

665.5
С 63

БИБЛИОТЕКА
СТРОИТЕЛЯ
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБО-
ПРОВОДОВ

СООРУЖЕНИЕ
КОМПРЕССОРНЫХ
И НЕФТЕ-
ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ
СТАНЦИЙ
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ

665.
С63

СООРУЖЕНИЕ
КОМПРЕССОРНЫХ
И НЕФТЕ-
ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ
СТАНЦИЙ
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ



МОСКВА НЕДРА 1979

Сооружение компрессорных и нефтеперекачивающих станций магистральных трубопроводов / Актабаев Э. В., Атаев О. А., Куриц С. Я. и др. — М.: Недра, 1979 (Б-ка строителя магистральных трубопроводов). 231 с.

В книге рассмотрены назначение, состав КС и НС и устройство основных частей перекачивающих станций магистральных трубопроводов, а также пути их дальнейшего совершенствования. Особое внимание уделено вопросам прогрессивной организации строительно-монтажных работ, причем указаны особенности их производства. На примерах новейших промышленных проектных решений блочно-комплектных станций, газотурбинных агрегатов мощностью до 25 МВт, а также агрегатов с авиационными газотурбинными двигателями как отечественного, так и зарубежного производства изложены технологические приемы выполнения каждого вида работ.

Освещены вопросы техники безопасности и охраны труда.

Книга рассчитана на технических работников и рабочих, занятых на строительстве магистральных трубопроводов.

Табл. 35, ил. 73, список лит. 8 назв.

Из года в год в нашей стране увеличивается добыча нефти и газа, повышается роль их как топлива для энергетических, производственных и бытовых нужд и как сырье для химических производств.

Большое значение в доставке нефти и газа от месторождений до потребителей играют трубопроводы.

Магистральные трубопроводы представляют собой сложные инженерные сооружения, состоящие не только из линейной части, но и ряда объектов, предназначенных для сбора, подготовки, хранения и перекачки нефти или газа. В число таких объектов входят перекачивающие станции: на нефте- и нефтепродуктопроводах — нефтеперекачивающие станции (НПС), на газопроводах — компрессорные станции (КС).

Роль НПС и КС в обеспечении надежной работы магистрального трубопровода велика. Только при безотказной работе перекачивающих станций возможна транспортировка по трубопроводу проектного количества нефти или газа.

НПС и КС имеют в своем составе комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий постоянное давление перекачиваемого продукта, его очистку, временное хранение. Газ и нефть, являясь пожаро- и взрывоопасными веществами, транспортируются под давлением до 75 кгс/см^2 (планируется давление довести до 100 кгс/см^2), поэтому при соору-

жении НПС и КС требуется серьезное и ответственное отношение к выполнению строительных, монтажных и пусконаладочных работ. При этом следует учитывать, что большинство НПС и КС располагается на значительном удалении от промышленных центров, в ряде случаев в районах со сложными природно-климатическими условиями, где эксплуатация станций затруднена.

Правильная и эффективная организация строительно-монтажных работ и грамотная технология их выполнения дают возможность обеспечить сооружение перекачивающих станций в короткие сроки и с наименьшими затратами. Описанию прогрессивных способов организации строительства и монтажа НПС и КС посвящена настоящая книга.

Гл. 1 написана С. Я. Курицем, гл. 2, 3 — В. М. Флитманом, гл. 4—8 — совместно Э. В. Актабаевым, С. Я. Курицем и В. С. Рабиновичем; гл. 9 — О. А. Атаевым; гл. 10 — всеми соавторами.

ГЛАВА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ

НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ

Нефтеперекачивающие (НПС) и компрессорные (КС) станции являются как бы двигателями, с помощью которых нефть, нефтепродукты или газ приводятся в движение в трубопроводе в нужном направлении на необходимое расстояние (до нескольких тысяч километров). От надежности работы НПС и КС в конечном итоге зависит надежность работы трубопровода в целом.

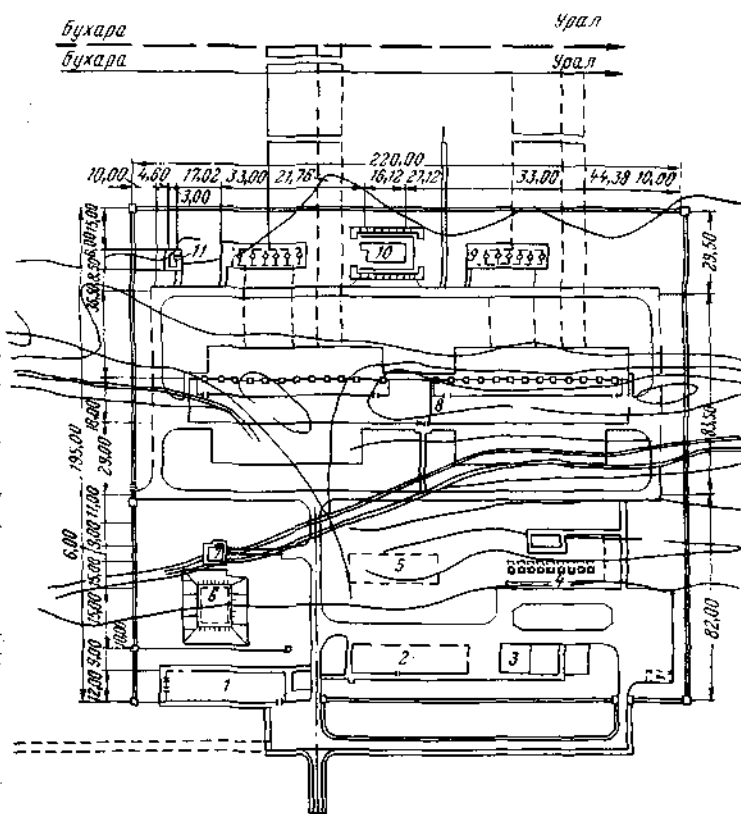
По местоположению различают головные и промежуточные НПС и КС. Головные станции сооружаются в начале трубопровода и предназначены для приема газа или нефти с месторождения, очистки их и повышения давления до расчетного значения (рабочего давления) в магистральном трубопроводе. Промежуточные станции сооружаются между начальной и конечной точками трубопровода и предназначены для поддержания рабочего давления на участках трубопровода между станциями.

Специальные КС сооружают для закачки газа в подземные хранилища и при необходимости для сжижения природного газа, а на нефтяных промыслах — для перекачки попутного нефтяного газа.

На магистральных трубопроводах используют также передвижные НПС и КС пикового и аварийного назначения. Их используют при ремонтах одного или нескольких агрегатов на действующих перекачивающих станциях.

На головной компрессорной станции (ГКС) помимо компрессорных установок, предназначенных для компримирования газа, имеется ряд узлов и установок для приема газа от промыслов и подготовки его к транспортировке по трубопроводам, в частности, узел подключения ГКС к магистральному газопроводу, установок пылеуловителей, очистки от сероводорода и осушки газа.

Головные нефтеперекачивающие станции (ГНПС) оборудованы основными и подпорными насосными уста-



1 — эксплуатационный блок; 2 — ремонтный блок; 3 — материальный склад; 4 — склад горюче-смазочных материалов; 5 — место для склада комплектации; 6 — резервуар для воды; 7 — насосная система водоснабжения; 8 — компрессорный цех; 9 — установка очистки газа, поступающего на станцию; 10 — градирня; 11 — контрольно-регулирующий пункт газа, расходомерного для собственных нужд станции

новками, резервуарным парком для бесперебойной перекачки нефти по трубопроводу, камерой фильтров для очистки нефти от механических примесей, камерой приема и пуска скребков и разделительных поршней, системой канализации с нефтеловушкой, прудом-наполни-

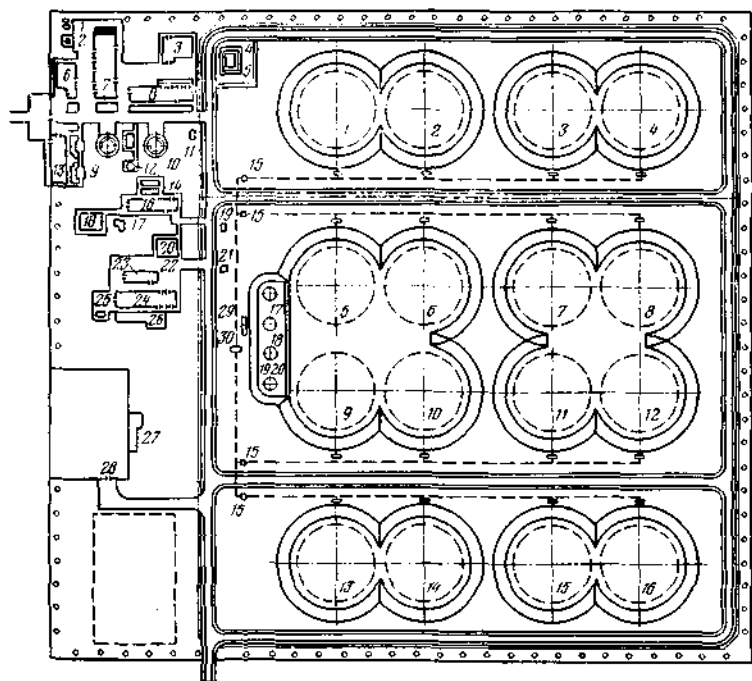


Рис. 2. Генеральный план головной нефтеперекачивающей станции:

1—16 — резервуары подземные вместимостью по 30 000 м³; 17—20 — резервуары-отстойники

Здания и сооружения:

1 — автозаправочные колонки; 2 — склад масел; 3 — котельная; 4 — барботер; 5 — резервуар для топлива при котельной; 6 — обмывочный пункт на 50 человек; 7 — корпус вспомогательных и подсобных помещений; 8 — районная ремонтно-механическая мастерская; 9, 10 — резервуары противопожарного запаса воды; 11 — трансформаторная подстанция; 12 — водонапорная башня; 13 — служебный корпус; 14 — камера воздушного охлаждения при подпорной насосной; 15 — камера с задвижками; 16 — подпорная насосная; 17 — площадка с диафрагмами расходомеров и предохранительными устройствами; 18 — площадка с фильтрами-грязеуловителями; 19 — камера с фильтрами; 20 — помещение счетчиков; 21 — камера управления задвижками; 22 — калибровочный резервуар вместимостью 300 м³; 23 — камера воздушного охлаждения; 24 — насосная; 25 — помещение регуляторов давления; 26 — площадка с задвижками; 27, 28 — закрытая и открытая части электроподстанции; 29 — камера с площадкой для теплообменника при резервуарах-отстойниках; 30 — камера с задвижками и зачистным насосом

телем и иловыми площадками, обмывочным пунктом. Генеральный план головной нефтеперекачивающей станции показан на рис. 2.

Промежуточная нефтеперекачивающая станция (НПС) имеет в основном тот же состав зданий и сооружений, что и ГНПС, за исключением резервуарного парка. Иногда на НПС сооружают несколько резервуаров для выравнивания неравномерности подачи предыдущей и последующей станций, а также для замеров количества перекачиваемого продукта. Эти резервуары используют и для приема нефти в случае аварии на магистрали.

Для отпуска нефти и нефтепродуктов по железной дороге к промежуточной насосной станции подводят железнодорожную ветку (как правило, тупиковую) и сооружают специальную наливную эстакаду.

УСТРОЙСТВО КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Основное сооружение головных и промежуточных компрессорных станций — компрессорный цех, в котором располагаются компрессорные установки. В компрессорном цехе газ готовят к дальней транспортировке, создают необходимое его давление (компримируют). Полный цикл компримирования осуществляется в нескольких (или в одном) компрессорах, соединенных последовательно (или параллельно).

Компрессорные цехи могут быть оборудованы различными агрегатами: ГК-1-III, IV, V; ГК-1,6-III, IV, V; ГК-2,5-III, IV, V; ГК-4-III, IV, V — газомоторными поршневыми компрессорами (ГК) единичной мощностью 1000, 1600, 2500, 4000 кВт (римские цифры обозначают число установленных в цехе агрегатов, включая резервный);

ГТ-4-III, V, VI; ГТ-6,3-III, V; ГТ-10-III, V, VI; ГТ-16-III, V, VI; ГТ-25-III, V, VI; Э-4-V; Э-6,3-III, V; Э-10-III, V, VII; Э-16-III, V — газотурбинными и электроприводными компрессорными установками (ГТ) единичной мощностью 4000, 6300, 10 000, 16 000, 25 000 кВт.

На КС с приводом нагнетателей от газотурбинных и электрических двигателей используют преимущественно последовательное соединение компрессорных агрегатов, при котором сжатие газа происходит в нескольких агре-

гатах. Это дает возможность иметь на КС минимальное число резервных агрегатов, а схема подключения обеспечивает работу любой пары агрегатов — рабочих или резервных.

Компримирование газа производят с помощью центробежных и поршневых нагнетателей (компрессоров).

