Основание мачты должно быть зафиксировано от смещения при работе грузоподъемной лебедки и лебедки разворота. Их необходимо располагать по разные стороны мачты, чтобы избежать сложения создаваемых ими усилий.

Монтажная мачта для монтажа аппаратов вертикального типа и землеройных комплексов в значительной степени вытеснена монтажными кранами и специальными подъемниками. Так, для установки аппаратов вертикального типа использует-

ся разработанный ВНИИМонтажспецстройем подъемник с гидравлическим приводом (рис. 24). Подъемник состоит из двух шарнирных стоек, по которым перемещается гидравлическим шаговым механизмом траверса, поднимающая уложенный на нее аппарат. Опорная часть аппарата крепится к поворотному шарниру, который делает систему кинематически устойчивой.

**Строительные конструкции.** Широко используются в качестве опор при подъеме и перемещении монтируемого оборудования следующие конструкции:

колонны, стропильные фермы, галереи — для крепления монтажных полиспастов, отводных блоков и лебедок;

крыша зданий, междуэтажные перекрытия, подземные тоннели — для устройства временных путей при переброске оборудования, мобильных монтажных кранов и материалов;

вертикальные сооружения, дымовые трубы и каркасы зданий — для крепления оттяжек.

Приложение монтажных нагрузок к строительным конструкциям требует обоснования и должно быть согласовано с проектировщиками сооружений. Непродуманное нагружение пространственных решетчатых конструкций, легких перекрытий и элементов стропильных ферм, размещение грузов на крыше и перекрытиях приводит к их деформации и даже к обрушению сооружений.

В ряде случаев подготовка предложений об использовании конструкций

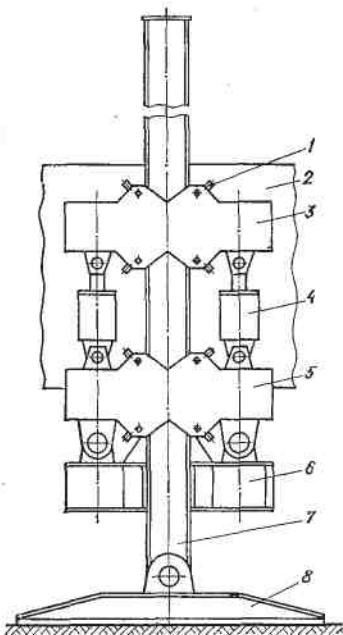


Рис. 24. Гидравлический подъемник для монтажа аппаратов вертикального типа:

1 — стопорный рычаг; 2 — поднимаемый аппарат; 3, 5 — подъемные каретки соответственно верхней и нижней; 4 — гидроцилиндр; 6 — подъемная траверса; 7 — шарнирная стойка; 8 — опорная плита.

для монтажных работ может производиться на основании нормативных нагрузок.

СНиП II-6-74 устанавливает нормативные временные нагрузки для кровли  $85+90 \text{ кгс/м}^2$  (например, Днепропетровская, Донецкая области), для междуэтажных перекрытий производственных помещений, переходов и лестничных площадок 300.

Установлены ограничения по приложению сосредоточенной нагрузки к железобетонным плитам перекрытий из-за опасности местного продавливания пола, которая не должна превышать 200—400 кг. Использование несущей способности перекрытия требует или рассредоточения монтажной нагрузки, что обычно осуществляется устройством опорных рам, или установкой дополнительных опор под перекрытием. Монтажная нагрузка может быть увеличена при размещении ее у опор или над ребрами плит.

Особую осторожность следует проявлять при приложении монтажных нагрузок к железобетонным конструкциям, которые могут содержать скрытые дефекты, а изменение условий их нагружения может вызвать аварию.

Основным элементом междуэтажных и кровельных перекрытий являются железобетонные плиты. Наиболее распространено использование плит пролетами 6 и 12 м. На плиты нормируется нагрузка до  $q=800 \text{ кгс/м}^2$ . При равномерном (рис. 25) распределении нагрузки на такой плите может быть

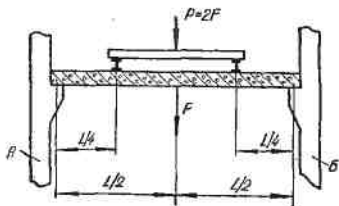


Рис. 25. Схема нагружения плиты междуэтажного перекрытия:

А, Б — опоры.

размещен груз  $P=LBq$ . При необходимости сосредоточения нагрузки в середине плиты допустимо приложить нагрузку  $0,5P=F$ . Это может быть допущено только при рассредоточении нагрузки равномерно по ширине плиты  $B$ . При смещении нагрузки от середины к опорам она может быть увеличена и на расстоянии  $0,25L$  от опор А и Б допустимо приложить два груза, каждый весом  $F$ .

Если же на расстоянии  $L/4$  от обеих опор уложить подпорки и на них положить дополнительную балку, то к ней допустимо приложить в середине или равномерно распределенную нагрузку, равную  $P$ . Если нагрузку прилагать на край плиты,

она должна быть уменьшена в зависимости от конструкции плиты в 2—4 раза. Следует избегать приложения сосредоточенной нагрузки с эксцентриситетом более 0,1 ширины плиты относительно продольной оси.

Распределочивая монтажную нагрузку при помощи продольных и поперечных дополнительных балок на две, три и более плиты, дополнительную монтажную нагрузку можно увеличить до двух, трех и более  $P$ . В случае необходимости часть монтажной нагрузки может быть передана на перекрытия верхнего или нижнего этажей. В первом случае плиты перекрытий соединяются металлическими тягами, а во втором устанавливаются временные опоры. Определение дополнительной нагрузки, размещаемой на перекрытии, требует квалифицированной инженерной разработки и согласования с проектировщиком здания. Такие задачи решаются при разработке ПОС и ПОР силами специализированных проектных организаций.

В последние годы для подъема тяжелых блоков массой до 100 т применяют стропильные фермы и колонны каркаса здания. Так, на строительстве мартеновского цеха завода им. Ильича (Жданов) с колонн здания были подняты узлы заливочных мостовых кранов массой по 70, а затем разливочного — массой 140 т. Со стропильных ферм двора изложниц цеха были подняты узлы мостовых кранов массой по 30 т. Монтажные организации Украины смонтировали сотни мостовых кранов с использованием строительных конструкций зданий для приложения монтажных нагрузок.

При проектировании стропильных ферм в нормативные нагрузки включаются нагрузки от кровли, снега, пыли, ветра, динамического воздействия оборудования, располагаемого на конструкциях, и т. п. В период строительства здания часть из перечисленных нагрузок отсутствует, а часть может быть временно ограничена в период подъема оборудования.

Более надежным, хотя и более дорогостоящим, является способ с установкой усиленных ферм, рассчитанных на приложение монтажной нагрузки независимо от воздействия нормативных нагрузок. Во многих случаях для этого достаточно установить в температурном шве фермы из числа промежуточных.

Увязка монтажного полиспада за фермы температурного шва позволяет снизить трудозатраты на настройку такелажной оснастки. Нагрузка от кровли на фермы температурного шва почти в 2 раза меньше, чем на промежуточные фермы. Поэтому их проектируют и изготавливают более легкими.

Учитывая высокую ответственность подъема грузов со стропильных ферм и последствия возможных аварий, следует по

месту проверять качество монтажа конструкций и соответствие их изготовления рабочим чертежам.

При разработке ППР рассчитывается упругий прогиб фермы от монтажной нагрузки. Монтаж оборудования со стропильных ферм производится под наблюдением разработчика ППР с проверкой выполнения всех условий, заложенных в проекте. При подъеме замеряется фактический прогиб фермы от действия монтажной нагрузки и сравнивается с расчетным. В практике фактический прогиб (примерно 1 : 1500 пролета фермы) до 10% бывает меньше расчетного. Превышение фактического прогиба может свидетельствовать о возможных ошибках расчета фермы или определения величины монтажной нагрузки.

Способ монтажа оборудования со стропильных ферм основан на относительно точном учете и использовании всех факторов и состояния строительства ко дню производства работ. Это требует оперативной разработки ППР и его использования, что ограничивает возможности заблаговременной подготовки работ. После полного завершения всех строительных работ и начала эксплуатации цеха допустимая монтажная нагрузка будет меньше.

Монтаж оборудования с колонн здания является более безопасным, но требует более сложной технологической подготовки производства работ. В этом случае монтажная нагрузка прикладывается к оголовкам колонн в узлах примыкания поясов ферм. Основными схемами этого способа являются: соединение двух или четырех полиспастов, увязанных за узлы примыкания верхних поясов ферм траверсой с петлей (см. табл. 28), на которой поднимается груз может разворачиваться; увязка полиспастов за крайние точки поднимаемого груза. В последнем случае возможно увязывание полиспастов за узлы примыкания нижнего пояса ферм к колоннам, что упрощает увязку и позволяет повесить монтажную нагрузку за счет того, что горизонтальная составляющая монтажной нагрузки будет восприниматься растянутым нижним поясом фермы.

Использование увязки полиспастов для способа подъема груза общей траверсой ограничивает высоту подъема, так как с увеличением угла между полиспастами более  $120^\circ$  в них существенно возрастает нагрузка.

Схема увязки полиспастов за конструкции выбирается с учетом всех конкретных факторов, вытекающих из особенностей конструкции здания цеха и монтируемого оборудования, имеющейся монтажной оснастки, загруженности площадки в районе производства монтажа и т. д. Все это усложняет под-

готовку работ таким способом. Наиболее безопасным является способ монтажа мостовых кранов «рыбкой» с увязкой полиспастов за концевые балки моста. В этом случае монтажная нагрузка в основном воспринимается колоннами здания, а нагрузка, передаваемая на пояса ферм, незначительна.

В качестве опорных конструкций для увязки монтажных полиспастов могут использоваться заводские дымовые трубы. Увязка монтажных полиспастов за дымовую трубу производится стропами, охватывающими трубу и удерживаемыми силой трения, возникающей от обжатия поднимаемым грузом.

Полиспаст увязывают за трубу на уровне одной из обслуживающих круговых площадок (рис. 26а). Для этого на поверхности трубы размещают опоры. Развертка траектории размещения стропа на поверхности трубы является сектором круга с центральным углом, равным половине угла между ветвями стропа в месте увязки блока полиспаста (рис. 26, б). Угол должен быть тем больше, чем меньше коэффициент трения между стропом и трубой. Удельное давление стропа на трубу

$$q = \frac{6,3P}{l},$$

где  $P$  — натяжение стропа, кгс;  $l$  — длина стропа, охватывающего трубу, см.

Так как диаметр трубы обычно составляет несколько метров, то для монтажной нагрузки в 50 т удельное давление на 1 см стропа будет составлять 100—150 кг. В зависимости от материала трубы в случае необходимости под строп подкладывают подкладки.

В качестве опорных конструкций используются каркасы зданий для крепления оттяжек, подъема оборудования, подаваемого в проемы на междуэтажные перекрытия и устанавливаемого на кровлю здания.

Однопролетные здания обычно не могут воспринимать значительные поперечные нагрузки. Величина продольной нагрузки может быть допущена до нескольких десятков тонн в зависимости от конструкции здания и места приложения. Приложение нагрузок должно быть согласовано с авторским надзором и обычно требует местного усиления элементов конструкций накладками или приваркой петель.