Центробежные нагнетатели выполняются, как правило, в виде одноступенчатой турбомашин с осевым подводом газа к консольно расположенному рабочему колесу. Наибольшее распространение получили нагнетатели конструкции Невского машиностроительного завода им. В. И. Ленина (НЗЛ) и Уральского турбомоторного завода им. К. Е. Ворошилова (УТМЗ). Техническая характеристика их приведена в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика нагнетателей

Параметры	280-12-4	370-14-1	H-6-56	520-12-1	H-800-1,25	650-21-1
Производительность, млн. м ³ /сут	13	19,5	20	30,0	51	53
Потребляемая мощность, кВт	4250	6000	6000	10 000	16 000	25 000
Частота вращения рабочего колеса, об/мин	7950	5600	6150	5600	4850	3700
Масса, т	8,1	21,5	11,5	28	35	55

Примечание. Степень сжатия нагнетателей—1,21—1,27; у нагнетателя 650-21-1 степень сжатия 1,43.

Приводом для центробежных нагнетателей являются газотурбинные установки (ГТУ) или электрические двигатели.

В состав ГТУ входят собственно газовая турбина и воздушный компрессор, вместе составляющие турбогруппу, камера сгорания, вспомогательное оборудование маслосистемы и системы регенерации тепла. Нагнетатель и присоединенная к нему турбогруппа составляет турбоагрегат (рис. 3).

Конструктивно турбогруппа современной ГТУ для КС магистрального газопровода выполнена по схеме с

«разрезным валом» в виде турбины высокого давления (ТВД), турбины низкого давления (ТНД) и воздушного компрессора осевого типа. Ротор ТВД составляет одно целое с ротором осевого компрессора; ротор ТНД соединен муфтой с нагнетателем, на вращение которого

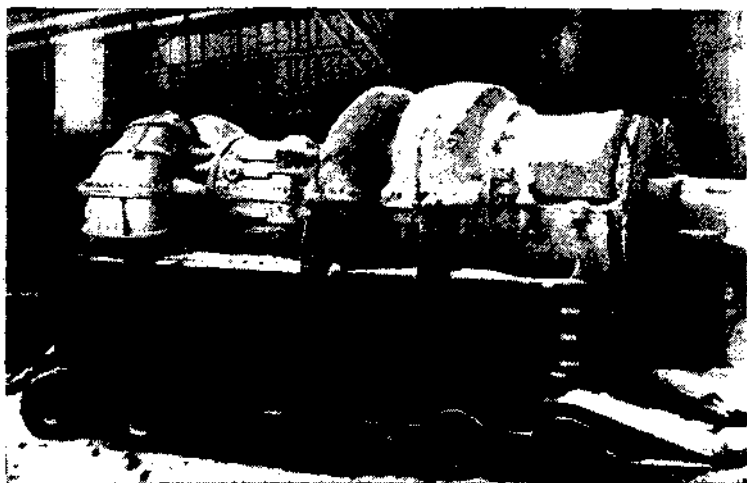


Рис. 3. Турбоагрегат газотурбинной компрессорной установки

расходуется примерно $\frac{1}{3}$ энергии продуктов сгорания ($\frac{2}{3}$ энергии расходуется на привод компрессора).

Каждый ротор покоится на двух подшипниках, корпуса которых установлены на общей металлической раме. На эту же раму посредством лап свободно опираются цилиндры ТВД и ТНД, благодаря чему обеспечивается свобода тепловых расширений цилиндров при эксплуатации ГТУ.

Рамы ГТУ, служащие, как правило, маслобаком и корпусом для насосов маслосистемы и узлов системы регулирования, опираются на железобетонный фундамент. На входе в цилиндр ТВД снизу через патрубок (для некоторых ГТУ) присоединена камера сгорания обычно цилиндрической формы. Камера сгорания покоится на собственных пружинных опорах, позволя-

ющих ей свободно перемещаться под воздействием тепловых расширений.

Нагнетатель, как правило, центробежного типа, имеет колесо, закрепленное консольно на валу. Корпус нагнетателя толстостенный, жестко крепится к фундаментной раме.

Топливом для ГТУ служит газ, перекачиваемый по газопроводу. Часть газа из газопровода через пункт редуцирования попадает в камеру сгорания ГТУ. Туда же поступает сжатый компрессором воздух (тепловая схема приведена на рис. 4). Сгоревший газ с высокой

Таблица 2

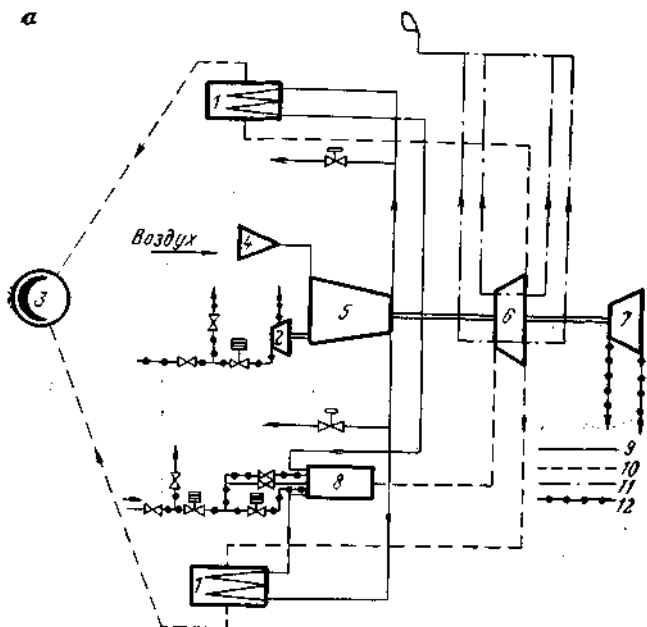
Техническая характеристика ГТУ

Параметры	ГТ-700-5 (ГТН-5)*	ГТ-750-6 (ГТНР-6)	ГТ-6-750 (ГТН-6)	ГТК-10 (ГТНР-10)	ГТК-10 (ГТН-10)	ГТК-25 (ГТН-25)
Мощность на муфте силовой турбины, кВт	4500	6000	6000	10 000	16 000	25 000
Частота вращения силового вала, об/мин	5500	5600	6200	4800	4600	3700
Температура газа перед турбиной, °С	700	750	750	780	800	850
Расход топлива (газа с теплотой сгорания 10 000 ккал), кг/с	1,3	1,8	2,6	3,1	—	—
Наличие системы регенерации тепла	Есть	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет/Есть
Коэффициент полезного действия, %	25	27	23	28	28	29/31
Масса ГТУ, т	67,5	67,5	67,5	67,5	100	200
Масса турбоблока, т	45,8	52,0	52,0	56,7	40/45**	92
Габаритные размеры турбоблока, м:						
длина	6,3	8,0	8,0	7,90	6,35/8,80	11,50
ширина	3,2	3,4	3,4	3,38	3,00/3,44	3,20
высота	2,8	3,24	3,24	3,30	2,90/3,20	3,29

* В скобках указана новая маркировка.

** Характеристика блока: в числителе — высокого давления, в знаменателе — низкого.

а



б

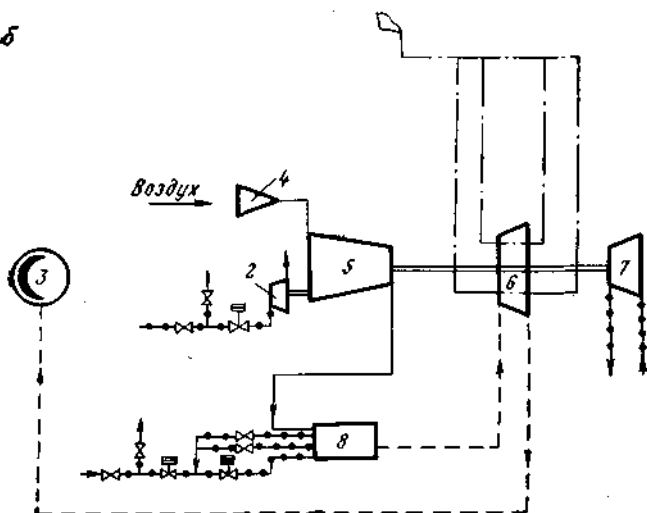


Рис. 4. Тепловая схема газотурбинной компрессорной установки:

а — с регенерацией, б — без регенерации тепла; 1 — воздухоподогреватели; 2 — турбодетандер; 3 — дымовая труба; 4 — воздухозаборная камера; 5 — осевой компрессор; 6 — газовая турбина; 7 — нагнетатель; 8 — камера сгорания; 9 — линия циклового воздуха (воздуховод); 10 — отвод продуктов сгорания; 11 — отсос газа из уплотнений; 12 — подвод газа

температурой (700—780°) под давлением (до 5 кгс/см²) поступает в газовую турбину, затем в регенератор для подогрева воздуха, засасываемого из атмосферы¹, и через трубу в атмосферу.

ГТУ — высокоэкономичный агрегат, ее коэффициент полезного действия приближается к 30%. Благодаря невысокой удельной стоимости этот тип привода получил широкое применение. Техническая характеристика некоторых ГТУ приведена в табл. 2.

Маркировка ГТУ, например ГТ-750-6, расшифровывается следующим образом: буквы ГТ — газовая турбина, цифра 750 — температура газов перед входом в турбину (в °С), цифра 6 — полезная мощность газотурбинной установки. Буква К в обозначении ГТК характеризует установку, предназначенную для привода компрессора. В маркировке ГТНР буква Н обозначает, что установка служит для привода нагнетателей, Р — установка с системой регенерации.

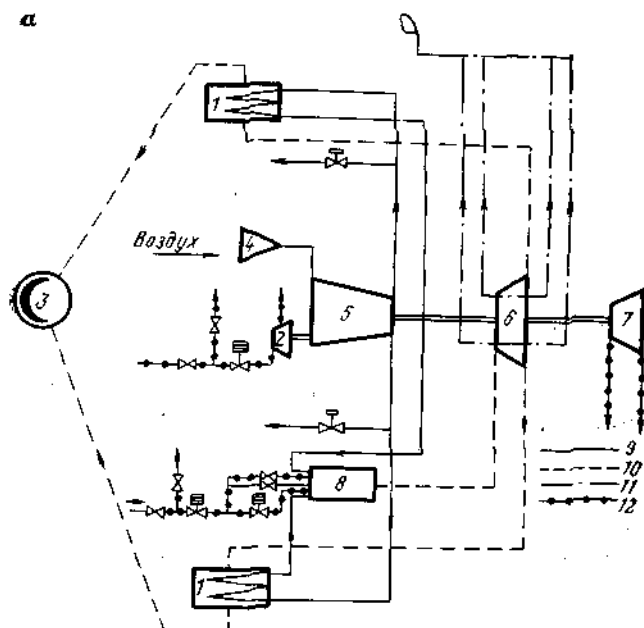
На КС магистральных газопроводов применяют главным образом синхронные электродвигатели переменного тока СТМ-4000-2 и СТД-4000-2.

Техническая характеристика электродвигателей

	СТМ-4000-2	СТД-4000-2
Мощность, кВт	4000	4000
Мощность, кВА	4600	4600
Напряжение, В	6000	6000
Сила тока статора, А	445	394
Частота вращения ротора, об/мин	3000	3000
Коэффициент полезного действия, %	95	97,5—98,0
Масса, т	20	12,7

¹ У некоторых ГТУ система регенерации тепла отсутствует, газ после турбины поступает в выхлопную трубу. Такая схема благодаря своей простоте находит широкое применение на КС отечественных и зарубежных магистральных трубопроводов.

а



б

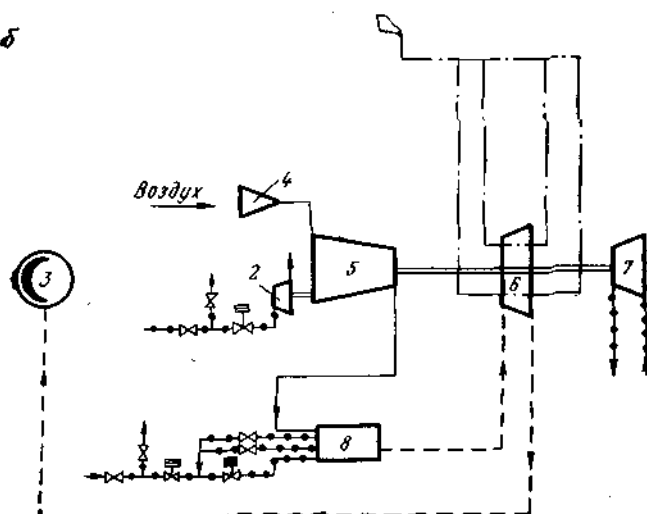


Рис. 4. Тепловая схема газотурбинной компрессорной установки:

а — с регенерацией, б — без регенерации тепла; 1 — воздухоподогреватели; 2 — турбодетандер; 3 — дымовая труба; 4 — воздухозаборная камера; 5 — осевой компрессор; 6 — газовая турбина; 7 — нагнетатель; 8 — камера сгорания; 9 — линия циклового воздуха (воздуховод); 10 — отвод продуктов сгорания; 11 — отсос газа из уплотнений; 12 — подвод газа

температурой (700—780°) под давлением (до 5 кгс/см²) поступает в газовую турбину, затем в регенератор для подогрева воздуха, засасываемого из атмосферы¹, и через трубу в атмосферу.

ГТУ — высокоэкономичный агрегат, ее коэффициент полезного действия приближается к 30%. Благодаря невысокой удельной стоимости этот тип привода получил широкое применение. Техническая характеристика некоторых ГТУ приведена в табл. 2.

Маркировка ГТУ, например ГТ-750-6, расшифровывается следующим образом: буквы ГТ — газовая турбина, цифра 750 — температура газов перед входом в турбину (в °С), цифра 6 — полезная мощность газотурбинной установки. Буква К в обозначении ГТК характеризует установку, предназначенную для привода компрессора. В маркировке ГТНР буква Н обозначает, что установка служит для привода нагнетателей, Р — установка с системой регенерации.

На КС магистральных газопроводов применяют главным образом синхронные электродвигатели переменного тока СТМ-4000-2 и СТД-4000-2.

Техническая характеристика электродвигателей

	СТМ-4000-2	СТД-4000-2
Мощность, кВт	4000	4000
Мощность, кВА	4600	4600
Напряжение, В	6000	6000
Сила тока статора, А	445	394
Частота вращения ротора, об/мин	3000	3000
Коэффициент полезного действия, %	95	97,5—98,0
Масса, т	20	12,7

¹ У некоторых ГТУ система регенерации тепла отсутствует, газ после турбин поступает в выпускную трубу. Такая схема благодаря своей простоте находит широкое применение на КС отечественных и зарубежных магистральных трубопроводов.

Синхронные двигатели, несмотря на невозможность регулирования частоты вращения ротора, заменили менее экономичные асинхронные.

Производительность газопровода регулируют путем включения или отключения нагнетателей на КС.

На КС магистральных газопроводов, кроме центробежных, применяют поршневые нагнетатели (табл. 3) с приводом от газового двигателя внутреннего сгорания.

Таблица 3.

Техническая характеристика поршневых нагнетателей

Параметр	10-ГК-1	10-ГКН (25-55-1)	МК-8	ГПА-5000	МК-16/25-55
Номинальная мощность: л. с.	300	1500	3000	5000	—
кВт	736	1105	2210	3680	6000
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	300	300	300	375	300
Тип двигателя	Двухтактный, У-образный				
Число цилиндров двигателя	8	10	8	16	16
Число цилиндров компрессора	3	3	4	6	6
Давление всасывания, кгс/см ²	38	25	25—43	31—44	25
Давление нагнетания, кгс/см ²	55	55	55	55	55
Производительность компрессора максимальная, тыс. м ³ /сут	360	815	228	400	6900
Наличие наддува	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть
Удельный расход тепла, ккал/э. д. с. ч	—	2600	1750	1800	—
Масса, т	63,5	64,0	126,8	116,0	—

Нормальная работа основного компрессорного оборудования и приводных двигателей на КС обеспечивается системой смазки и охлаждения движущихся частей. Система смазки объединяется с системой уплотнения в общую систему масляного хозяйства КС, которая включает в себя склад масел, установки регенерации масел, стационарные маслопроводы и индивидуальные маслосистемы каждого агрегата, состоящие из маслобака, мас-

лоохладителей, маслонасосов. В систему маслохозяйства входят также насосы, газоотделитель, переключатель и поплавковая камера системы масляного уплотнения нагнетателя, предупреждающие проникновение компримируемого газа через зазоры между корпусом и ротором нагнетателя.

Система охлаждения предназначена для снижения температуры масла в движущихся частях газомотокомпрессора и охлаждения стенок его цилиндров. В качестве рабочего агента в системе охлаждения применяют воду или воздух.

При водяном охлаждении необходимо устраивать обратное водоснабжение с насосами и градирней. При воздушном охлаждении надобность в градирнях отпадает, но требуется устройство воздушных теплообменников.

УСТРОЙСТВО НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ

Сбор и подготовка нефти к дальней транспортировке осуществляются на промыслах. Головная нефтеперекачивающая станция предназначена для получения нефти с промыслов и закачки ее в магистральный трубопровод под определенным рабочим давлением. На головной нефтеперекачивающей станции (ГНПС) устанавливают фильтры для улавливания механических примесей. Одним из объектов, играющих основную роль в технологическом процессе работы ГНПС, является резервуарный парк, предназначенный для создания необходимого запаса нефти, поступающей с промыслов, или нефтепродуктов, поступающих с нефтеперерабатывающего завода. Из резервуарного парка нефть поступает в подпорную насосную станцию, где создается давление, необходимое для нормальной работы насосов основной перекачивающей станции. Из основной насосной нефть под рабочим давлением поступает в магистральный трубопровод.

По магистральному трубопроводу нефть доходит до промежуточной НПС, где ее давление доводят до рабочего для дальнейшей транспортировки по трубопроводу. На промежуточной НПС резервуарного парка может и не быть, тогда перекачка нефти ведется по способу,

называемому «из насоса в насос». Возможные схемы перекачки нефти на промежуточной НПС показаны на рис. 5.

Для перекачки нефти и нефтепродуктов используют центробежные и поршневые насосы. Центробежные на-

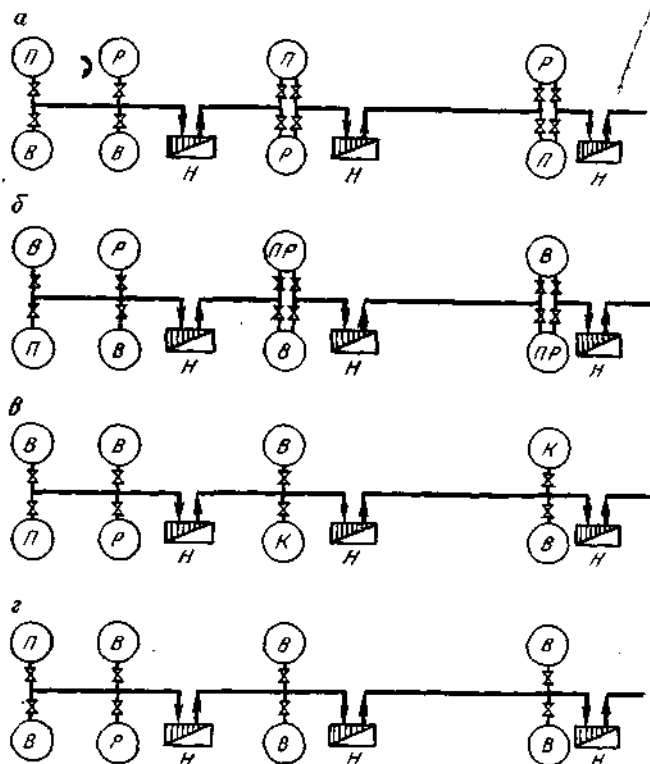


Рис. 5. Схемы перекачки нефти на промежуточной НПС:

а — через резервуары; б — через один резервуар; в — с подключенным резервуаром-компенсатором; г — «из насоса в насос»
Условные обозначения: Н — насосная; резервуары: П — приемный, ПР — приемно-расходный, В — выключенный, К — подключенный, Р — расходный

сосы более эффективны при перекачке маловязких нефти и нефтепродуктов, а поршневые — при перекачке высоковязких жидкостей. Масса центробежных насосов (с частотой вращения ротора 3000 об/мин) следующая:

НМ-500-300 — 2,8 т; НМ-1250-260 — 3,2 т; НМ-2500-230 — 4,7 т; НМ-3600-230 — 5,6 т; НМ-5000-210 — 6,4 т; НМ-7000-210 — 7,9 т; НМ-10000-210 — 10,5 т.

Маркировка насосов расшифровывается следующим образом: НМ — насос магистральный, первая цифра — производительность (в м³/ч), вторая — напор (в м).

Приводами для центробежных насосов служат электродвигатели асинхронного и синхронного типов как взрывозащищенного, так и обычного исполнения (табл. 4). Частота вращения ротора асинхронных двигателей — 2950 об/мин, синхронных — 3000 об/мин. Двигатели работают от сети напряжением 6 кВ.

Таблица 4

Техническая характеристика электродвигателей

Электродвигатели	Мощность, кВт	Масса, т		
		общая	ротора	статора
Асинхронные				
АТД-1600	1600	9,8	1,3	—
АТД-2000	2000	10,8	2,1	—
АТД-2750	2700	15,0	2,4	—
Синхронные				
СТМ-1500-2	1500	10,8*	2,2	6,0
СТМ-2500-2	2500	18,3*	3,8	10,5
СТМ-4000-2	4000	20,0*	4,1	11,0
СТМ-6000-2	6000	31,0*	6,2	18,8

* С массой возбудителя.

В качестве привода поршневых насосов обычно используют бескомпрессорные стационарные дизели, обладающие достаточно высокими технико-экономическими показателями.

Для смазки подшипников насосов и электродвигателей на НПС предусмотрена централизованная система. Масло из общего бака насосами подается через фильтры и маслоохладители к подшипникам электродвигателей и насосов (основных и подпорных), откуда самотеком оно стекает в бак. К напорной линии масляных насосов подключен аккумулятор масла, в котором оно содержится под давлением.

При аварийном отключении масляного насоса смазка агрегата до его полной остановки производится маслом из аккумулятора.

На НПС магистральных нефтепроводов кроме централизованной системы смазки применяется индивидуальная смазка каждого агрегата.

УСТРОЙСТВО СИСТЕМ ЭНЕРГО- И ВОДОСНАБЖЕНИЯ НПС И КС

Для обеспечения работы компрессорных и насосных агрегатов с электрическим приводом, нагнетателей с газотурбинным приводом, насосных и вентиляционных установок, систем охлаждения, котельных установок и агрегатов аварийной аккумуляторной системы требуются электрическая энергия и вода.

Источниками питания электроприводных НПС и КС, как правило, являются районные подстанции, связь с которыми осуществляется при напряжении 110—220 кВ при помощи двучепных линий электропередач. Если районные электростанции расположены вблизи НПС и КС, электроснабжение осуществляется по воздушным или кабельным линиям напряжением 6 кВ, а электродвигатели привода центробежных нагнетателей подключаются непосредственно на генераторное напряжение.

Газотурбинные КС с газомотокомпрессорами, требующие меньших электрических нагрузок, при их расположении вблизи районных энергосистем соединяют с подстанциями линиями электропередач 6, 10 и 35 кВ или кабельными линиями 6 и 10 кВ. Но во всех случаях КС имеют и собственные источники электроснабжения — электростанции собственных нужд с приводом от газовых дизель-генераторов или ГТУ авиационного типа.

Общая схема электроснабжения перекачивающей станции при использовании как внешних источников электроснабжения, так и внутренних или тех и других вместе состоит из двух систем: 1) внешнего и 2) внутреннего электроснабжения.

В систему внешнего электроснабжения входят высоковольтные линии 6 и 10 кВ, электростанции собственных нужд, открытые распределительные устройст-

на подстанции с главными силовыми трансформаторами. Система внутреннего электроснабжения включает в себя распределительные устройства 6 и 10 кВ, трансформаторные подстанции собственных нужд, распределительные щиты низкого напряжения, электрические сети 10, 6, 0,4 и 0,23 кВ.

Система водоснабжения на перекачивающих станциях единая. Источниками ее могут быть артезианские скважины с насосными установками, реки и озера или магистральные водопроводы.

От источников вода при помощи насосов подается на водонапорную башню или в резервуар-накопитель, а оттуда в системы пожаротушения, бытовых нужд и в некоторых случаях в системы охлаждения основных технологических процессов.

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ НПС И КС

Размеры зданий компрессорных и насосных цехов определяются числом и видом оборудования, размещаемого внутри здания, а также противопожарными и санитарно-техническими требованиями. Геометрическая схема зданий проста, она допускает применение унифицированных узлов и деталей. Сами узлы и детали воспринимают и в течение всего срока эксплуатации НПС и КС несут нагрузки от работающего оборудования. При компоновке зданий учитывают требования эксплуатационного характера, в частности, необходимость периодического ремонта двигателей и перекачивающего оборудования без остановки перекачки.

Особое внимание при проектировании компрессорных и насосных цехов уделяют вопросам обеспечения противопожарной безопасности и надежной вентиляции. В зданиях компрессорных и насосных цехов устанавливают мощные приточно-вытяжные вентиляционные системы, устраивают специальные противопожарные перегородки и стены.

В настоящее время в промышленном строительстве, в том числе при сооружении объектов нефтяной и газовой промышленности, получили широкое распространение крупноблочные элементы из железобетона.

Крупноблочное строительство основано на примене-

нии типовых конструкций, деталей и изделий, изготовляемых серийно специализированными предприятиями.

В связи с этим основные размеры конструкций при планировке зданий определяют с учетом унификации объемно-планировочных размеров зданий.