Расчаливание колонн цеха для восприятия поперечных монтажных нагрузок как правило не дает эффекта. Необходимо стремиться создать замкнутую систему самоуравновешиваю-



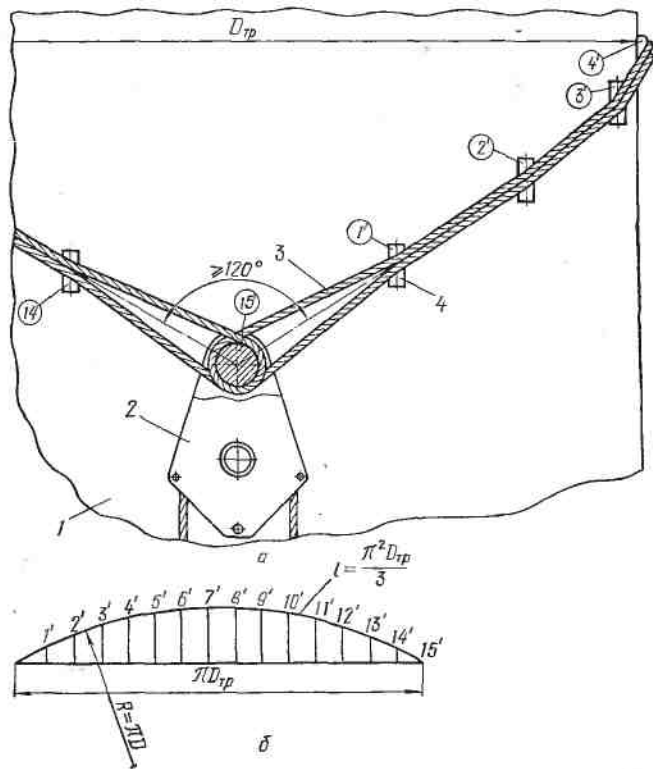


Рис. 26. Схема увязки стропа на трубе:

*a* — схема увязки полиспаста на трубе; *b* — траектория точек приложения нагрузки; 1 — дымовая труба; 2 — неподвижный блок полиспаста; 3 — строп; 4 — подкладка под строп; 1' — 15' — точки траекторий крепления стропа;  $D_{тр}$  — диаметр трубы;  $l$  — длина стропа.

щихся сил с тем, чтобы равнодействующая сил  $G$  и  $R$ , прикладываемых к колоннам, имела вертикальное направление  $R_B$  и  $G_B$  и взаимоуравновешенные горизонтальные реакции  $R_G$  и  $G_G$  (рис. 27).

Таким же образом необходимо поступать при подъеме грузов устройствами, устанавливаемыми на здании с опиранием на колонны каркаса. В качестве уравновешивающей силы рационально использовать противовесы.

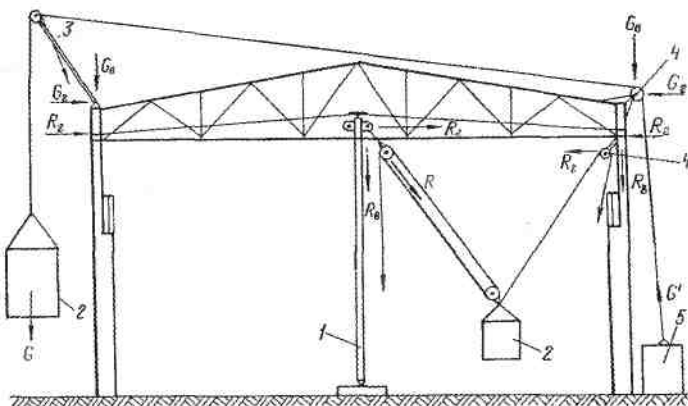


Рис. 27. Схема приложения монтажной нагрузки к конструкциям здания:

1 — монтажная мачта; 2 — поднимаемый груз; 3 — монтажная укосина; 4 — отклоняющие блоки; 5 — противовес.

## Универсальное подъемно-транспортное оборудование

**Железнодорожные платформы.** Для перевозки негабаритных тяжеловесных узлов оборудования железнодорожным транспортом разработано ряд специальных конструкций платформ, имеющих повышенную грузоподъемность.

Тяжеловесные негабаритные грузы по заводским путям перевозятся универсальными железнодорожными платформами с повышением их номинальной грузоподъемности на 20—30% на пониженных скоростях.

**Автоприцепы.** Перевозка тяжеловесных грузов по автодорогам осуществляется автоприцепами (табл. 30). Грузоподъемность автоприцепов определяется с расчетом равномерного распределения нагрузки между всеми колесами.

Краны. По способу передвижения краны делятся на три основные группы: автомобильные, изготавливаемые на шасси автомашин, на пневмоходу и на гусеничном ходу.

Автомобильные краны используются для перегрузки и монтажа оборудования на мелких объектах, на вспомогательных

### 30. Автоприцепы-тяжеловозы для перевозки негабаритных монтажных блоков

Наименование параметров	Единица измерения	ЧМЗАП-5530	ЧМЗАП-5512	ЧПТ-60	ЗПТ-40	Т-151А
Грузоподъемность	т	120	60	60	40	20
Масса прицепа	"	46,5	14,5	24,0	13,0	7,98
Количество осей	шт.	6	4	4	3	2
Погрузочная площадка:						
длина	мм	9000	5500	5500	5400	5000
ширина	"	3280	3300	3300	3200	2700
высота	"	500	1000	1000	1000	800
Дорожный просвет	"	350	195	380	480	257
Габаритные размеры:						
длина	"	21730	11370	12600	10500	9350
высота	"	3400	1625	1587	1380	1450

работах и для обслуживания складов. Преимуществом автокранов является их высокая мобильность (табл. 31).

Краны на пневмоходу (табл. 32) могут самостоятельно передвигаться по автодорогам и по укатанным грунтовыми площадкам с грузом и без него. Возможности их передвижения по бездорожью ограничены. При установке на аутригеры они обладают грузоподъемной характеристикой, аналогичной гусеничным краном, но при этом исключается возможность передвижения их с грузом и усложняется производство работ. Без аутригеров грузоподъемность этих кранов значительно понижается.

Краны на гусеничном ходу наиболее отвечают условиям работы на строительной площадке благодаря способности передвигаться по бездорожью как без груза, так и с грузом (табл. 33).

### 31. Автомобильные краны для монтажа оборудования

Наименование параметра	Единица измерения	Марка				
		КС-1562		К-64		МКА-6,3
		Длина				
		6	10,3	7,35	11,75	8,1
Вылет стрелы:						
минимальный	м	3,5	5,6	3,3	4,6	3,4
максимальный	"	6	10	6,5	9	7
Грузоподъемность на опорах:						
максимальная	т	4	1,8	6,3	3	6,3
минимальная	"	1,2	0,5	2	1	1,7
Грузоподъемность без опор:						
максимальная	"	1	—	3	1	1
минимальная	"	0,15	—	—	0,8	—
Высота подъема крюка:						
максимальная	м	6	10	8	12	8,1
минимальная	"	3,8	5,5	5,3	9,3	5,9
Радиус, описываемый хвостовой частью	мм	1830		1700		
Расстояние до выносной опоры	мм	1650		1725		
Габаритные размеры в транспортном положении:						
длина со стрелой	"	8350	12550	10065	14465	9250
ширина	"	2450		2710		
высота	"	3330	3830	3600	4100	3900
Максимальное давление на выносную опору	тс	9,6		12,5		
Масса	т	7,57	7,87	12,2	12,4	9,58

крана

	МК-7		СМК-10		К-162		МКА-16		
стрелы, м	12,1	8,5	14,5	10	16	10	14	10	15
	5 10	2,5 8,5	3,5 14	4 9,5	5,3 16	3,9 10	4,2 13	4,1 10	5 15
	2,5 0,7	7,5 2	5 0,7	10 2	5 0,5	16 2,8	12 1,5	16 4	11,5 2
	— —	2 0,5	1,25 0,2	— —	— —	4,4 1	3 0,43	4 1,2	3,3 0,8
	12,2 8,9	9,5 4,3	15,5 6,9	10,5 6	16,5 5,5	10,5 4,6	14,5 7,5	10,6 6	15,2 8
2300		2000		2200		2900		2800	
1750		1950		2200		2200		2200	
2600	13200 4100	11730 2850 3830	17700 4200	13420 3860	19420 2810 4200	14000 2750 3955	18000 4250	14300 2700 4000	19300 4450
8	9,88	13,65	— 14	10,76 14,55	14,79	22,5	25 22,9	23,55	26 24,2

### 32. Пневмоколесные краны, применяемые на монтаже оборудо-

Наименование параметра	Единица измерения	Марка				
		КС-4361		МКП-16		Длина
		10	25	10	18	
		Вылет стрелы:				
минимальный	м	3,75	7,5	4,1	5,5	4
максимальный	"	10	23	10	16	10
Грузоподъемность на опорах:						
максимальная	т	16	4	16	9	16
минимальная	"	3	0,3	4	1,6	4,5
Грузоподъемность без опор:						
максимальная	"	9	2,25	12	6,5	8
минимальная	"	2,3	—	3	1	2
Высота подъема крюка:						
максимальная	м	8,8	22,8	10,4	18	10
минимальная	"	3,7	11,4	6	13	6
Радиус, описываемый хвостовой частью крана	мм	3000		3650		
Расстояние до выносной опоры	мм	1675		1800		
Габаритные размеры в транспортном положении:						
длина со стрелой	"	14000   29000		14500   22300		15300
ширина	"	3150		3260		
высота	"	3930   7680		4000   5400		4000
Максимальное давление на выносную опору	т	21,3		—		
Масса	"	23,7   24,7		24   24,5		26

\* Без стрелы.

крана									
МКШ-16		КС-5363		МКП-25		МКП-40		КС-7361	
стрелы, м									
21,3		15		20		12,5		17,5	
15		20		12,5		17,5		15	
20		15		12,5		17,5		15	
6	4	5,5	4,5	4,45	4,5	4,8	4,2	6	
14	13,8	18	12	12	15	16	15	20	
6,3	25	16,2	25	19,4	40	32	63	31	
0,9	3,5	2,1	5	5,2	4,8	4	5	4	
—	14	8	10	8,5	11	—	30	16	
—	2	1,2	2,8	—	0,8	—	4,25	1,5	
19,8	14	19,2	12	17,3	15,6	20,5	13,5	21,35	
16	8	10,25	8	13,9	7,5	14	6	13,6	
2800		3800		3770		3000		4350	
—		2100		2200		2500		2500	
25000	14100	—	6550*	—	12700	—	8680	—	
2200	3370		3200		4140		4500		
5600	3900	—	4200	—	4000	—	4230	—	
—		32		33,4		69		71,2	—
—	33	33,5	39	—	45,2	—			

### 33. Гусеничные монтажные краны

Наименование параметра	Единица измерения	Марка				
		МКГ-10А		МКГ-16		Длина
		10	14	11	18,5	
Вылет стрелы:						
минимальный	м	4	4,6	4	5	3,8
максимальный	"	10	13	10	12	11,9
Грузоподъемность:						
максимальная	т	10	7	16	10	25
минимальная	"	2,4	1,2	3,1	2	5,2
Высота подъема крюка:						
максимальная	м	10	14	10	17,5	12
минимальная	"	5	7,5	6,5	14,5	7
Радиус, описываемый хвостовой частью крана	мм	3300		3500		
Давление на грунт:						
при работе	кгс/см <sup>2</sup>	0,7		0,95		
в транспортном положении	"	0,55		0,75		
Габаритные размеры в транспортном положении:						
длина со стрелой	мм	14450	18400	15500	23000	18300
ширина	"	3100		3220		
высота	"	3510		3690		
Масса	т	20	20,7	28,5	29,3	39

На монтаже оборудования лучшим считается кран, который при одинаковых габаритах и массе имеет большую грузоподъемность и высоту подъема, допускает подъем груза больших габаритов. Эти характеристики диктуются необходимостью монтажа оборудования в закрытых цехах при подъеме крупногабаритных тяжеловесных блоков на предельную высоту в ограниченном пространстве. В этих условиях часто требуется увеличивать или уменьшать длину стрелы нетиповыми вставками или установкой гуська, что меняет грузовысотную характеристику крана.



крана									
МКГ-25	ДЭК-251		СКГ-40		СКГ-63		КС-8161		
стрелы, м									
17,5	14	19	15	20	15	30	20	30	
4	4,75	5,4	4,5	6,2	5	7,5	6	8	
12	14	18	14	18	14	22	18	26	
20	25	14,7	40	25	63	35	100	63	
4,5	4,3	5,6	8	5,4	12,2	4	16,7	8	
17,4	13,5	18,5	14	18,8	15	30	20	29,5	
13,9	7	9,6	7,2	10,3	9,5	22,8	12,5	18,5	
3770	4440		4000		4566		5700		
1,3	1,17		1,58		1,86		1,7		
0,8	0,7		0,93		1,08		0,98		
23300	20500	25500	21000	26000	21600	36000	—		
3210	4355		4100		5000		6300		
3790	4300		4170		4365		4645		
39,7	36,12	36,6	57,8	58,5	87,2	89	132,5	135,8	

Для оценки грузовысотной характеристики с новой стрелой принимаются данные по моменту грузовой устойчивости и на грузкам в узлах крана с основной стрелой при максимальной паспортной грузоподъемности. Для их определения учитываются действующие на кран нагрузки: масса поднимаемого груза; ветровая нагрузка; инерционные нагрузки, возникающие при подъеме и повороте крана с грузом; от наклона крана на  $3^\circ$ .

В сравнительных расчетах грузвысотных характеристик влияние ветровой и инерционных нагрузок, а также наклона

стрелы от неровности площадки взаимно исключаются. Допустимую грузоподъемность крана для конкретного случая можно определить путем сравнительного расчета по допустимому грузовому моменту относительно ребра опрокидывания. Грузовой момент определяется суммой произведений массы груза, подвески и стреловой системы на расстояния от их центров тяжести до ребра опрокидывания (ось гусеницы).

При сравнительных расчетах центр тяжести стреловой системы (стрела, стреловой полиспасть, верхние блоки грузоподъемного полиспада) допустимо принимать в середине стрелы.

Более точно опрокидывающий момент крана может быть определен экспериментально. Для этого кран устанавливают на ровную площадку, а стрелу — перпендикулярно к ходу гусениц. На крюк навешивают груз с известной массой. Оторвав груз от поверхности площадки на 10—15 см, увеличивают вылет стрелы до момента отрыва катков гусениц (или выносных опор кранов на пневмоходу) со стороны противовеса. Замерив расстояние от ребра опрокидывания (продольная ось гусеницы со стороны стрелы) и перемножив его на массу испытательного груза, получаем момент устойчивости крана. Разделив полученный момент на 1,4 и вычтя из него момент от массы стрелы и подвески, получаем допускаемый грузовой момент крана. Полученная величина  $M_{\text{опр}}$  используется для расчета допустимой грузоподъемности  $Q_x$  по устойчивости крана с новой стреловой системой (изменение длины стрелы, установка гуська и новой подвески).

Расчаливанием крана канатами за оголовки стрелы обеспечивается возможность увеличения высоты подъема и грузоподъемности крана, а при установке гуська — и габаритов груза. Применение укороченной стрелы увеличивает грузоподъемность крана при уменьшении высоты подъема и вылета стрелы. При этом следует увеличить кратность грузоподъемного полиспада, чтобы избежать перегрузки грузоподъемной лебедки или установить специально изготовленную стрелу упрощенной конструкции с монтажным полиспадом.

На монтаже крупногабаритных металлургических агрегатов (вращающиеся и доменные печи), на укрупнительной сборке тяжеловесного оборудования, для обслуживания приобъектных складов используются следующие козловые краны.

	К-303	КМК-120	УКП-63
Грузоподъемность, т . . . . .	30	120	63
Максимальный пролет, м . . . . .	32	20	56

Высота подъема, м . . . . .	18	18,5	29
База, м . . . . .	9	12	16,5
Ход тележки, м . . . . .	28,3	10,8	52
Масса крана, т . . . . .	70	125	170

Грузовысотные характеристики козловых кранов могут меняться в широких пределах изменением длины опор и пролета ригеля. Козловые краны просты по конструкции и надежны в эксплуатации. Для укрупнительной сборки мелкого оборудования применяются козловые краны, управляемые с земли (рис. 28).

**Башенные краны.** На монтаже крупных технологических агрегатов (доменные печи, кислородные конвертеры, шагающие и роторные экскаваторы, мостовые краны, реакторы химических установок и т. п.) используются монтажные башенные краны типа БК-1000. Эти краны по своим характеристикам рассчитаны на монтаж строительных конструкций, но используются также для подъема укрупненных блоков оборудования.

Область использования башенных кранов для монтажа технологического оборудования может быть расширена. На монтаже оборудования комбината трестом Сибтехмонтаж использован модернизированный кран БК-1000 с повышением его грузоподъемности до 90 т. При дальнейшем развитии грузовысотных характеристик этих кранов ими можно будет заменить специализированные подъемники на монтаже аппаратов вертикального типа, а также более эффективно монтировать ими оборудование обогатительных фабрик, землеройных комплексов и т. п.

**Мостовые краны.** Промышленное оборудование в основном монтируется с использованием эксплуатационных мостовых

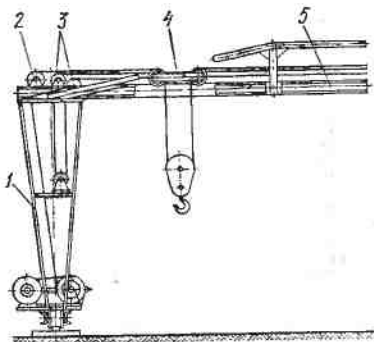


Рис. 28. Козловый кран грузоподъемностью 2 т:

1 — опора; 2 — отклоняющий блок грузоподъемного каната; 3 — отклоняющие блоки каната передвижения грузоподъемной каретки; 4 — грузоподъемная каретка; 5 — ферма крана.

кранов. Отдельные блоки и узлы, масса которых превышает номинальную грузоподъемность кранов, поднимают спаренными кранами или путем рассредоточения нагрузки по мосту крана с использованием траверсы (рис. 29). В зависимости от положения груза относительно подкранового рельса и длины

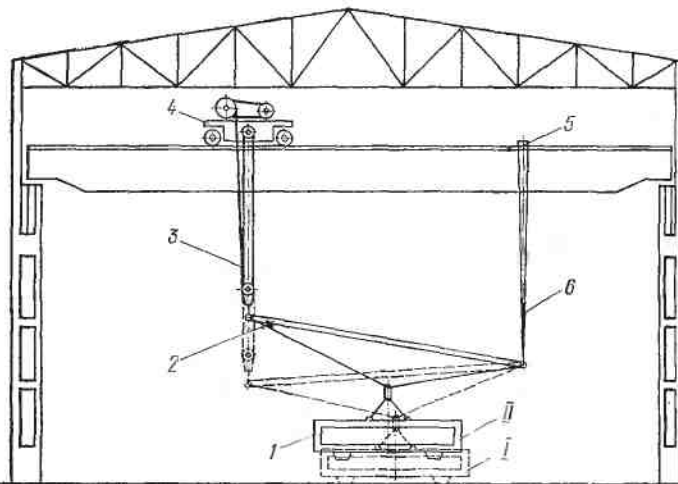


Рис. 29. Схема подъема мостовым краном груза, превышающего номинальную грузоподъемность, рассредоточением нагрузки по мосту:

1 — поднимаемый груз; 2 — унифицированная траверса; 3 — подвеска грузоподъемной тележки; 4 — тележка крана; 5 — вспомогательная балка; 6 — строп; I, II — положения поднимаемого груза.

вспомогательной траверсы можно допустить определенное повышение номинальной грузоподъемности крана. Грузоподъемность крана можно увеличить в 2 раза при положении груза в середине пролета. Один конец траверсы навешивается на крюк, а второй — на вспомогательное устройство, исполнение которого выбирается в зависимости от потребной высоты подъема и необходимости перемещать груз поперек пролета. При небольшой высоте подъема используются траверса и тележка без лебедки, а при большой — на вспомогательной тележке устанавливается дополнительный механизм подъема или специальная траверса (рис. 30).

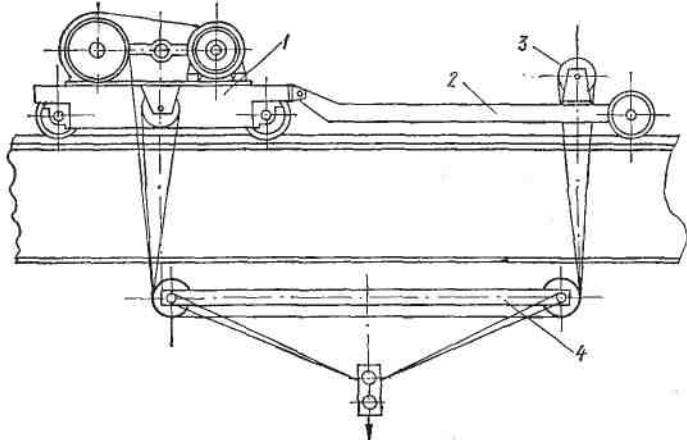


Рис. 30. Конструктивная схема повышения грузоподъемности мостового крана с самоуравновешивающейся траверсой:  
 1 — тележка; 2 — дополнительная тележка; 3 — дополнительный блок полиспаста; 4 — самоуравновешивающаяся траверса.

## ПОДГОТОВКА И ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ

### 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 расчлняют на монтажные бло-

ки 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 оборудо-

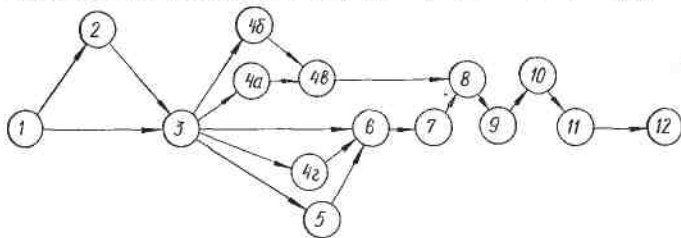


Рис. 31. Схема подготовки и производства монтажа оборудования технологических агрегатов.