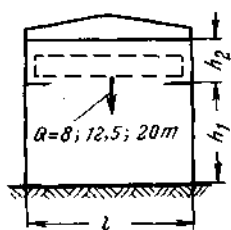


Рис. 6. Габаритная схема зданий основных цехов НПС и КС

Для многих отраслей промышленности разработаны так называемые габаритные схемы — типовые объемно-планировочные решения промышленных зданий. В этих схемах унифицированы основные параметры зданий: пролеты, шаги колонн, высоты помещений и др. В одноэтажных зданиях пролеты размером до 18 м кратны 3000 мм (6, 9, 12, 15, 18 м), пролеты более 18 м кратны 6000 мм (18, 24, 30, 36 м). Высота от пола до низа несущей конструкции покрытия или перекрытия

кратна размеру 600 мм при высоте от 3,6 до 4,8 м, удвоенному размеру (1200 мм) при высоте от 4,8 до 10,8 м и утроенному размеру (1800 мм) при высоте более 10,8 м.

На рис. 6 показана габаритная схема, применяемая при объемно-планировочных разработках компрессорных и насосных цехов. Значения пролетов l и высот h_1 и h_2 следующие (в м):

$$l = 12 \quad h_1 = 3,8, \quad h_2 = 2,2$$

$$h_1 = 5,0, \quad h_2 = 2,2$$

$$l = 18 \quad h_1 = 8,5, \quad h_2 = 4,1$$

$$h_1 = 10,3, \quad h_2 = 4,1$$

Рассмотрим компоновку зданий компрессорных и насосных цехов.

Компрессорный цех. Планировка здания осуществляется в соответствии с типом размещаемого в нем оборудования. Так, в здании с газотурбинным приводом необходимо иметь два отделения: нагнетателей и газотурбинных установок (для нагнетателей иногда сооружают специальные пристройки). Отделения разделяют газонепроницаемой монолитной стеной из кирпича или замоноличенных железобетонных панелей.

Размеры отделений зависят от размеров нагнетателей и ГТУ. Зал для нагнетателей должен быть в 2—3 раза меньше, чем для ГТУ. Длина компрессорного цеха зависит от числа устанавливаемых агрегатов. Например, здание компрессорного цеха с газотурбинным приводом для пяти ГТУ выполняется двухпролетным, одноэтажным, каркасного типа. Ширина (пролет) отделения ГТУ — 18 м, отделения нагнетателей — 6 м, длина цеха 126 м.

Основу каркаса здания составляют колонны с консолями для подкрановых балок, подкрановые балки, фермы перекрытия и обвязочные балки. Высота здания — 16 м (считая от отметки 0,0). Этот размер определяется по высоте ГТУ, мостовому крану, форме перекрытия и свободному пространству, необходимому для переноса оборудования вдоль цеха при монтаже и ремонте ГТУ. Ниже отметки 0,0 устраивают отдельно для каждой турбины мощные газоотводы, по которым отработавшие газы выбрасываются в атмосферу.

В отделении ГТУ устанавливают мостовой кран грузоподъемностью 20 т (он необходим для производства монтажных и ремонтных работ), а в отделении нагнетателей — подвесной кран грузоподъемностью 5 т. Стены здания компрессорного цеха навесные из специальных панелей.

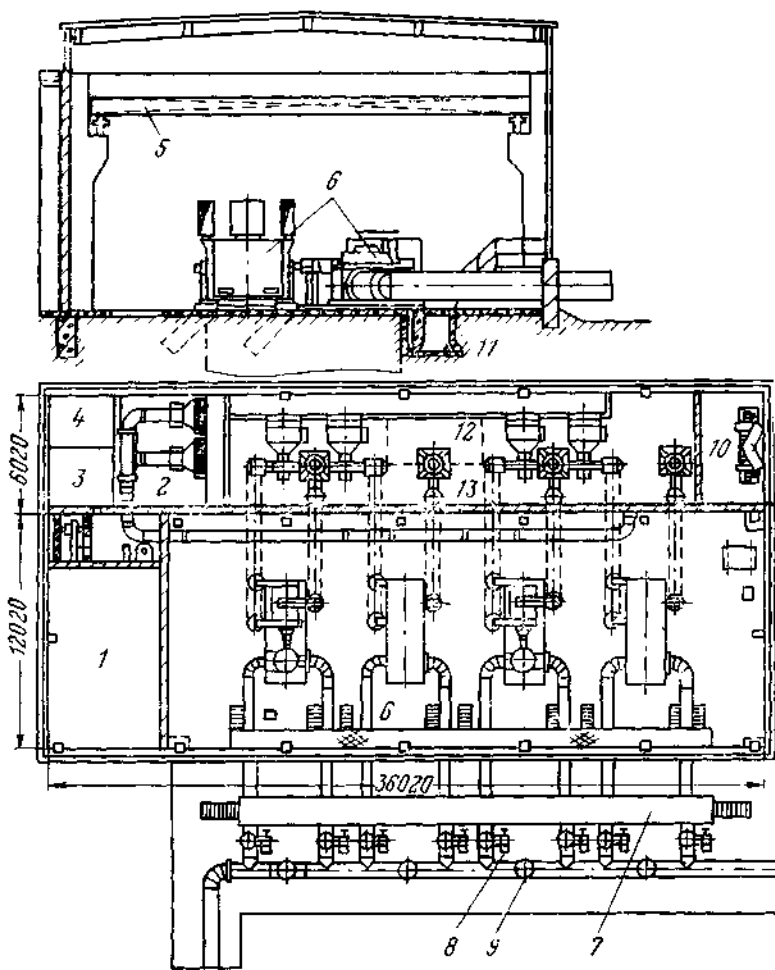
Все детали описанного здания практически могут быть доставлены в готовом виде к месту сооружения КС, что очень важно, поскольку КС часто строят в отдаленных от баз строительной индустрии местах.

Если в качестве привода используют электродвигатели, здание komponуют также с двумя отделениями, разделяемыми газонепроницаемой монолитной стеной, полностью изолирующей взрывобезопасное оборудование (электродвигателей) от взрывоопасного (нагнетателей). Размеры такого цеха по сравнению с размерами компрессорного цеха ГТУ несколько меньше, что объясняется большей компактностью электропривода. Отсутствуют газоходы и трубы. Длина пролета отделения электродвигателей — 9 м, общая высота здания — 13 м, а общая длина — 106 м.

В стене, разделяющей отделения электродвигателей и нагнетателей, устраивают металлическую диафрагму (перегородку), прикрепляемую к специальному фланцу

на корпусе агрегата. Для удобства монтажа и центровки редуктора и нагнетателя редуктор устанавливают в отделении нагнетателей. Поскольку расстояние между двигателями составляет 12 м, под ними размещают необходимые коммуникации, оборудование системы воздушного охлаждения, маслохозяйство и др.

а



Перекрытие в местах установки систем маслохозяйства и воздушного охлаждения выполняется съемным, что позволяет использовать мостовой кран при монтаже и ремонте оборудования, размещаемого ниже перекрытия на фундаментах.

Мостовой кран устанавливают в отделении электродвигателей. Грузоподъемность крана определяют исходя из необходимости переноски и установки самой тяжелой детали (обычно статора электродвигателя).

Помещение нагнетателей разделяют по высоте на две части на уровне перекрытия пола в отделении электродвигателей. Нагнетатели и редукторы размещают в верхней части, газопроводы всасывания и нагнетания — в нижней. Для монтажа нагнетателей и редукторов в верхней части устанавливают подвесную кран-балку грузоподъемностью, обеспечивающей подъем и транспортировку оборудования (2—5 т).

Как и в здании компрессорного цеха с ГТУ, каркас состоит из колонн, подкрановых и обвязочных балок и

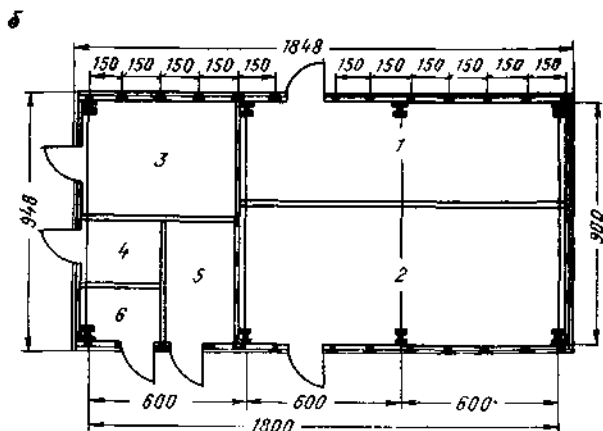


Рис. 7. Компоновка насосного цеха нефтеперекачивающей станции.

а — с общим помещением для насосов и двигателей; 1 — операторная; 2 — приточная камера; 3 — шитовая; 4 — трансформаторная; 5 — край-балка; 6 — насосный агрегат; 7 — площадка обслуживания; 8 — электроприводная задвижка; 9 — обратный клапан; 10 — вытяжная камера; 11 — канал для трубопровода от маслоохладителей; 12 — место для компрессорной установки; 13 — вентиляционная; 14 — с раздельными помещениями: 1 — отделение электродвигателей; 2 — отделение насосов; 3 — электрическое распределительное устройство; 4 — трансформаторная подстанция; 5 — помещение конденсаторов; 6 — шитовая

двускатных железобетонных балок покрытия. Применение железобетонных балок покрытия в данном случае возможно вследствие меньшей (9 м) длины пролета зала электродвигателей.

Расстояние между основными осями приняты кратными 6000 мм, что позволяет просто компоновать элементы каркаса в плане и привязывать к этим осям основное оборудование.

Основной насосный цех. Компоновка насосного цеха проще компоновки компрессорного цеха. Насосный цех выполняют в виде одного (рис. 7, а) или двух (рис. 7, б) отделений. При размещении в одном отделении каждый насос блокируют с электродвигателем на одном фундаменте. Каркас здания образуют колонны, подкрановые балки, обвязочные балки и двускатные балки покрытия. Стены навесные из специальных панелей.

Особое внимание в насосном цехе уделяют вентиляции. Для вентиляторов предусматривают специальное помещение, которое отделяют от зала электродвигателей и насосов монолитной (обычно кирпичной) стеной.

Пролет зала электродвигателей и насосов — 12 м, пролет вентиляторной — 6 м. В одном здании с насосной объединяют операторную, щитовую, трансформаторную, которые отделяют от машинного зала капитальными стенами.

При компоновке насосного цеха в отдельных помещениях насосы отделяют от электродвигателей газонепроницаемой (кирпичной) стеной. Вспомогательные помещения располагают в одном здании и отделяют от зала электродвигателей и насосов капитальной перегородкой.

Подпорная насосная. Такие насосные сооружают на перекачивающих станциях, имеющих резервуарный парк. Поскольку для нормальной работы основных насосов требуется подпор 3—5 кгс/см², а резервуары часто располагаются ниже уровня основных насосов, для перекачки нефти из резервуаров к основным насосам и создания необходимого подпора необходима подпорная насосная.

Особенность подпорной насосной в том, что насосы в ней размещаются на отметке, при которой возможен забор нефти и нефтепродукта. Здание подпорной насосной на половину высоты заглублено. Это предъявляет

соответствующие требования к прочности стен, воспринимающих боковое давление грунта, и к защите здания от грунтовых вод.

Следует отметить, что здания как компрессорных, так и насосных цехов отличаются насыщенностью подземных коммуникаций (трубопроводов, воздухопроводов, кабелей и др.). В связи с этим планировке подземных частей таких зданий следует уделять большое внимание, особенно с точки зрения прочности сооружений, компактного и рационального размещения коммуникаций.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НПС И КС

В последние годы нефтеперекачивающие и компрессорные станции выполняют блочно-комплектными или с применением отдельных блочных устройств. Главное отличие блочно-комплектных автоматизированных нефтеперекачивающих и компрессорных станций (БК НПС и БК КС) в том, что на их территории нет ни одного капитального здания. Все оборудование, технологические установки и аппаратура скомпонованы в виде транспортабельных блоков, изготовленных и испытанных в заводских условиях или на базах строительной индустрии. Монтаж блоков на строительных площадках сводится к установке их на заранее подготовленные фундаменты и подключению трубопроводов, кабелей и других коммуникаций.

Одна из важных целей блочно-комплектной поставки — пуск в эксплуатацию установленных блочных устройств без их разборки и ревизии после транспортировки, благодаря чему сокращается продолжительность строительно-монтажных работ и повышается качество сооружаемого объекта.

Кроме того, при блочно-комплектной поставке заводы-изготовители и базы строительной индустрии обеспечивают строительные площадки всеми необходимыми материалами и сборными конструкциями, предусмотренными проектом. Благодаря такой комплектной поставке сокращаются непроизводительные затраты времени на ожидание материалов, поддерживается определенный ритм работы на площадке.

Блочные устройства в настоящее время выпускаются в виде блоков технологического оборудования, блок-

контейнеров и блок-боксов. Блоки технологического оборудования (БТО) — это конструкции, в которых вместе с оборудованием на общей раме собраны трубопроводы с арматурой, средства автоматизации и контрольно-измерительные приборы. БТО устанавливают на открытом воздухе. Блок-контейнеры (БК) представляют собой те же блоки технологического оборудования, а также технологические аппараты, шкафы и щиты систем энергоснабжения, связи и т. п. с индивидуальными укрытиями, поставляемыми на одной раме с блоком. Внутри укрытий создается микроклимат, необходимый для нормальной работы оборудования и аппаратуры (как в капитальном здании). Блок-контейнеры предназначены для кратковременного пребывания в них обслуживающего (эксплуатационного) персонала во время регулирования, профилактических осмотров и ремонтов. При этом обслуживающий персонал имеет возможность входить лишь в те отсеки, где расположены части технологического оборудования, требующие частого наблюдения и ремонта (например, подшипники, уплотнения).

Блок-боксы (ББ) — транспортабельные здания, внутри которых могут размещаться аппаратура и инвентарные устройства. ББ предназначены для длительного или непрерывного пребывания в них эксплуатационного персонала (например, для работы в операторных, щитовых). Их используют как помещения для отдыха.

При использовании БК НПС и БК КС значительно сокращаются затраты труда и продолжительность строительства объектов.

На рис. 8 показан общий вид БК КС. Агрегат состоит из реконструированной авиационной газовой турбины НК-12 ст мощностью 6,3 тыс. кВт и газового компрессора (нагнетателя) с двойной по сравнению с обычными нагнетателями степенью сжатия. Масса блок-контейнера — 38 т. Для ремонта газовой турбины и нагнетателя в отсеках блок-контейнера предусмотрены специальные грузоподъемные устройства. Причем ремонт газовой турбины сводится к замене израсходовавшего свой технический ресурс агрегата новым (запасным). Следовательно, значительно улучшается качество ремонта, сокращается его продолжительность и:

при строительстве отпадает необходимость на каждой перекачивающей станции возводить полный комплекс сооружений для выполнения ремонтных работ и расселения ремонтного персонала (мастерские, склады, поселки).

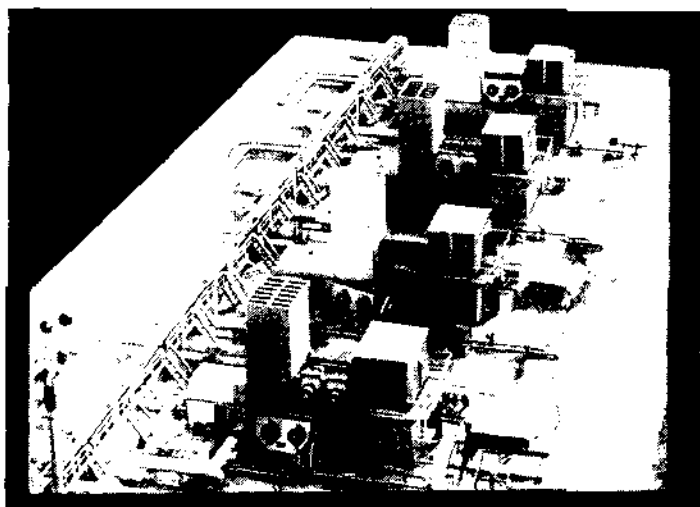


Рис. 8. Общий вид БК КС с перекачивающими агрегатами ГПА-Ц-6,3

Основанием блок-контейнера служит жесткая железобетонная плита, поэтому его можно устанавливать на нежесткое основание. В ряде случаев блок-контейнер можно устанавливать на песчано-гравийную подсыпку, утрамбованную послойно.

К блок-контейнеру на месте монтажа присоединяют блок камеры всасывания воздуха в компрессор газотурбинной установки с устройством шумоглушения, блок-бокс местного щита управления. На блок-контейнер помещают блок воздушных маслоохладителей и выпускную трубу.

Блочно-комплексная автоматизированная нефтсепарационная станция показана на рис. 9. На БК НПС-2,5 производительностью 2,5 тыс. м³/ч с приводом

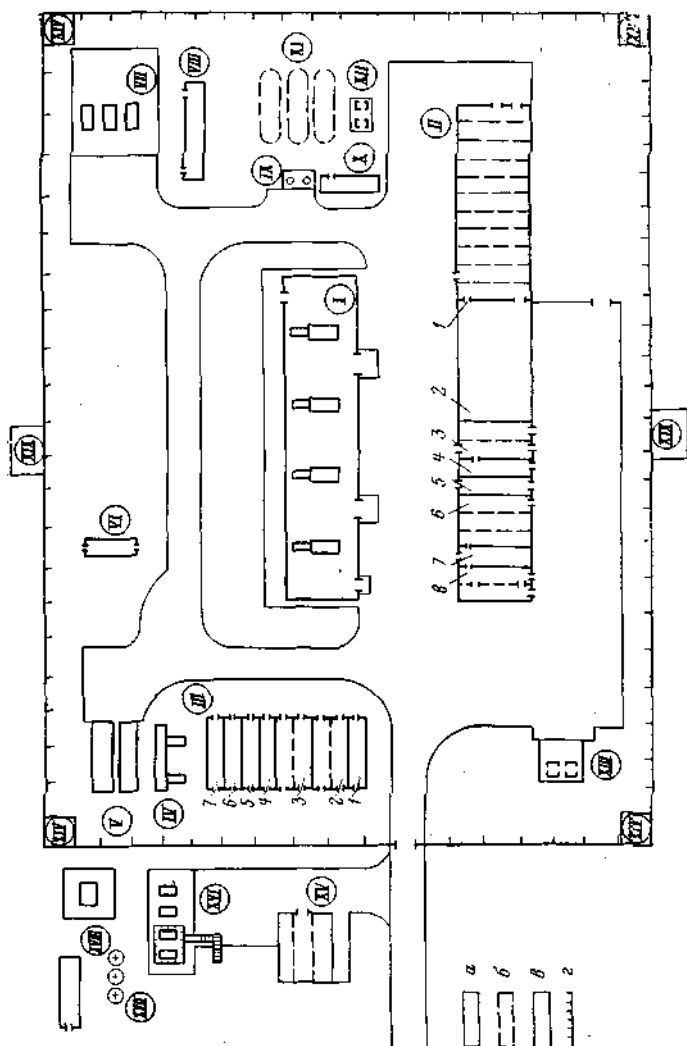


Рис. 10. Нефтеперекачивающая станция с блок-боксами вспомогательного назначения (БК НПС-12,5).

Здания и сооружения:

I — цех магистральных насосных агрегатов; *II* — блок-здание (1), состоящее из блок-бокса закрытого распределительного устройства ЗРУ напряжением 10 кВ, комплектной трансформаторной подстанции КТП и щитов станции управления ЩСУ-1, навеса (2) для стоянки механизмов, блок-бокса гаража (3), блок-бокса электромеханической мастерской (4), блок-бокса кладовой оборудования и пожарного инвентаря (5), блок-бокса операторной (6), блок-бокса обогрева вахтенного персонала (7), блок-бокса узла связи (8); *III* — блок-здание, состоящее из блок-бокса дизельной электростанции (1), приточных и подпорных вентиляторов (2), ЩСУ-2 (3), компрессорной (4), насосной пенного пожаротушения (5), водоснабжения (6), оборотного водоснабжения (7); *IV* — блок-аппаратов воздушного охлаждения АВГ; *V* — резервуар противопожарного запаса воды (100 м³); *VI* — блок-бокс регуляторов давления; *VII* — блок фильтров-тряпцеуловителей; *VIII* — блок-бокс гашения ударной волны; *IX* — блок с погружным насосом; *X* — блок-бокс маслосистемы; *XI* — сборник нефти сброса ударной волны (100 м³); *XII* — блок хранения масел; *XIII* — заглубленные блоки склада нефтепродуктов; *XIV* — прожекторная мачта; *XV* — блок-здание котельной, состоящее из трех блок-бокса; *XVI* — резервуары для нефти и дизельного топлива; *XVII* — блок септика; *XVIII* — блок-бокс полного химического окисления и обеззараживания сточных вод с иловой площадкой; *XIX* — молниеприемник; *a* — наземные сооружения; *b* — подземные сооружения; *в* — дороги и площадки; *г* — ограждения

си, в блок-контейнере имеется газоанализатор, который в случае опасности автоматически включает систему вентиляции или отключает подачу электроэнергии к двигателю. Кроме того, блок-контейнер оснащен специальной автоматической установкой химического пожаротушения, состоящей из баллонов с углекислотой (или фреоном) и трубопроводов с распылительными (спринклерными) головками. При загорании углекислота может быть подана в отсеки насоса или электродвигателя либо в зазор между статором и ротором электродвигателя (при замыкании обмоток).

Для нормальной работы агрегатов блок-контейнер снабжен системой вентиляции, освещения и теплоснабжения (на период остановки агрегата). В ряде случаев при размещении НПС или КС в благоприятных климатических условиях и обеспечения высокой надежности агрегатов отпадает надобность в устройстве укрытий над основными агрегатами (см. рис. 9, б). Тогда насосные агрегаты размещают непосредственно на открытом воздухе, электродвигатели — в блок-контейнерах.

Блок-боксы БК НПС и БК КС выполняют с железобетонными и металлическими рамами. Внутри них созданы все условия для постоянного присутствия человека, его работы и проживания. Блок-боксы могут

быть единичными (моноблоки), соединяться на месте монтажа в единое здание с перегородками (иногда называемое «сотовым») или в единое помещение (блок-боксы поставляются без смежных стен).

Блоки технологического оборудования, блок-контейнеры и блок-боксы можно перевозить всеми видами транспорта: железнодорожным, автомобильным, водным или воздушным в зависимости от их единичной массы.

Чтобы обеспечить беспрепятственную транспортировку блочные устройства выполняют преимущественно в железнодорожных габаритах. Благодаря этому значительно сокращается общая площадь генерального плана БК НПС и БК КС (в 3—4 раза по сравнению с НПС и КС традиционного проектного решения).

В некоторых случаях используют промежуточный тип НПС и КС: основные агрегаты размещают в капитальном здании, выполненном из сборных строительных конструкций, а вспомогательные технологические установки систем водоснабжения, теплоснабжения, электрообеспечения, пожаротушения и т. п. имеют блочное устройство (рис. 10).

С целью уменьшения объема работ по нулевому циклу при сооружении блочно-комплектных автоматизированных НПС и КС (основного и промежуточного типа) предусмотрена преимущественно наземная прокладка межблочных трубопроводов, кабелей и других коммуникаций.

Значительную часть блочных устройств устанавливают без фундаментов на песчано-гравийную подсыпку.

Уменьшение объема строительно-монтажных работ дает возможность применения экспедиционного способа строительства, когда вблизи строительной площадки не требуется возводить здания и сооружения для большого числа строителей и монтажников, их семей и обслуживающего персонала; не требуются склады для хранения материалов, поступающих на строительную площадку, так как материалы и детали, не вошедшие в блочные устройства, поступают упакованными в собственные «склады» — контейнеры, детали которых используются в дальнейшем строительстве.

Планируется, что станции такого типа будут основными на магистральных трубопроводах нашей страны.

ПРОЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Проект организации строительства (ПОС) по заданию заказчика разрабатывают на весь магистральный трубопровод, включая компрессорные и нефтеперекачивающие станции и согласовывают со строительной организацией, исполняющей функции генерального подрядчика. Состав, содержание, порядок и методика разработки ПОС регламентируются «Инструкцией о порядке составления и утверждения проектов организации строительства и проектов производства работ» и другими нормативными документами.

В ПОС входят: графики производства работ, включая комплексный укрупненный сетевой (рис. 11) или сводный календарный, а также на подготовительный период; ведомости объемов работ; графики выдачи проектно-сметной документации, поставки материалов и конструкций, поставки оборудования; ситуационный и строительный генеральный планы.

В проекте организации строительства определяются этапы строительно-монтажных работ (объем, состав и сметная стоимость) для отражения в сметной документации. Рекомендации о финансировании по этапам¹ излагаются в пояснительной записке.

Очередность и сроки завершения этапов должны обеспечивать ввод в эксплуатацию объекта в установленные проектом сроки. В этапах работ, утвержденных в составе сметы на строительство, выделяются объемы и сметная стоимость работ по каждой субподрядной организации.

В проекте организации строительства приводят периодизацию строительства, т. е. деление на подготовительный и основной периоды. Нормы ограничивают

¹ Этап — технологически законченный комплекс строительно-монтажных работ.

продолжительность подготовительного периода 20% всего срока строительства.

По мере внедрения в строительство блочно-комплектных НПС и КС удельный вес подготовительного периода увеличивается до 44—45%, а основного периода уменьшается до 55—56% при абсолютном общем сокращении срока строительства.

В подготовительный период выполняются следующие работы: расчистка и планировка площадки; разбивка и закрепление осей сооружений и внутриплощадочных дорог; ограждение территории строительства; строительство временных подъездных автодорог; строительство временных внутриплощадочных дорог и проездов; подводка воды и электроэнергии; прокладка по площадке строительства временных сетей водо- и электроснабжения; строительство временных зданий и сооружений; организация приобъектной производственной базы.

В подготовительный период частично выполняют земляные работы (отрывка котлованов), прокладывают сантехнические коммуникации, строят постоянные подъездные дороги.

В основной период сооружают собственно объект, ведут монтажные и пусконаладочные работы. По окончании основного периода объект предъявляют к сдаче и пуску в эксплуатацию.

Рис. 11. Укрупненный сетевой график строительства КС.