вания производится открытым методом, то есть сооружаются фундаменты и оборудование монтируют параллельно со строительством здания цеха.

Подготовка и производство монтажа оборудования во всех случаях должны осуществляться в соответствии со схемой, изображенной на рис. 31. 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-технологическими 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 (на основании СНиП III-31-78). 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.

### **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 определении условий поставки оборудования установлено на стадиях разработки и согласования ТУ на оборудование — отраслевыми стандартами машиностроительных министерств, заключения договора на изготовление оборудования между заказчиком и поставщиком — соглашениями между поставщиком, заказчиком и субподрядчиком.

Участие монтажных организаций в разработке условий поставки определяется специальной инструкцией по схеме, изображенной на рис. 32. Этапы, указанные на рассматриваемой схеме, содержат: 1. Определение общих требований на постав-

ку 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

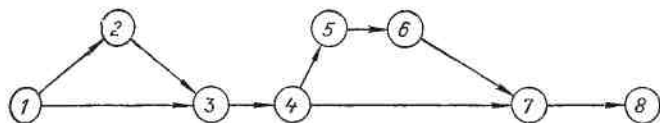


Рис. 32. Схема участия монтажных организаций в повышении качества поставки оборудования на монтаж.

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.

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 затяжки фундаментных болтов в зависимости от типа используемых 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 эксплуа-



тационными смазками; данные об объеме и характере сборки оборудования для опробования и испытания в цехах заводо-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 ревизии, 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.

### **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 бригадами до начала монтажа. Проектно-технологическая документация, которая 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 заказу монтажных управлений монтажными лабораториями и проектно-технологическими 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 бригадире 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 и осуществляет контроль за использованием ППР, качеством производства работ и организует устранение выявленных ошибок в документации, недоделок и брака, допущенного при изготовлении оборудования.

## 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. 33):

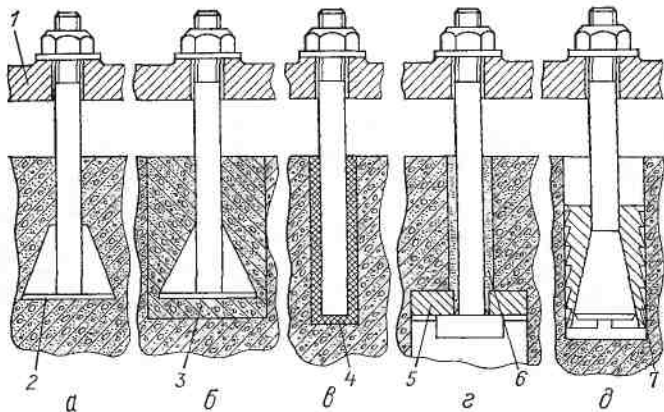


Рис. 33. Конструктивные схемы монтажных болтов:

*а* — глухие; *б* — шанцевые; *в* — вклеиваемые в просверливаемых в фундаментах отверстиях; *г* — анкерные; *д* — самоанкерующиеся; *1* — станина машины; *2* — фундаментный болт; *3* — бетонная заливка; *4* — клеевая масса; *5* — анкерная плита; *6* — песочная засыпка; *7* — клиновидная втулка.

глухие, устанавливаемые на кондукторных устройствах и заливаемые бетоном в процессе сооружения фундамента (рис. 33, *а*). Их следует использовать для крепления крупных агрегатов и узлов, работающих в динамическом режиме;

шанцевые, 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. 33, б);

анкерные, закрепляемые головкой в анкерной плите, устанавливаемой в фундаменте. Их применяют для закрепления оборудования, работающего в динамическом режиме (рис. 33, в);

самоанкерующиеся. Имеется целый ряд конструкций самоанкерующихся болтов, в основном, размерами М16÷М24. Их широкому использованию препятствует отсутствие массового производства (рис. 33, г); вклеиваемые в просверленных в фундаментах отверстиях. Болты закрепляют эпоксидными смолами, силиконовым клеем и зачеканкой бетонными смесями (рис. 33, д).

Наиболее надежное закрепление болтов в фундаменте достигается замоноличиванием (рис. 33, 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 опорные 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 порталного типа (рис. 34). 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.

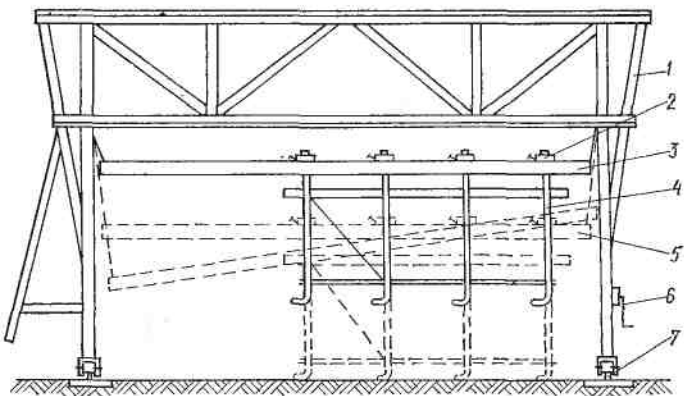


Рис. 34. Стенд для сборки анкер-блоков:

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, оснащенный 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.

Сверловка 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 concentricity 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 (табл. 34). Однако самоанкерую-

#### 34. 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	—

щиеся болты корродируют 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.

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.

## **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 прилегающих 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.

## Приемка оборудования в монтажную зону 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. 35).

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.

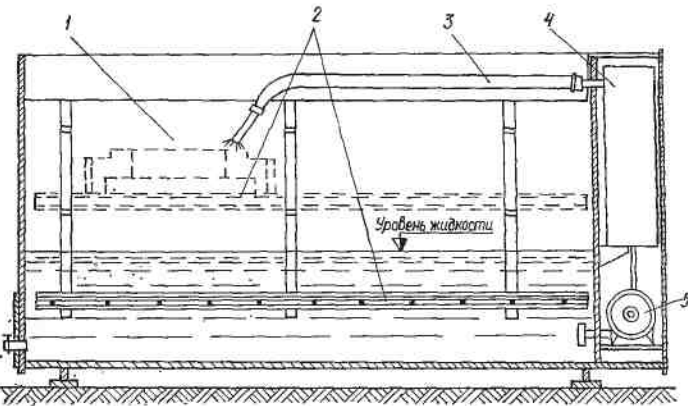


Рис. 35. Установка для расконсервации оборудования:  
 1 — бак; 2 — решетка; 3 — гибкий шланг с соплом; 4 — электроподогреватель; 5 — насос.

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 машины 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.

## **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 строительного-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 груза. 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  $\pm 2$  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 проектом 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 строганых 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 строгаными ниже примерно в 2 раза.

Размер подкладок подбирается из условий, что удельная нагрузка, передаваемая подкладкой на бетон, может составлять 50—80 кгс/см<sup>2</sup> 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 (см. табл. 22). Натяжение фундаментных болтов, кгс/см<sup>2</sup>, до М56 можно определить по формуле  $P = 705d_6^2$ , где  $d_6$  — 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<sup>2</sup> 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. 36). Регулировочными винтами его устанавливают вертикально и фрезу винтом подводят к поверхности

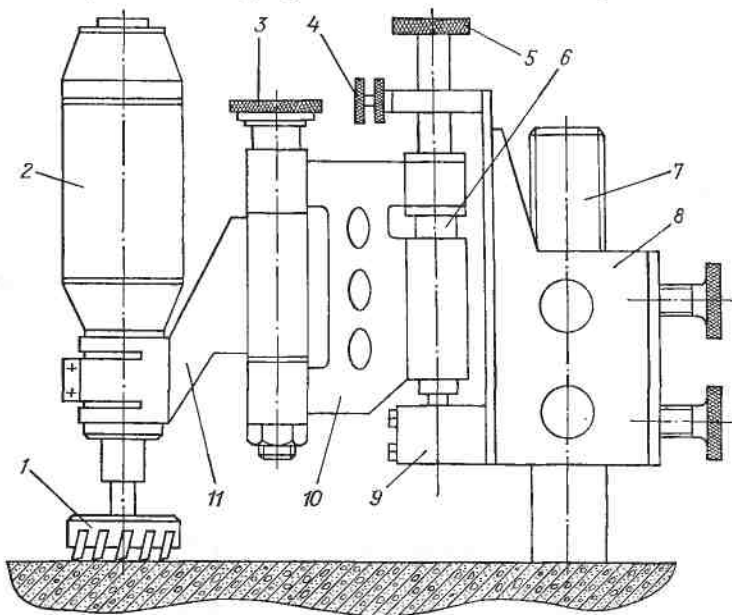


Рис. 36. Устройство для зачистки бетона под подкладки:

1 — фреза; 2 — электрическая сверлильная машина; 3 — уровень; 4, 5 — винты соответственно регулировочный и подъемный; 6 — стойка; 7 — фундаментный болт; 8 — опорный узел; 9 — шаровая опора; 10, 11 — шарнирные петли.

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  $80 \div 100$  кгс/см<sup>2</sup>. Поверхность под подкладку можно зачистить зубилом, бучардой и обычной шлифоваль-

### 35. Пирамидальные пакеты плоских подкладок для установки кладки (см. рис. 37)

Наименование параметров	Единица измерения	Номера		
		1	2	3
Подкладка:				
площадь	см <sup>2</sup>	25	56	100
размер	см	5×5	7,5×7,5	10×10
толщина	мм	15—20	15—20	20—30
масса	кг	0,3—0,4	0,7—0,9	1,6—2,4
нагрузка	тс	1—2	2,3—4,5	5—8
Типоразмеры подкладок в пакете	—	1, 1, 1	2, 1, 1	3, 2, 1, 1
Масса пакета	кг	1	1,5	3,5
Размер фундаментных болтов	мм	M16	M24	M30 и M42 (2 пакета)

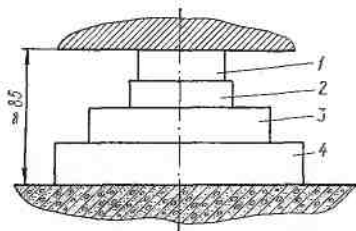


Рис. 37. Пирамидальный пакет подкладок (по табл. 35) для фундаментного болта:

1—4 — подкладки.

ной машинкой, но трудозатраты будут в 3—5 раз выше, чем описанным устройством, а качество значительно ниже.