Перечень работ по фрагменту сетевого графика:
12—19 — монтаж конструкций; 19—21 — то же; 19—22 — монтаж мостового крана; 21—26 — монтаж камер сгорания ГПА 1—5; 24—27 — монтаж нагнетателей ГПА 1, 2; 27—43 — монтаж турбогруппы ГПА 1, 2; 29—33 — монтаж нагнетателей ГПА 3—5; 28—31 — монтаж регенераторов ГПА 1, 2; 31—42 — монтаж дымовых труб к ГПА 1, 2; 32—51 — монтаж регенераторов к ГПА 3—5; 34—38 — изоляционные работы; 36—57 — отделочные работы; 37—49 — монтаж пылеуловителей и межцеховых технологических коммуникаций; 38—62 — обвязка нагнетателей по низкой стороне; 39—64 — монтаж КИПиА; 41—88 — возведение бытовок; 42—59 — монтаж воздухозаборных камер к ГПА 1, 2; 44—54 — монтаж воздухопроводов ГПА 1, 2; 48—56 — изоляционные работы; 49—66 — монтаж пылеуловителей и межцеховых технологических коммуникаций; 52—58 — монтаж дымовых труб к ГПА 3—5; 53—59 — монтаж турбин ГПА 3—5; 54—61 — монтаж воздухопроводов ГПА 1, 2; 56—67 — изоляционные работы; 57—63 — отделочные работы; 61—76 — монтаж маслосистемы и вспомогательного оборудования ГПА 1, 2; 64—79 — монтаж КИПиА; 67—72 — изоляционные работы; 68—73 — монтаж воздухозаборных камер к ГПА 3—5; 69—71 — монтаж воздухопроводов ГПА 3—5; 71—74 — монтаж воздухопроводов ГПА 3—5; 72—76 — изоляционные работы; 74—82 — монтаж маслосистемы и вспомогательного оборудования ГПА 3—5; 78—80 — промывка маслом ГПА 1, 2; 81—83 — пусконаладочные работы ГПА 1, 2; 82—86 — промывка маслом ГПА 3—5; 84—87 — пуск ГПА 1, 2; 86—88 — пусконаладочные работы ГПА 3—5; 88—89 — пуск ГПА 3—5; 89—90 — сдача в эксплуатацию

Одно из решающих условий четкой работы строительных организаций — тщательная подготовка основных работ на вновь осваиваемой площадке. При неполном и несвоевременном проведении подготовительных работ резко ухудшаются качественные и количественные показатели сооружения перекачивающих станций. Состав, очередность и продолжительность работ подготовительного периода, намеченные в ПОС, детально разрабатываются при составлении проекта производства работ.

ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Проект производства работ (ППР) в целом на объект разрабатывает генподрядная строительная организация, а на отдельные виды специальных строительных и монтажных работ — субподрядные строительные организации.

В основу разработки кладут рабочие чертежи объекта с привязкой к срокам поставки оборудования.

В состав ППР включают:

календарный план производства работ по объекту или сетевой график (рис. 12);

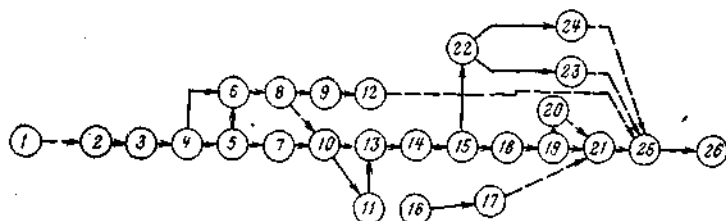


Рис. 12. Сетевой график сооружения 4-секционной градирни:

1—2 — устройство бетонной подготовки; 2—3 — устройство железобетонного дна бассейна; 3—4 — устройство монолитных колонн и балок; 4—5 — монтаж сборных панелей бассейна; 4—6 — устройство набетонки по дну бассейна; 5—7 — монтаж сборных колонн каркаса; 6—8 — эпоксидная гидроизоляция бассейна; 8—9 — обратная засыпка; 9—13 — устройство отмостки; 7—10 — монтаж сборных балок; 10—13 — монтаж рингелов покрытия; 13—14 — монтаж стальных связей; 10—11 — заделка стыков; 14—15 — установка оросителей и водоотделительной решетки; 16—18 — монтаж плит покрытия; 18—19 — устройство стальных ограждений; 19—20 — устройство лестниц; 14—16 — монтаж технологических трубопроводов; 16—17 — обшивка асбестоцементными листами; 15—22 — монтаж вентиляторов; 22—24 — монтаж КИП и автоматики; 22—23 — монтаж электрооборудования и освещения; 19—21 — окраска металлоконструкций; 22—25 — окраска обшивки; 15—26 — наладка оборудования и пуск

строительный генеральный план всей площадки с уточненным расположением на нем временных сооружений, внеплощадочных и внутриплощадочных коммуникаций и сетей с подводкой их к местам потребления с выделением работ, выполняемых в подготовительный период;

рабочие чертежи привязки типовых временных сооружений;

график поступления на объект строительных конструкций, деталей, полуфабрикатов, материалов и оборудования с приложением комплектационной ведомости по месяцам;

сводный график потребности в рабочих кадрах и основных строительных машинах по объекту;

технологические карты и схемы организации работ; мероприятия по технике безопасности, требующие проектной разработки (временное крепление монтируемых конструкций, укрепление земляных выемок и др.).

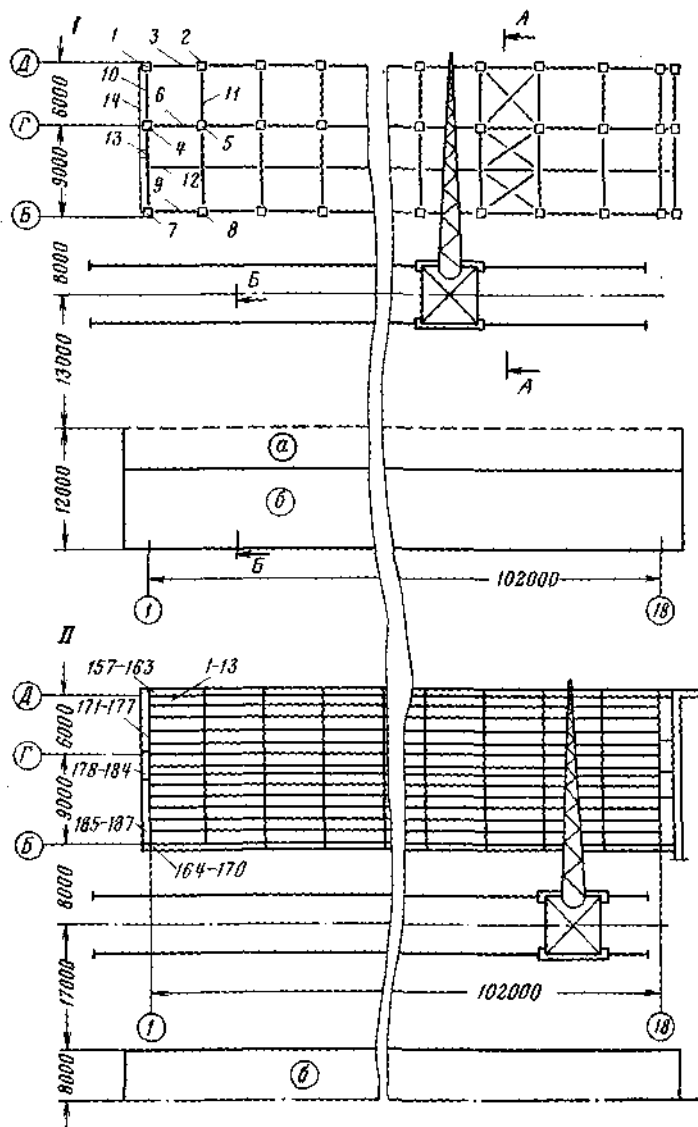
ППР по объектам, строящимся поточным методом, содержит: структурную схему комплексного потока; сводные планы производства работ по комплексным объектным и специализированным потокам; график работы строительных и специализированных организаций; сводные графики работы основных строительных машин; графики потребности в рабочей силе по объектным потокам; строительные генеральные планы с распределением зданий, сооружений и коммуникаций по потокам; технологические расчеты параметров потока; пояснительную записку.

В ППР предусматривают мероприятия по контролю качества строительно-монтажных работ.

Для наиболее распространенных компрессорных и нефтеперекачивающих станций разработаны типовые ППР. Применение типовых ППР позволяет унифицировать парк строительных машин, набор средств малой механизации, инвентаря и оснастки. Типовой ППР дает возможность получить укрупненную норму затрат труда, машин и механизмов на строительство КС и НС, что особенно важно для планирования.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Составной частью проекта производства работ являются типовые или специально разработанные технологиче-



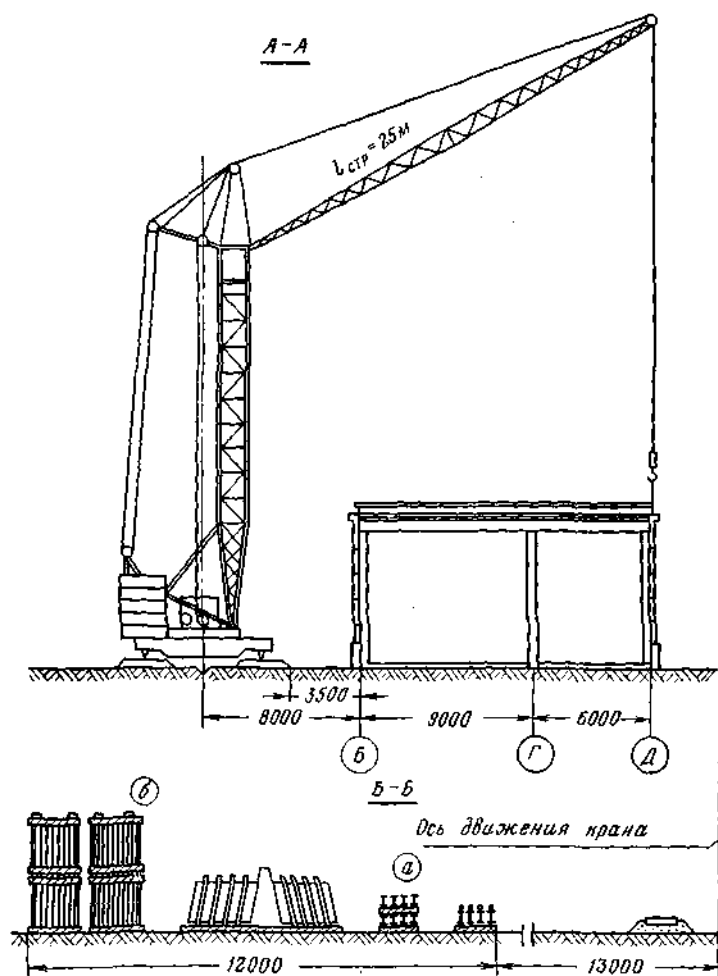


Рис. 13. Технологическая карта монтажа компрессорного цеха с электроприводным ГПА:

I — схема монтажа каркаса; II — схема монтажа стеновых панелей и покрытия;

2 — площадка складирования металлоконструкций; б — то же, стеновых панелей и панелей покрытия

1-14 — порядок монтажа

ские карты. Применение технологических карт обеспечивает выбор рациональных решений по организации и технологии производства работ.

Технологические карты составляют на следующие процессы: монтаж фундаментов, сооружений; монтаж каркасов и ограждающих конструкций компрессорного и других цехов; устройство сетей водопровода и канализации; монтаж технологического оборудования; монтаж технологических коммуникаций и др.

Технологическая карта отражает наиболее совершенный способ выполнения работ. В карте даются описание технологии выполнения работы, организации и методов труда рабочих, калькуляция трудовых затрат, перечень необходимых материально-технических ресурсов, схемы производства работ. На схемах производства работ подробно разрабатывают маршруты перемещения техники и технологического транспорта, определяют площади и указывают места складирования материалов и конструкций, схемы складирования.

Калькуляция трудовых затрат, составленная на основании ЕНиР, определяет нормативную трудоемкость единицы продукции и стоимость труда. Калькуляция служит в дальнейшем основанием для аккордно-премиальных нарядов на выполнение работы.

Пример технологической карты на монтаж каркаса и ограждающих конструкций компрессорного цеха КС с электроприводным газоперекачивающим агрегатом приведен на рис. 13.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Одной из прогрессивных форм организации работ является поточный метод строительства. Поточный метод строительства основан на применении принципов непрерывности и равномерности процессов в строительном производстве при возведении отдельных зданий и сооружений и в целом КС и НПС.

Для создания строительного потока необходимо, во-первых, комплекс работ по строительству объектов расчленить на составляющие процессы, разделить труд между исполнителями и закрепить процессы за брига-

дами и звеньями, во-вторых, рассчитать производственный режим, разделив общий фронт работ на захватки и назначив продолжительность работ на захватках, максимально совместив во времени и пространстве выполнение составляющих процессов.

Различают следующие разновидности строительных потоков:

по структуре и виду продукции — специализированные, объектные, комплексные;

по характеру движения — цикловые и непрерывные (ритмичные и неритмичные);

по продолжительности — краткосрочные и долгосрочные (непрерывные) потоки.

Специализированный поток состоит из ряда поточно выполняемых на захватках элементарных процессов (частных потоков), объединенных единой системой параметров и схемой потока, а также общей строительной продукцией в виде конструктивного элемента или части здания (сооружения).

Объектные потоки создаются совокупностью специализированных потоков, общей продукцией которых являются законченные строительством здания или сооружения или их группы.

Комплексный поток представляет собой сочетание объектных потоков, объединенных общей продукцией в виде комплекса зданий или сооружений.

Закономерности строительного потока выражаются следующими его параметрами:

пространственными — фронтом работ, участком, захваткой;

технологическими — числом специализированных и частных потоков, объемами и трудоемкостью работ, интенсивностью (мощностью) потока;

временными — модулем цикличности, шагом потока, темпом потока.

Нефтеперекачивающие и компрессорные станции имеют в своем составе здания и сооружения, резко различающиеся между собой технологией возведения и объемом работ. Ввиду этого организация строительного потока внутри площадки крайне затруднительна, и трудно обеспечить надежное функционирование потока в этих условиях.

Применение поточного метода в строительстве на-

земных сооружений имеет свои особенности. Здесь наиболее рационален долговременный межобъектный поток. Для широкого внедрения поточного метода строительства требуются серьезные организационные мероприятия:

- планирование ввода объектов с учетом поточного их строительства;

- углубленная предметная и технологическая специализация строительных организаций;

- реальное перспективное планирование загрузки организаций;

- укрепление материально-технической базы строительства и подчинение ее крупным строительным организациям.

В процессе организации поточного строительства компрессорных или нефтеперекачивающих станций проводится разделение функций между строительными подразделениями. В самостоятельный поток выделяются работы, входящие в подготовительный период и обеспечивающие освоение строительной площадки, подготовку ее к выполнению основных строительномонтажных работ, жилые и культурно-бытовые условия для строителей.

Другие работы выделяют в отдельные потоки в соответствии со сложившейся специализацией строительномонтажных организаций. Выделяют потоки по устройству внешних и внутренних санитарно-технических сетей и технологических коммуникаций, монтажу технологического и электротехнического оборудования, сооружению нулевого цикла зданий, монтажу надземной части зданий и сооружений.

Поточный метод обеспечивает равномерный ввод объектов в эксплуатацию, но не гарантирует сокращения сроков строительства отдельных объектов. При параллельном строительстве серию однородных объектов в целом сооружают быстрее, чем при последовательном строительстве. В целом поточный метод дает возможность более рационально использовать ограниченные ресурсы строительной организации. Благоприятные условия для поточного строительства создаются при блочно-комплексной поставке объектов, когда можно использовать передвижные подразделения, являющиеся частями крупной организации (например, комбината),

соединяющей в своих руках выпуск блочно-комплектных объектов и монтаж их на месте.

При поточной организации строительства однородных объектов упрощается его управление, что может привести к сокращению административно-управленческих расходов и в целом накладных расходов.

Применение поточной организации позволяет проводить более глубокую специализацию на уровне бригад, что открывает широкие возможности для повышения квалификации работников и роста производительности труда.

ГЛАВА 3

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

СОСТАВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

При сооружении блочно-комплектных НПС и КС основное место занимают работы нулевого цикла и работы по монтажу конструкций надземной части. В состав работ нулевого цикла входят земляные, свайные, бетонные и дорожные работы.

В комплекс работ по монтажу конструкций надземной части входят собственно монтаж металлических и железобетонных конструкций, монтаж ограждающих конструкций, последующая отделка и защита конструкций. В состав отделки входит защита технологических конструкций, трубопроводов и аппаратов — термо- и шумоизоляция.

ПОДГОТОВКА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Строительство НПС и КС начинают только после выполнения организационно-технической подготовки. Организационно-техническая подготовка обеспечивает планомерное развертывание и осуществление строительства в установленные нормативные сроки. Она состоит из трех этапов: 1) организационные мероприятия, выполняемые до начала работ на строительной площадке;

2) подготовительный период, в течение которого выполняются работы по подготовке площадки к строительству основных объектов; 3) подготовительные работы, выполняемые до начала строительства отдельного объекта.

В число мероприятий первого этапа входят окончание и выдача проектно-сметной документации, открытие финансирования строительства, разработка ПОС и ППР, отвод земли в натуре. Мероприятия второго и третьего этапов на НПС и КС обычно объединяют, так как подготовка к производству строительных работ — это логическое продолжение организационно-технической подготовки и конкретизация мероприятий. При этом согласно технологическим картам ППР перебазировывают к месту работ строительные машины, намечают график их работы и увязывают его с графиком планово-предупредительных ремонтов.

В процессе подготовки к выполнению работ составляют для бригад рабочих наряды-задания на основе типовых калькуляций, разработанных нормативно-исследовательскими станциями строительных организаций, и Единых норм и расценок на строительные работы (ЕНиР). Составы бригад определяют по технологическим картам, по этим же картам определяют оснащение рабочих инструментом и инвентарем. Необходимое количество материалов и конструкций намечают согласно производственным нормам расхода материалов, календарные сроки начала и окончания работы — по графику.

СДАЧА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Выполненные работы сдают в соответствии с требованиями СНиП «Правила производства и приемки работ» по соответствующим видам работ. Набор нормируемых показателей приводится в карте технологии пооперационного контроля качества (см. гл. 4). В процессе приемочного контроля сравнивают показатели, включенные в карту, с проектными. Допустимые отклонения показателей нормируются строительными нормами и правилами и приводятся в карте. Приемку работ производит прораб или начальник участка. К приемке некоторых

видов работ привлекают геодезистов, радиографов, лаборантов.

В последнее время к участию в приемке привлекают бригадира, бригада которого будет выполнять последующую работу. Это способствует более строгому контролю.

При сдаче работ оформляют исполнительную документацию, в состав которой входят геодезические схемы, отражающие фактическое плановое и высотное положение конструкций, акты на скрытые работы, подтверждающие соответствие недоступных контролю работ проекту, исполнительные чертежи. Об окончании работы в журнале делают запись с указанием условий выполнения этих работ и оценкой их качества.

МЕХАНИЗАЦИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

В современном строительном процессе постоянно растет число машин и механизмов. Высокая стоимость эксплуатации машин (до 20% стоимости строительных работ) заставляет использовать их наиболее рациональным образом. Это значит, что должны быть исключены простои машин и механизмов из-за неготовности фронта работ, необеспеченности материалами, вспомогательной рабочей силой и др.

Обычно работу строительных машин организуют таким образом, что результат работы одной из них является фронтом работы для последующих. Машины применяют комплектами.

Комплект — это группа машин, основные параметры которых (мощность, производительность, грузоподъемность и др.) увязаны между собой. Комплект машин обеспечивает производство определенного вида работ в необходимом объеме, в заданные сроки и с надлежащим качеством.

В комплекте выделяются ведущая машина, основная и комплектующие. Параметры ведущей машины определяют выбор и расстановку комплектующих. По производительности ведущей машины подбирают число комплектующих машин. Так, на земляных работах может работать комплект машин следующего состава: экскаватор, бульдозеры, автосамосвалы. Ведущая ма-

шина — экскаватор. В зависимости от его производительности будет определено число самосвалов для отвозки грунта и число бульдозеров для планировки отвала. Емкость ковша, высота выгрузки и другие данные определяют тип самосвалов. Если при разработке котлована предварительно будет осуществлено механическое рыхление мерзлого грунта, очевидно, ведущей машиной будет рыхлитель.

Составление комплектов машин для комплексно-механизированного выполнения работ проводят в два этапа. На первом этапе разрабатывают технологические схемы производства работ. При этом определяют необходимые параметры, число и типы машин для каждого варианта технологии производства. На втором этапе выбирают наиболее экономичный вариант. Комплекты машин для разных видов работ обычно составляют таким образом, чтобы использовать как можно больше однотипных машин. На строительстве НПС и КС это особенно важно, так как снижает число перебазировок техники.

Комплексная механизация дополняется малой механизацией. Под малой механизацией понимается механизированный или электрифицированный инструмент, оснастка и приспособление, не имеющие автономного механического привода.

ТЕХНОЛОГИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Земляные работы при строительстве НПС и КС включают в себя отрывку котлованов под фундаменты зданий и сооружений, отрывку траншей для коммуникаций, обратную засыпку пазух котлованов и траншей, планировку и перемещение грунта при дорожных работах, устройство подсыпок. Общий объем земляных работ при сооружении НПС и КС обычно составляет 6—8 тыс. м³, причем на их выполнение затрачивается 4—5 тыс. чел.-дней и 300—500 маш.-смен.

Земляные работы выполняют по окончании работ по разбивке и закреплению осей зданий и сооружений. Разбивку и закрепление осей зданий и сооружений оформляют актом.

Котлованы под фундаменты зданий и сооружений, как правило, разрабатывают на глубину не более 2,5 м.

Используют для этого экскаваторы или бульдозеры. При разработке котлована экскаваторами применяют также комплект машин, состоящий из автомобилей-самосвалов и других транспортных средств, бульдозеров с обычным отвалом для зачистки дна котлована и разравнивания грунта в отвалах и машин для уплотнения грунта.

Выбор типа экскаватора зависит от объема работ, сроков их выполнения, рельефа местности, размеров выемки, условий выгрузки грунта.

При разработке котлованов под фундаменты НПС и КС применяют экскаваторы, указанные в табл. 5.

Таблица 5

Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов

Марка	Сменное рабочее оборудование					
	обратная лопата			Драглайн		
	объем ковша, м ³	наибольшая глубина копания, м		объем ковша, м ³	глубина копания при проходе, м	
		траншей	котлована		боковым	концевым
Э-302А	0,4	4,0	2,6	0,35	5,3	7,6
Э-352А	0,4	8,0	3,3	0,4	3,7	6,5
ЭО-4111А (Э-652А)	0,65	5,56	4,0	0,8	4,4; 6,6	7,3; 10
ЭО-4111Б (Э-652Б)	0,65	5,6	5,8	0,8	3,8; 5,9	5,6; 7,8
ЭО-5111А (Э-10011А)	1,0	4,2	6,9	1,0; 0,75	5,5; 5,7	9,4; 9,2

Для уменьшения стоимости разработки и транспортировки грунта надо, чтобы число самосвалов и вместимость их кузовов соответствовали производительности экскаватора и объему ковша, скорость транспортировки была максимальной, работа велась комплексной бригадой, включающей машинистов экскаваторов, подсобных рабочих и шоферов.

Число транспортных средств M определяется из условия непрерывной погрузки грунта по формуле

$$N = \frac{t_n + (2L/v_{cp}) + t_p + t_m}{t_n},$$

где t_n — расчетная продолжительность погрузки, мин; L — расстояние перевозки грунта, км; v_{cp} — средняя скорость движения, км/мин; t_p — расчетная продолжительность разгрузки, мин; t_m — продолжительность маневрирования транспортных средств, мин.

Продолжительность погрузки самосвала определяется по формуле

$$t_n = m/nk_t,$$

где m — число ковшей грунта, разгружаемых в кузов; n — число циклов экскаватора в 1 мин (определяется по данным табл. 6); k_t — коэффициент, зависящий от

Таблица 6

Число циклов в 1 мин при разработке грунта II категории одноковшовыми экскаваторами при угле поворота 90°

Вместимость ковша, м³	Обратная лопата	Драглайн
0,15	2,3	—
0,25	3,0	3,0
0,30	3,0	3,0
0,35—0,40	3,0	2,4
0,50	3,0	2,4
0,65	2,7	2,4
0,80	2,6	2,2

условий подачи самосвалов в забой и принимаемый для кузовов вместимостью до трех ковшей 0,85—0,89, для кузовов вместимостью четыре—шесть ковшей 0,87—0,94.

$$m = (Q/\gamma q) k_1,$$

здесь Q — грузоподъемность самосвала, т; γ — объемный вес грунта, т/м³; q — геометрическая вместимость ковша, м³; k_1 — коэффициент перехода от объема разрыхленного грунта к объему плотного тела;

$$k_1 = k_w/k_p,$$

Марка	Базовая машина	Отвал			Скорость движения, км/ч	
		тип управления	высота, мм	длина, мм	вперед	назад
ДЗ-53 (Д-686)	Т-100М	Канатный	1200	3200	2,40—10,13	2,79—7,61
ДЗ-54 (Д-687)	Т-100МГП	Гидравлический	1200	3200	2,36—10,13	2,79—7,61
Д-694	Т-100МБГП	»	1200	4000	2,36—5,40	2,76—7,61
Д-494	С-100ГП	»	1100	3030	2,36—10,13	2,79—7,61
Д-521А	Т-180	Канатный	1230	3640	2,85—11,96	3,21—7,49
Д-675 (ДЗ-50)	Т-220	Гидравлический	1400	3470	2,67—17,85	1,78—14,20

где k_n — коэффициент наполнения ковша; k_p — коэффициент разрыхления грунта.