Если площадь нижней поверхности пакета, состоящего из 4—5 плоских подкладок, определяется допустимой удельной нагрузкой на бетон 80 кгс/см<sup>2</sup>, то поверхность, контактирующая с основанием оборудования, может быть рассчитана на удельную нагрузку 1000 кгс/см<sup>2</sup>. Поэтому целесообразнее пакет плоских подкладок принять пирамидальным (табл. 35, рис. 37) 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

подкладок и пакетов

4	5	6	7	8
225 15×15 20—30 3,5—5,5 9—17	400 20×20 30—40 9—12 18—30	625 25×25 30—40 15—20 30—40	900 30×30 35—50 25—35 40—65	1225 35×35 35—50 33—48 65—90
4, 3, 2, 1 7,7	5, 3, 1, 1 14	6, 4, 2, 1 24	7, 5, 3, 1 44	8, 6, 4, 2 64
M36 и M64 (2 пакета)	M76 (2 пакета)	M90 (2 пакета)	M125 (2 пакета)	M150 (2 пакета)

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, измерить 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 необхо-

димо учитывать при раскладке подкладок под оборудование, укладывая пакет на  $1,5 \div 2$  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 монтируемого узла и при перемещении его в горизонтальной плоскости при центровке оборудования невозможно. Поэтому рекомендуется устанавливать пакеты с предварительным напряжением (рис. 38). Их выверяют до установки оборудова-

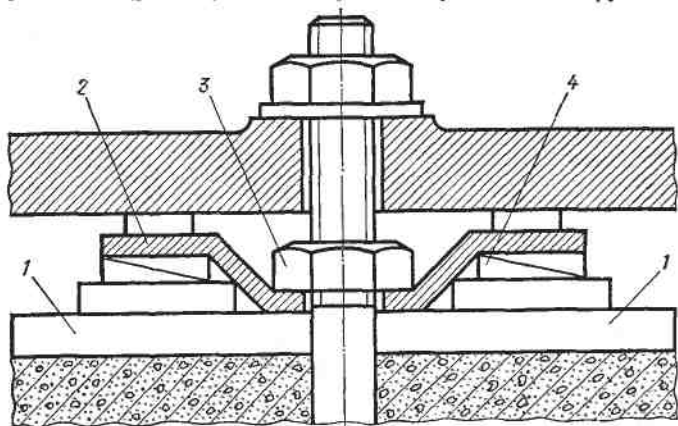


Рис. 38. Предварительно напряженные пакеты подкладок для установки оборудования:

1 — предварительно напряженные подкладки; 2 — прижимная пластина; 3 — зажимная гайка; 4 — встречно-клиновые подкладки.

ния с требуемой точностью, и после центровки узла в горизонтальной плоскости остается только затянуть фундаментные болты. При этом, возможно, потребуются откорректировать натяжение болтов с учетом упругости пакета, подбив клиновые подкладки или подложив регулировочные прокладки требуемой толщины.

Описанный способ является наиболее удобным для установки и выверки тяжело нагруженных плитовых прокатных



станов, шестеренных клетей, пожниц, 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 расстоянии, 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. 39).

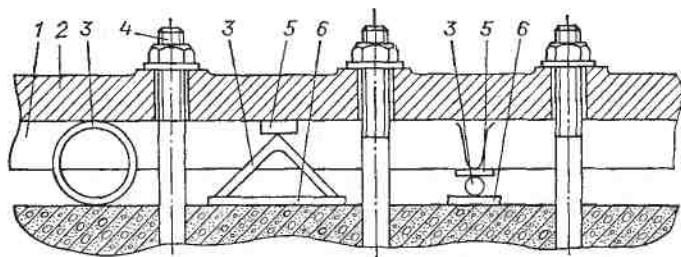


Рис. 39. Установка оборудования на облегченных подкладках: 1 — ребро станины; 2 — выверяемая станина; 3 — облегченная подкладка; 4 — фундаментный болт; 5, 6 — подкладки соответственно вспомогательная и опорная.

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<sup>2</sup>, но чтобы оборудование было выверено с превышением от номинального уровня на 0,2—0,3 мм и не было коробления выверяемой станины. Затем узел подливается по инструкции (ВСН 361—76/ММСС СССР).

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<sup>2</sup>, 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. 40). Под выверочный болт устанавливается стальная пластина с опорной площадью, равной десятикратной площади этого болта. Болт промасливают минеральным маслом. После выверки оборудования его законтргайкают 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. 36), 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. 41), 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. 42). На поверхно-

сти 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

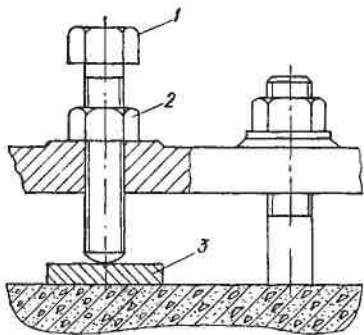


Рис. 40. Установочные болты, встроенные в оборудование:

1 — выверочный болт; 2 — гайка; 3 — стальная пластина.

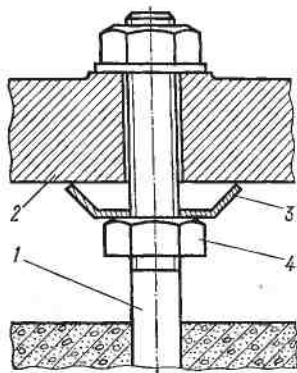
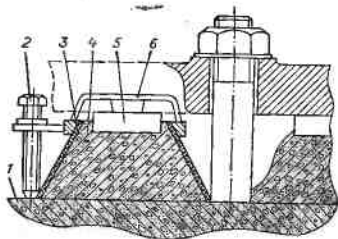


Рис. 41. Установка оборудования на выверочных гайках:

1 — фундаментный болт; 2 — станина; 3 — тарельчатая шайба; 4 — выверочная гайка.

Рис. 42. Установка оборудования на жестких подкладках:

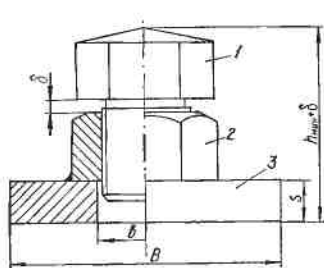
1 — фундамент; 2 — выверочное приспособление; 3 — форма; 4 — бетонная смесь; 5 — стальная пластина; 6 — фиксирующее устройство.



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.

### 36. Винтовые подкладки для установки и выверки оборудования



- 1 — болт (ГОСТ 7796—70\*);  
 2 — гайка (ГОСТ 5915—70\*);  
 3 — опорная пластина из Ст.3.

Типоразмер подкладки	Размеры, мм					Момент закручивания, кгс·см	Допускаемая нагрузка, кгс	Масса, кг
	$B \times B$ , мм	$S$ , мм	$\delta$ , мм	$h_{\text{мин}}$ , 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 производится 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. 37—39.

### 37. Допускаемые перекосы осей зубчатых передач, непараллельность и минимальные размеры пятна касания зубьев (по ГОСТ 1643—72)

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 по ГОСТ 5006—55\*, отличающиеся надежностью в работе при значительных перекосах и смещениях. Модификацией муфты МЗ являются муфты МЗП и МЗПІ (рис. 43). Допуски на центровку указанных муфт приведены в табл. 40.

### 38. Допускаемые отклонения, $\pm$ мкм, межцентровых расстояний зубчатых передач (по ГОСТ 1643—72)

Категория передач	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

### 39. 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 I мин, до					
	500	1500	3000	500	1500	3000
Клиноременная	10	5	2	5	2	1,5
Цепная	5	3	1	3	2	1

Примечания: 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. 41 приведены допуски на другие конструкции соединительных муфт, используемых в различных механизмах и установках.

В табл. 42 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.

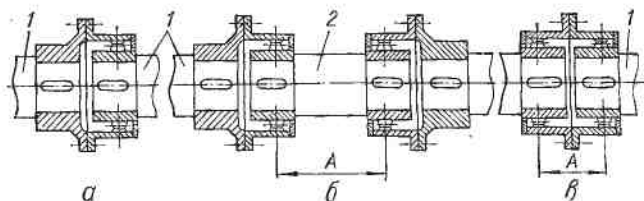


Рис. 43. Зубчатые соединительные муфты:

*a* — МЗП1; *б* — МЗП; *в* — МЗ; 1 — валы механизма; 2 — промежуточный вал; *A* — база муфты.

#### 40. Допускаемые перекосы и смещения зубчатых муфт (см. рис. 43)

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

Примечания: 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:

Рольганг с цилиндрическими роликами:		
перепад уровней между роликами		1 мм/м
наклон и перекос осей относительно направления движения		1 »
максимальный перепад уровней		3 мм
смещение от оси направления движения		5 »
Рольганг с желобчатыми роликами:		
перепад уровней между роликами		1 мм/м
наклон и перекос осей относительно направления движения		1 »
максимальный перепад уровней		3 мм
смещение от оси направления движения		1,5 »
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 »
общее смещение по вертикали		3 »

#### 41. Допускаемые перекосы и смещения соединительных муфт

Вид муфты	Перекос, мм/м			Смещение, мм		
	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 отверстий и фундаментных болтов выполняются с разницей 5—8 мм.



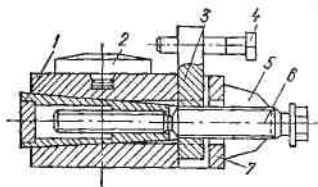
Выверка оборудования связана с перемещением его в горизонтальной плоскости и по вертикали с точностью до 0,1 мм. Для этого используются различные устройства и приспособления, рассчитанные на перемещение вертикали на 20—25 и в горизонтальной плоскости до 10—15 мм.

#### 42. Допускаемые отклонения плоскостей механического оборудования

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

Рис. 44. 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. 44 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. 45). Затем нагрузка от узла передается на подкладки, и разгруженные домкраты удаляются из-под станины узла. Оборудование подливается в соответствии с принятым способом монтажа.

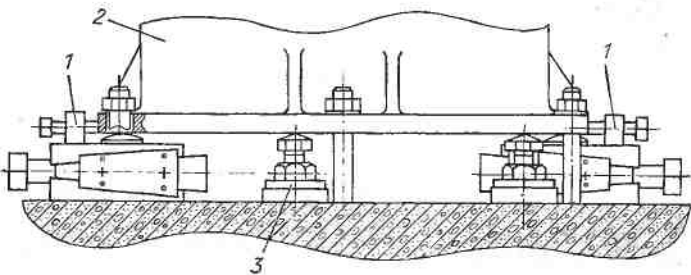


Рис. 45. Выверка оборудования на выверочных домкратах: 1 — выверочный домкрат; 2 — выверяемая станина; 3 — винтовая подкладка.

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 конструкции выверочных домкратов: зубчато-винтовой, шарико-винтовой, домкрат с лапой на шаровой опоре. Характеристики выверочных домкратов с механическим приводом приведены в табл. 43.

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 состоит из нескольких узлов, связанных между собой кинематически, то предварительно привязывают к геодезической 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.

#### 43. Характеристика домкратов для выверки оборудования конструкции ВНИИМонтажспецстроя

Наименование домкрата	Грузоподъемность, 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 обработки 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 представляется собой многоопорный вал, например, привод шлеппера, то первым выставляют вал, к которому прицентрировывают 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

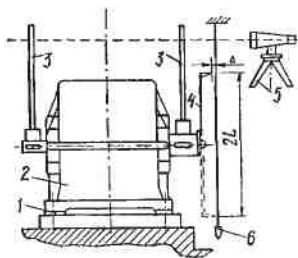


Рис. 46. Схема выверки редуктора по концам валов:

1 — подкладка; 2 — редуктор; 3 — геодезические рейки; 4 — стрелка; 5 — инвентар; 6 — отвес;  $L$  — длина стрелки;  $\Delta$  — зазор от перекаса.

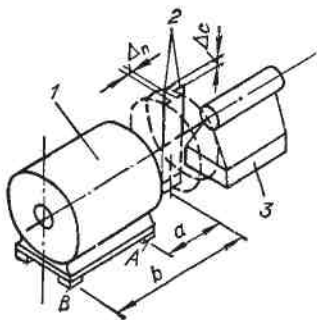


Рис. 47. Схема центровки валов:

1 — электродвигатель; 2 — выверочные стрелки; 3 — подшипниковый узел;  $a$  — расстояние от разъема муфты до опоры A;  $b$  — то же до опоры B.

редуктора (рис. 46). 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  $\Delta$  между концом стрелки и отвесом, по которому определяется необходимое изменение

толщины подкладки. Продолжный наклон редуктора заменяется нивелиром по рейкам (с учетом диаметров валов, на которые они установлены).

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. 47). 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. 48).

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  $\Delta_{\pi}$  и смещению  $\Delta_c$  валов. Параллельное смещение валов устраняется заменой прокладок одинаковой толщины под всеми опорами. Изменение толщины прокладок равно полуразности зазора  $\Delta_c$ :

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

где  $\delta_c$  — зазор под опорой электромотора от смещения, мм.

Изменения толщины прокладок для устранения перекоса определяются по формулам (см. рис. 47)

$$\delta_A = \frac{\Delta_{\text{п}a}}{2c}; \quad \delta_B = \frac{\Delta_{\text{п}b}}{2c},$$

где  $\delta_A$ ,  $\delta_B$  — зазоры под опорой  $A$  и  $B$  от перекоса;  $c$  — длина стрелки.

Если зазор  $\Delta_{\text{п}}$  получается при нижнем положении стрелки, а  $\Delta_c$  — при верхнем, то изменение толщины прокладок будет равно

$$\delta'_A = \delta_A + \delta_c \quad \text{и} \quad \delta'_B = \delta_B + \delta_c,$$

где  $\delta'_A$ ,  $\delta'_B$  — суммарные зазоры под опорами  $A$  и  $B$  от перекоса и смещения.

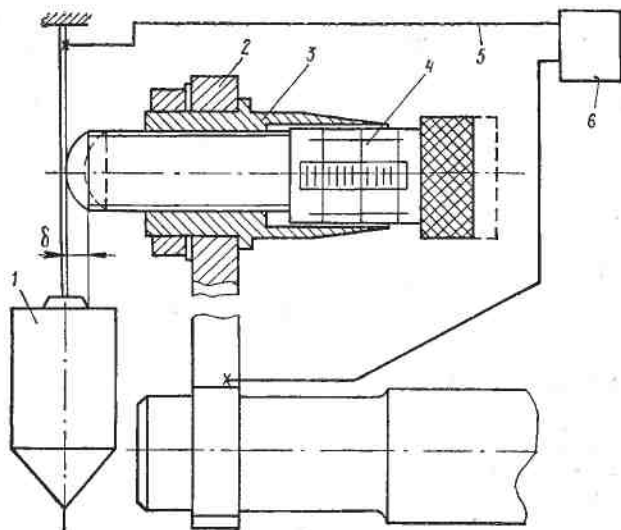


Рис. 48. Стрелка с микрометрическим винтом для центровки валов:

1 — отвес; 2 — стрелка; 3 — микрометрическая гайка; 4 — микрометрический винт; 5 — электропроводники; 6 — электросигнализатор;  $\delta$  — измеряемый зазор.

Если зазоры будут получены при обратном размещении стрелок, то толщины прокладок под опорами  $A$  и  $B$  должны быть уменьшены на  $\delta'_A$  и  $\delta'_B$ .

Если оба зазора получаются при одинаковом размещении стрелок, то полученные значения  $\delta$  вычитаются:

$$\delta'_A = \delta_A - \delta_c \text{ и } \delta'_B = \delta_B - \delta_c.$$

Определение толщины прокладок для центровки механизма в вертикальной плоскости относительно базового узла упрощается с использованием табл. 44.

#### 44. Схема определения толщины прокладок для центровки механизма в вертикальной плоскости (см. рис. 47)

Зазоры выверочных стрелок		Толщина прокладок		Формулы
		$\delta_A$	$\delta_B$	
$\Delta_c$	в	—	—	$\delta_c = \pm \frac{\Delta_c}{2}$
	н	+	+	
$\Delta_n$	в	+	+	$\delta_A = \frac{\Delta_n a}{2c}; \quad \delta_B = \frac{\Delta_n b}{2c}$
	н	—	—	
$\Sigma$	$\delta'$	$\pm$	$\pm$	—

Примечание. в, и — зазоры вверх и вниз относительно оси выверки.

Пример (см. рис. 47). Базовый узел 3.

Обмером устанавливаем:  $a=220$  мм;  $b=670$  мм;  $c=180$  мм; зазор от смещения вверх  $\Delta_{c,в}=3,5$  мм; зазор от перекоса вниз  $\Delta_{n,в}=4,5$  мм.

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

$$\delta_A = \frac{-4,5 \cdot 220}{2 \cdot 18} = -2,75 \text{ мм}; \quad \delta_B = -\frac{4,5 \cdot 670}{2 \cdot 180} = -8,37 \text{ мм}.$$

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

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

где  $\delta_{сА}$ ,  $\delta_{сВ}$  — зазоры под опорами  $A$  и  $B$  от смещения.

Зазоры следует определять при затянутых болтах, крепящих центрируемый узел. Отцентрированный узел следует закрепить от смещения фиксаторами, если он крепится к металлической раме.

Центровку многоопорных 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. 49).

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 клетки выполняется с помощью контршаблонов.

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

Для контроля точности выверки оборудования используют:

метры; рулетки с миллиметровым делением; устройства для центровки валов; отвесы; стрелки; стальные струны; шаблоны; слесарные уровни (рамные, брусковые и с микрометриче-



ским 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.

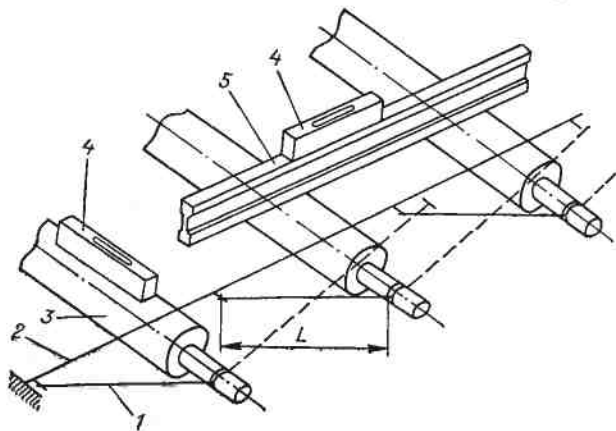


Рис. 49. Выверка роликов рольгангов:

1 — выверочная стрелка длиной  $L$ ; 2 — стальная проволока; 3 — 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. 45.

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  $180^\circ$ . Гидростатический уровень, выпускаемый заводом «Калибр» (Москва) дает точность показаний 0,02—0,05 мм. Для обеспечения стабильных показаний необходимо шланг, соединяющий го-

ловки 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

#### 45. 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
<i>Нивелиры</i>							
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
<i>Теодолиты</i>							
Т-2	Точный $\pm 2''$	0,15	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2
Т-5	» $\pm 5''$	0,3	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4
Т-15	Технический $\pm 15''$	0,85	1,7	0,65	1,3	0,65	1,3
Т-30	» $\pm 30''$	1,6	3,2	1,2	2,4	1,2	2,4

фундамент через подкладки фундаментные болты затягиваются на проектную нагрузку до достижения в них напряжения  $\sigma = 1400$  кгс/см<sup>2</sup>. Контроль передачи нагрузки на подкладки осуществляется обстукиванием их молотком. Пакеты плоских подкладок свариваются во избежание смещений при приложении динамических нагрузок.

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.

## **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

сооружений, каркасы монтируемых агрегатов или специализированные автономные системы.

### **Поузловой способ монтажа**

Позуловым 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. 50): 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 выпол-

нена 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. 51):

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 подтележечных) 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.

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

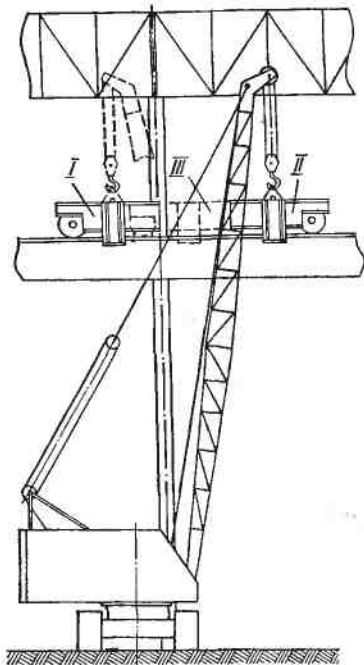


Рис. 50. Установка узлов мостового крана на подкрановые пути:

I — II — установка соответственно 1-го и 2-го полумоста; III — состыкованный мост крана после установки тележки.

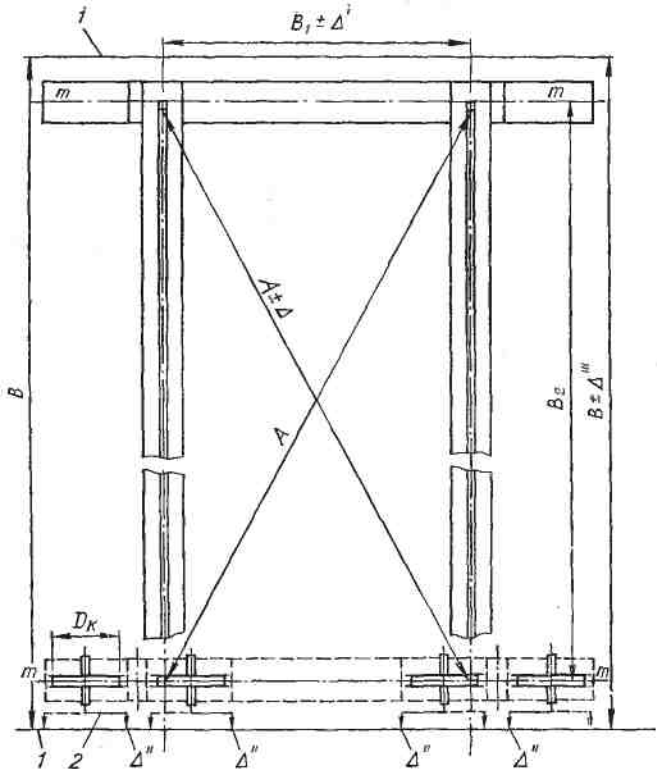


Рис. 51. Схема контроля точности выверки моста крана: 1 — контрольные струны для контроля перекоса колес, выверяемые параллельно общей оси катков  $m-m$ ; 2 — стрелка;  $B$  — расстояние между контрольными струнами;  $B_1$  — колея тележки;  $B_2$  — колея крана;  $\Delta - \Delta'''$  — отклонение фактических размеров для контроля перекоса колес  $\Delta < \frac{D_K}{1000}$  мм.

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 измеряют 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 посредине 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 и нагружения незакрепленных конструкций здания, а также привлечения для работы на стропильном 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. 52). 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. 53 представлена схема подъема узлов фермы крана спаренным полиспастом, увязанным за коньки двух соседних ферм. На рис. 54 изображена схема монтажа крана полиспастом, увязанным за вспомогательную балку, уложенную на стропильные фермы.

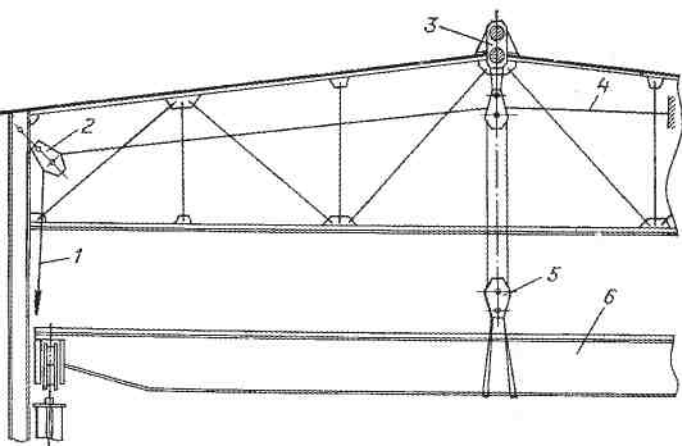


Рис. 52. Подъем мостовых кранов полиспастом, увязанным за коньки стропильных схем:

1 — ходовая нитка полиспаста; 2 — отводной блок; 3 — безмоментная балка; 4 — уравнивательная цитка полиспаста; 5 — полиспаст; 6 — мост крана.

Узлы массой до 25 т можно поднимать полиспастом, увязанным за монорельс ремонтной электроталы. При необходимости конструкции монорельса могут быть усилены (рис. 55).

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 при-



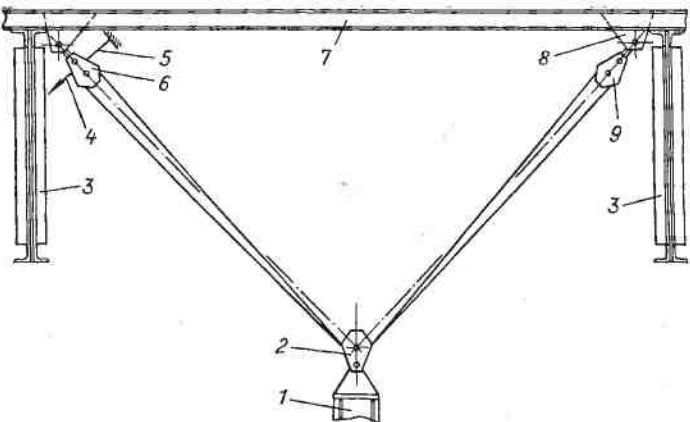


Рис. 53. Схема подъема узлов крана спаренным полиспастом, увязанным за коньки двух стропильных ферм:

1 — полумост крана; 2 — нижний блок полиспаста; 3 — стропильные фермы; 4 — ходовая нитка полиспаста; 5 — уравнивающая оттяжка; 6, 9 — верхние блоки спаренного полиспаста; 7 — распорная балка; 8 — временные крошфейны.

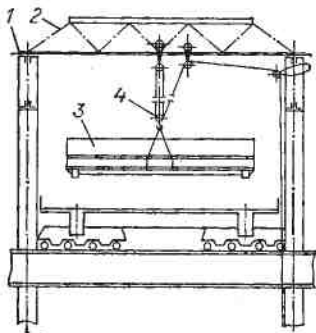


Рис. 54. Схема подъема узлов мостового крана полиспастом, увязанным за вспомогательную балку, уложенную на стропильные фермы:

1 — стропильная ферма; 2 — вспомогательная балка; 3 — узел крана; 4 — грузоподъемный полиспаст.

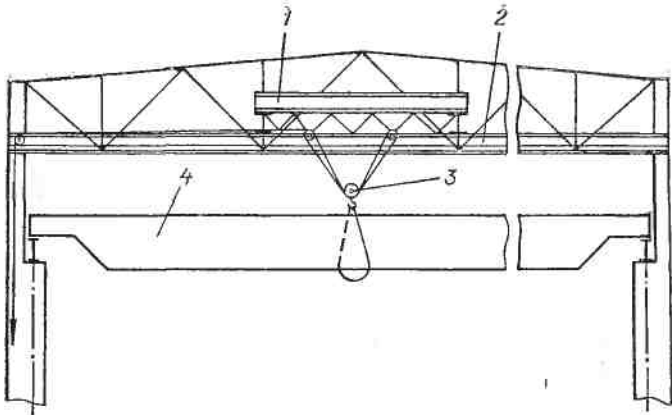


Рис. 55. Схема подъема узлов полиспастом, увязанным за монорельсовый путь электротали:

1 — усиление монорельсового пути; 2 — монорельсовый путь электротали; 3 — спаренный полиспаст; 4 — полумост крана.

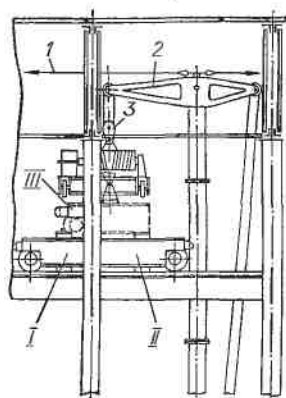


Рис. 56. Схема подъема узлов крана монтажной мачтой с шарнирной траверсой:

1 — растяжки мачты; 2 — мачта с шарнирной траверсой; 3 — грузоподъемный полиспаст; I, II, III — последовательность установки узлов крана.

менять 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.

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. 56).

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

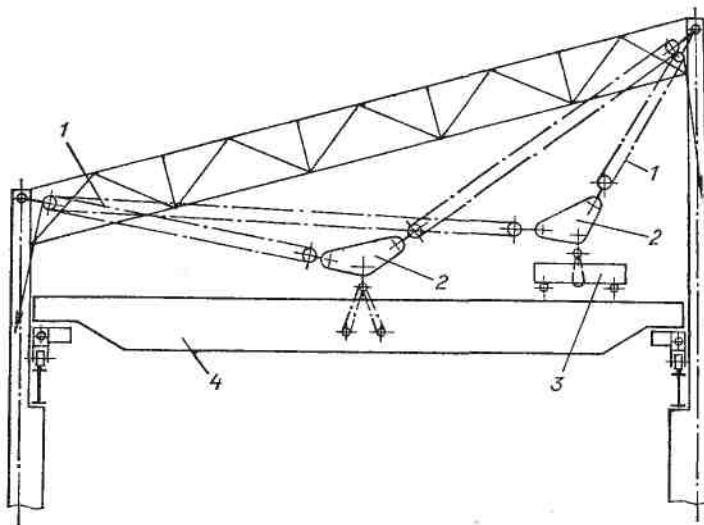


Рис. 57. Схема подъема узлов мостового крана грузоподъемностью 180 т мартеновского цеха траверсой с полнспастами, увязанными за колонны здания:

1 — полнспасты; 2 — траверса; 3 — тележка мостового крана; 4 — мост крана.

Для монтажа кранов используют колонны здания в качестве опорных конструкций для увязки монтажных полнспастов (рис. 57). Конструктивная схема некоторых зданий дает возможность полнспасты, увязанные за узлы примыкания верхнего пояса ферм к колоннам, соединить на траверсе с петлей гру-

возподъемностью 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. 58 представлена схема подъема мостового крана в сборе грузоподъемностью 50 т в здании с шагом колонн 12 м

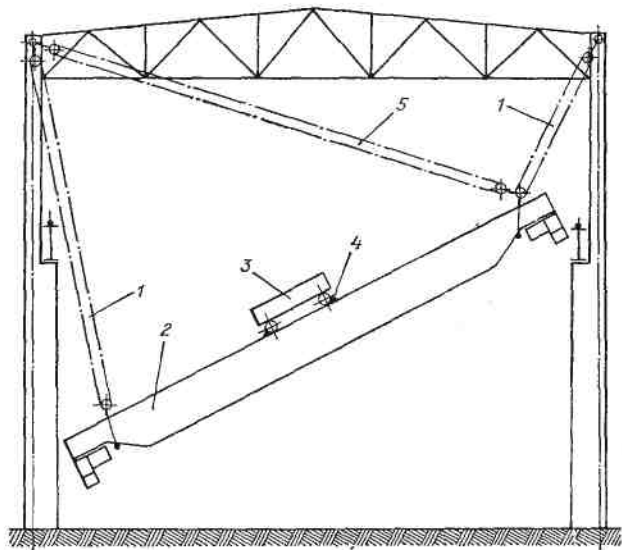


Рис. 58. Схема подъема мостового крана в сборе грузоподъемностью до 50 т «рыбкой» полиспастами, увязанными за колонны здания:

1 — грузоподъемные полиспасты; 2 — монтируемый кран; 3 — тележка крана; 4 — крепление тележки к мосту; 5 — оттяжной полиспаст.

и стропильных ферм — 6 м. 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 отскакива-

ния крана от подкрановых балок в процессе его подъема используется лебедка грузоподъемностью 3 т с двухкратным полиспастом. Из-за небольшого расстояния от узла увязки полиспаста за подстропильную ферму до моста крана при установке его на подкрановую балку моста, мост строят 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 чел.-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. 60) с подкрановыми путями, на которых стрело-

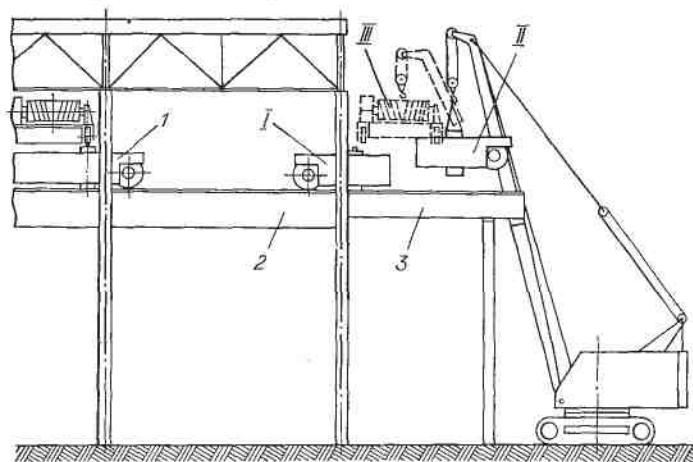


Рис. 59. Схема монтажа мостового крана с использованием временных подкрановых путей в торце здания:

1 — смонтированный мостовой кран; 2 — основные подкрановые пути; 3 — временные подкрановые пути; I, II, III — последовательность установки узлов мостового крана на временные подкрановые пути.

вым монтажным краном собирают мостовой кран с последующим его закатыванием через проем в пролет цеха.

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. 60). Его собирают (без кабины)

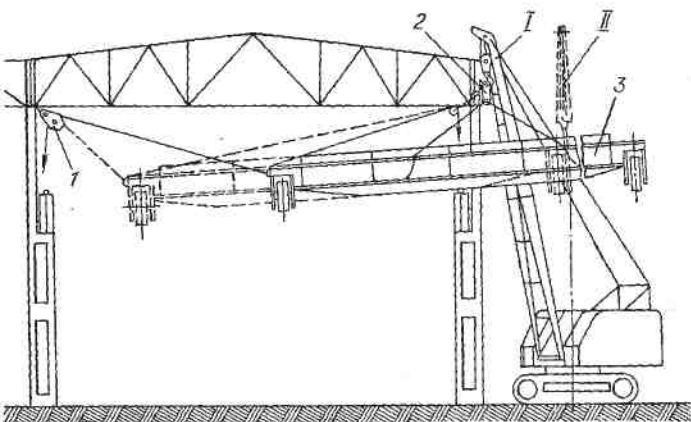


Рис. 60. Установка мостового крана на подкрановые пути через проем сбоку здания:

1 — вспомогательный полиспаст; 2 — строповочная скоба с роликом; 3 — монтируемый мостовой кран; I, II — последовательные положения монтируемого крана. Тележка условно не показана.

вне цеха с укрепленной у середины моста грузоподъемной тележкой, строят специальным устройством за крюк монтажного крана и заводят через проем внутрь пролета до упора крюка монтажного крана в конструкции цеха. Вспомогательные полиспасты строят к концевой балке монтируемого крана, тележку передвигают на конец моста, а крюк монтажного крана строят за наружную концевую балку. Кран затягивают в проем дальше до упора крюка в конструкции цеха, полиспаст наружной колонны строят 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.

### **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 крупно-блочным 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 полугодом 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 строительно-конструктивных работ, 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 газо-

очистки мартеновского цеха на заводе имени Ильича (Жданов) диаметром  $3 \times 6$  м, высотой 66 м и массой 70 т, из которых на нижний конец приходится 45 т (рис. 61).

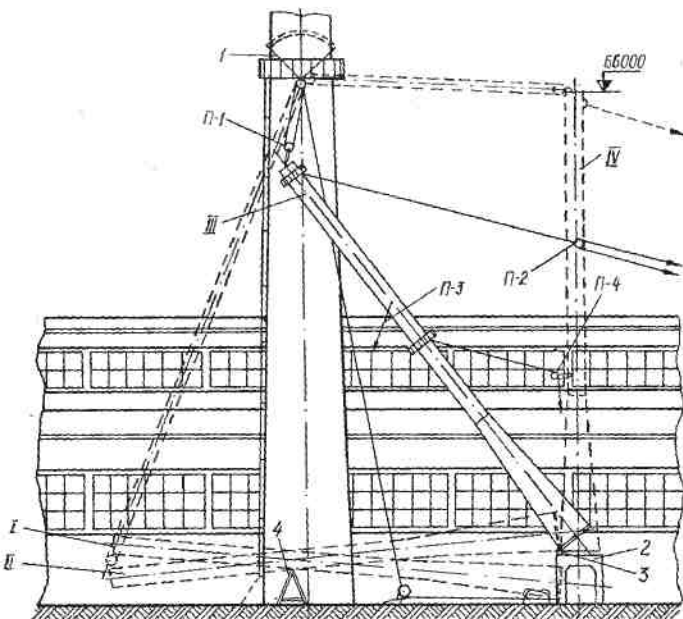


Рис. 61. Установка вентиляционной трубы в проектное положение с использованием кирпичной дымовой трубы:

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 (положение I) таким образом, чтобы уравновешиванием верхнего конца нагрузка на нижний конец составила 25 т. Затем этим же краном трубу уложили на шарнир (положение II). 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.

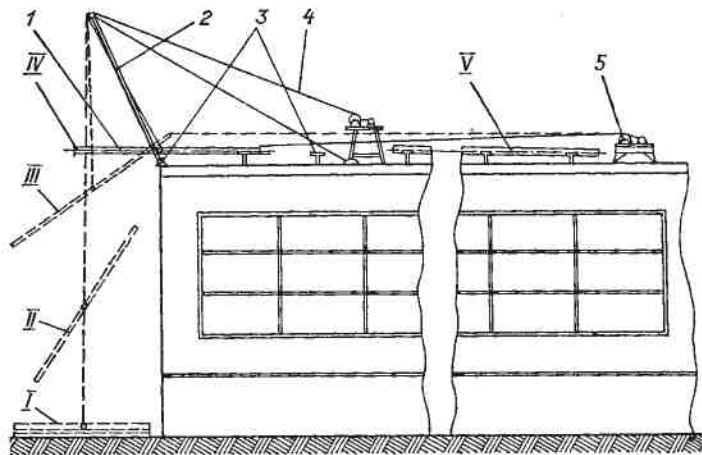


Рис. 62. Монтаж укрупненных секций технологических трубопроводов на кровле цеха:

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. 62 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 пе-

реводится 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. 64 показана

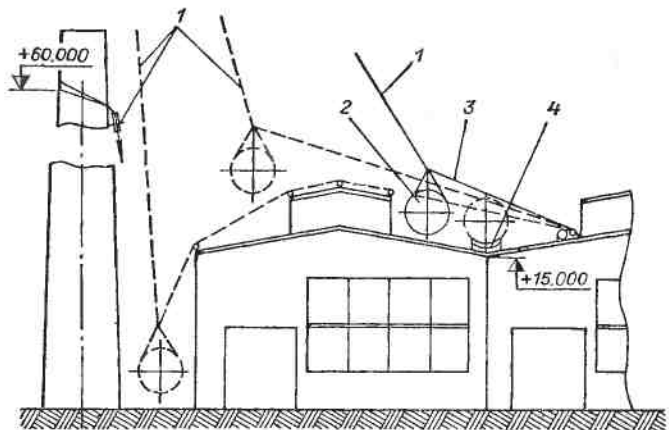


Рис. 63. Монтаж паросборника на кровле цеха полиспастом, увязанным за железобетонную дымовую трубу:

1— грузоподъемный полиспаст; 2— монтируемый паросборник; 3— оттяжка; 4— опора.

схема монтажа паросборника массой 40 т на кровле между двумя пролетами цеха. Подъемный полиспаст увязывают за железобетонную трубу на обслуживающей площадке из 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.

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 подвода 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 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. 64 показана схема монтажа траверсы прессы 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 порталные подъемники. Для монтажа оборудования в тоннелях разработаны одностоечные подъемники (рис. 65).

Для подъема узлов оборудования, располагаемых под перекрытием, используют лебедки, установленные на кровле с пропуском каната через отверстия, прорезываемые в плите перекрытия.

Выбор оптимального варианта монтажа оборудования производится путем комплексной оценки всех факторов, влияющих на организацию и технологию производственных процес-

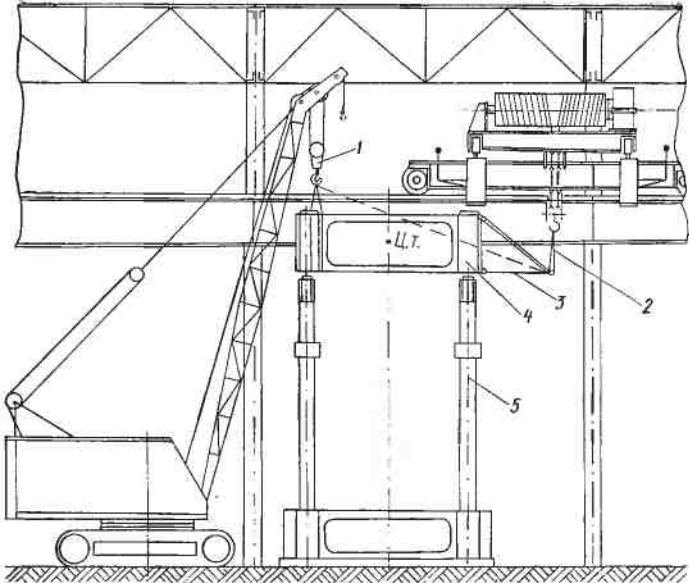


Рис. 64. Подъем траверсы прессы спаренным мостовым и гусеничным кранами:

1, 2 — подвески кранов соответственно гусеничного и мостового; 3 — вспомогательный кронштейн для строповки траверсы мостовым краном; 4 — монтируемая траверса; 5 — стойка прессы.

сов: качества изготовления, степени заводской готовности и монтажной технологичности оборудования; особенностей и последовательности работ по строительству объекта; технологической вооруженности и производственного опыта монтажной организации.

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

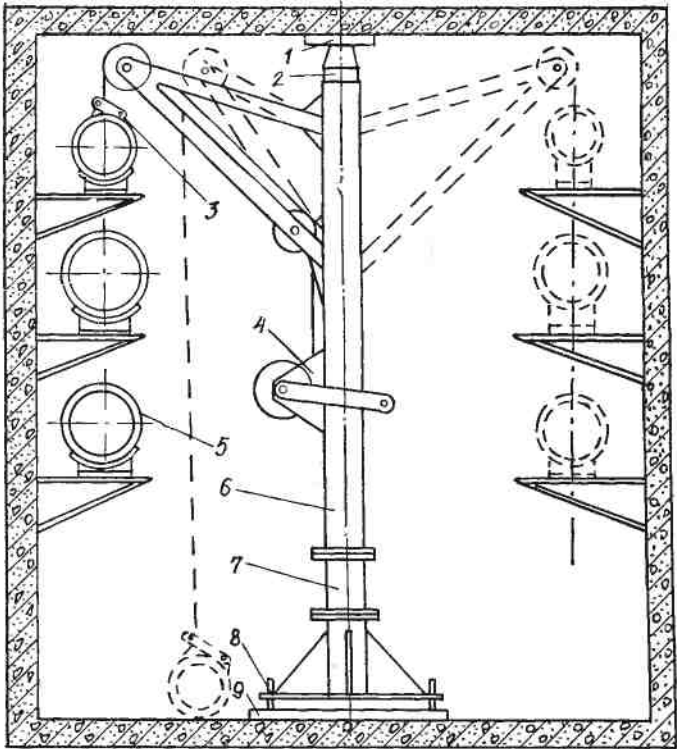


Рис. 65. Одностоечный подъемник треста Востокметаллургмонтаж для монтажа конструкций и узлов технологических трубопроводов в туннелях:

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.

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.

# СОДЕРЖАНИЕ

Материалы для монтажных работ	3
Материалы, используемые для изготовления оснастки и инструмента	3
Материалы для склеивания деталей	8
Прокладочные и набивочные материалы	9
Смазочные, обезжиривающие и моющие материалы	12
Лаки, краски и изоляционные материалы	17
Газы, другие материалы	21
Абразивные материалы	22
Пиломатериалы	24
Строительные растворы и бетоны	25
Инструмент для слесарно-монтажных работ	26
Основные слесарно-сборочные работы на монтаже оборудования	32
Допуски, посадки и шероховатости поверхности	32
Неразъемные соединения	38
Разъемные соединения	45
Сборка муфт	52
Сборка подшипников	53
Сборка зубчатых передач	55
Оснастка, оборудование и их использование	58
Общие положения	58
Такелажная оснастка	61
Монтажные лебедки	79
Специализированное подъемно-транспортное оборудование	81
Универсальное подъемно-транспортное оборудование	92
Подготовка и производство монтажных работ	103
Общие положения	103
Организация поставки оборудования на монтаж	105
Проектно-технологическая документация для монтажа технологического оборудования	107
Монтаж фундаментных болтов	109
Приемка объекта и фундаментов под монтаж оборудования	113
Приемка оборудования в монтаж и его предмонтажная подготовка	114
Установка и выверка оборудования	116
Способы производства специальных видов монтажных работ	141
Поузловой способ монтажа	142
Крупноблочный способ монтажа	153