Бульдозеры в качестве головной машины комплексно-механизированной разработки котлованов применяют в тех случаях, когда есть возможность создать отвал в непосредственной близости (до 100 м) от котлована и по картограмме земляных работ не требуется дальняя транспортировка грунта. Стоимость разработки котлованов бульдозером ниже стоимости разработки экскаватором. Перечень бульдозеров приведен в табл. 7.

Применение бульдозеров ограничивается климатическими и гидрогеологическими условиями площадки строительства (риском проморозить основание в зимних условиях, высоким уровнем грунтовых вод).

Схема организации разработки котлована для компрессорного цеха должна быть рациональной, открывать наибольший фронт работ по устройству фундаментов и последующих монтажных работ. С этой точки зрения важно как можно раньше приступать к монтажу наружных фундаментов технологического оборудования, так как выполнение монтажных работ обычно находится на критическом пути сетевого графика строительства. Практика строительства подтвердила преимущества разработки общего для цеха и всех наружных фундаментов котлована по схеме, показанной на рис. 14.

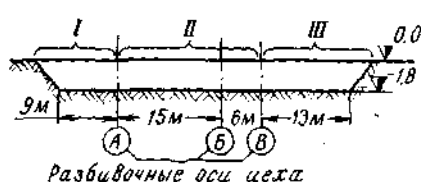


Рис. 14. Поперечный разрез котлована под компрессорный цех и наружные установки:

I — зона фундаментов воздухозаборных камер; II — зона фундаментов компрессорного цеха; III — зона фундаментов газопровода обвязки нагнетателей

При такой организации работ выигрыш во время составляет примерно два месяца.

При разработке общего котлована бульдозерами на 50% сокращается объем работ по ручной доработке и зачистке дна.

Глубину и точность разработки котлована проверяют по обноске и ходовым визиркам.

Устойчивость откосов котлована обеспечивают путем придания им определенной крутизны¹ (табл. 8).

Таблица 8

Допустимая крутизна откосов выемки

Грунт	Глубина выемки, м		
	до 1,5	1,5—3,0	3—5
Насыпной, естественной влажности	1:0,25	1:1,00	1:1,25
Песчаный и гравийный, влажный	1:0,50	1:1,00	1:1,00
Глинистые грунты естественной влажности:			
супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
суглинок	1:0,00	1:0,50	1:0,76
глина	1:0,00	1:0,25	1:0,50
лёссовидный, сухой	1:0,00	1:0,50	1:0,50

Примечания.

1. В глинистых переувлажненных грунтах крутизну откосов принимают 1:1.
2. В переувлажненных песчаных, лёссовидных и насыпных грунтах выемки разрабатывают с креплением стенок.
3. При глубине выемки более 5 м крутизну откоса определяют расчетом.

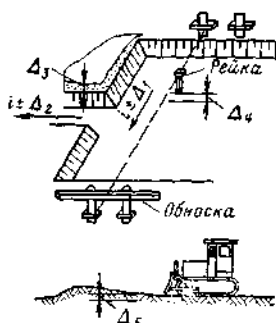
Процесс выполнения работ контролируют в объеме, предусмотренном картой технологии пооперационного контроля качества (рис. 15).

Сдачу работ производят по акту после выполнения исполнительной схемы котлована с нивелировкой. В акте указывают качество грунта на дне котлована, соответствие грунта данным изысканий, уровень грунтовых вод, фактическую несущую способность грунта, необходимость его искусственного закрепления. Подписывают акт исполнители, представители технадзора заказчика, авторского надзора и организации, испытывавшей грунт. Приемка готового котлована служит основанием для начала последующих работ.

Для разработки траншей применяют указанные в табл. 5 одноковшовые экскаваторы. Использовать роторные и другие многоковшовые экскаваторы неэкономично ввиду небольшой протяженности траншей.

¹ Крутизна откосов есть отношение его высоты к проекции на горизонтальную плоскость.

№ п/п	Контролируемые показатели	
1	Отклонения от проекта вертикальной планировки по уклонам спланированной территории	$\pm 0,001$
2	Отклонения от проекта вертикальной планировки по уклонам водоотводных канав	$\pm 0,005$
3	Отклонения от проекта вертикальной планировки по толщине слоя растительного грунта, %	± 10



№ п/п	Контролируемые показатели	
4	Отклонения отметок дна котлована под блоки сборных фундаментов от проектных, см	± 5
5	Недобор грунта при разработке котлованов при помощи землеройных машин, см	5—10

Рис. 15. Карта пооперационного контроля разработки котлованов и траншей

I	Основные процессы и операции, подлежащие контролю	Планировка откосов котлованов (траншей) без крепления стен	Разработка котлованов (траншей) с креплением стен	Зачистка дна котлована (траншей)	Разработка котлованов и траншей без крепления
II	Состав контроля (что проверяется)	Соответствие откосов требованиям СНиП III-8—75	1. Прочность крепления 2. Вид крепления	Соответствие отметок дна проектным	1. Соответствие отметок дна проектным. 2. Устойчивость откосов
III	Техническое оснащение контроля (чем проверяется)	Шаблон	1. Пробной нагрузкой. 2. По табл. СНиП III-8—75	ПУЛ (прибор управления лучом). Нивелир (НГ)	1. Нивелир (НГ) 2. По табл. СНиП III-8—75
IV	Вид контроля (режим и периодичность)	Пооперационный, периодический, выборочный	Выходной, периодический, выборочный		
V	Кто контролирует	Непосредственно	Мастер	Прораб	
		Надзор за контролем	Техническая инспекция		Технический надзор
		Привлекаемые подразделения	—	Строительная лаборатория	— Геодезическая служба
VI	Где регистрируются результаты контроля (исполнительная документация)	Исполнительная схема	Акт приемки открытых рвов и котлованов под фундаменты		

На углах поворота, в местах будущих колодцев устанавливают обноску, причем линия, соединяющая две соседние обноски, должна быть параллельна оси будущего трубопровода или лотка. Промежуточные точки определяют при помощи визирок. Разработку траншей начинают с нижней точки и ведут по уклону вверх. Траншеи разрабатывают лобовым забоем на себя с отвалом грунта в одну сторону.

Отвал грунта устраивают с соблюдением крутизны, обеспечивающей устойчивость откосов. Основание отвала должно быть не ближе 1 м от бровки траншеи. Для зачистки дна траншей применяют средства малой механизации. Отрывку траншей контролируют согласно карте пооперационного контроля (см. рис. 15).

По окончании отрывки траншей и подготовки ее для работ составляют акт.

Если проектом не оговорены специальные требования, обратную засыпку производят грунтом из отвалов. Работу выполняют бульдозерами, указанными в табл. 7, с уплотнением нижних слоев толщиной 150—200 мм электрическими трамбовками ИЭ-4503, ИЭ-4501, ИЭ-4502 производительностью соответственно 6, 10, 45 м³/ч и верхних слоев толщиной 0,5—0,6 м трамбовочными плитами. Влажность грунта для засыпки пазах должна быть 6—8%. Обратную засыпку контролируют согласно карте пооперационного контроля (рис. 16).

Подсыпки устраивают вместо слабонесущего естественного грунта или поверх его. Иногда подсыпку устраивают поверх мерзлого грунта с целью предохранения его от оттаивания в период эксплуатации сооружения. Подсыпку выполняют из связных грунтов, песка, песчано-гравийной смеси, щебня.

Подсыпки заменяют заглубленные фундаменты для блочных устройств, не связанных жестко с трубопроводами и имеющих возможность некоторых перемещений. Размеры в плане и мощность слоя подсыпки устанавливают по проекту.

При небольших объемах подсыпок для уплотнения применяют легкие, средние и тяжелые трамбовки — электрические и взрывного действия производительностью 40—350 м³ в смену. Толщина слоев и число про-

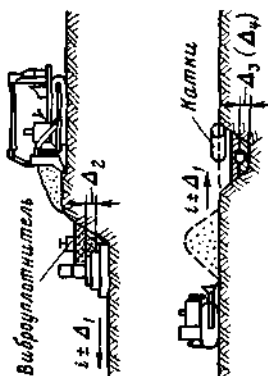


Рис. 16. Карта пооперационного контроля обратной засыпки

п/п	Контролируемые показатели
1	Уклон поверхности слоя не должен превышать, %: в поперечном направлении +5 в продольном направлении +10
2	Толщина слоя, уплотняемого виброуплотнителями, см 25 ÷ 60

I	Основные процессы и операции, подлежащие контролю	Засыпка па-зух и траншей	Уплотнение с помощью специальных приспособлений (машин)	Установление фактической плотности уплотняемого слоя	Разравнивание поверхности уплотняемого слоя	Полвка водой уплотняемого слоя
II	Состав контроля (что проверяется)	Грунт	Число проходов при уплотнении	Плотность грунта	Толщина слоя	Влажность грунта

III	Техническое оснащение контроля (чем проверяется)	Лабораторный анализ	Визуально	Радиометрический прибор (РВ-1)	Согласно требованиям СНиП III-8—75 Метр	Влагомер-плотномер Ковалева
IV	Вид контроля (режим и периодичность)	Входной, периодический, выборочный	Постоянный, постоянный, выборочный	Выходной, периодический, выборочный	Постоянный, периодический, выборочный	
V	Кто контролирует	Непосредственно	Прораб	Прораб	Мастер	
		Набзор за контролем	Технический надзор	Технический надзор	Техническая инспекция	
		Привлекаемые подразделения	Строительная лаборатория	Строительная лаборатория	—	
VI	Где регистрируются результаты контроля (исполнительная документация)	Журнал лабораторных исследований		Акт приемки скрытых работ выравнивающего слоя под фундаменты		

ходов уплотняющих машин зависят от вида грунта и способов его уплотнения (табл. 9).

Таблица 9

Число проходов или ударов по одному следу для получения плотности, близкой к оптимальной, для различных видов грунтов

Уплотняющие машины	Толщина уплотняе- мого слоя, м	Грунт		
		суглинок	супесь	песок
Прицепные кулачковые катки 5-тонные	0,25— 0,35	9	6	—
Моторные катки 5-тонные	0,15	10	7	—
То же, 10-тонные	0,25	8	6	—
Катки на пневматических шинах с балластом 10-тонные	0,15— 0,20	10	8	6
Прицепной вибрационный каток 3-тонный	0,4—0,6	6	5	4
Трамбовочная плита массой 1,5 т при разделке с высоты:				
1 м	0,65	5	4	3
2 м	0,9	3	2	1

Качество подсыпки контролируют путем лабораторного анализа плотности и влажности грунта.

Мерзлый грунт создает дополнительные сложности в производстве работ. Необходимость предохранения грунта от промерзания, рыхление или оттаивание его, ограниченность использования мерзлого грунта для обратной засыпки увеличивают трудоемкость и удорожают земляные работы. От промерзания грунт предохраняют поздней осенью после окончания дождливого периода (до наступления устойчивых заморозков) путем вспахивания его на глубину не менее 350 мм с последующим боронованием и утепления. Утепление производят слоем грунта (до 800 мм), натаскиваемого бульдозером по всей утепляемой площади. Большие площади утепляют, создавая искусственный снежный покров толщиной 1—1,5 м.

Рыхление мерзлого грунта взрывами выполняют при толщине его более 0,6 м. При глубине рыхления до 2 м используют простые и котловые шпury.

Глубина шпуров и скважин — 0,8—0,9 толщины мерзлого слоя; диаметр шпуров — 40—70 мм, диаметр скважин — 90—110 мм. Шпуров и скважины располагают в шахматном порядке. Шпуров глубиной до 1 м бурят электросверлами или перфораторами (ИЭ-470, 4702), при большей глубине применяют буровые машины БМ-276, БТС-60.

Техническая характеристика буровых машин

	БМ-276	БТС-60
Глубина бурения, м	2,0	2,0
Производительность за смену, м	120	270
Диаметр бура, мм	76	60
Расстояние между рядами шпуров, м	1,0	1,5
Расстояние между шпурами вдоль траншеи, м	0,6	1,0
База машины	Трактор Т-100М	Трактор АТ-54А
Удельное давление на грунт, кгс/см ²	0,8	0,7

Механическое рыхление грунта производят шаром или клином массой 2,5—4,5 т, подвешенным к стреле экскаватора-драглайна. Шар и клин рыхлят мерзлоту на 0,5—0,7 м. Для рыхления мерзлого грунта эффективно применение дизель-молота, оборудованного клином.

Режут мерзлый грунт дискофрезерными (ДФМ-16) цепными баровыми машинами (на цепном многоковшовом экскаваторе ЭТ-352).

Если нельзя применить механическое или взрывное рыхление, грунт размораживают. При достаточном обеспечении электроэнергией может быть применен электрообогрев грунта, для чего используют установки электропрогрева бетона ЭТБ-200 или сварочные трансформаторы. Возможен и бестрансформаторный прогрев. Электроды (стальные штыри диаметром 16—20 мм) забивают в мерзлый грунт, соединяют последовательно голым алюминиевым проводом (рис. 17). Электрическая цепь замыкается через талый грунт или по поверхности грунта, политой соляным раствором.

Высокая энергоемкость (12—40 кВтч/м³) и опасность работы с высоким напряжением ограничивают применение электрообогрева грунта.

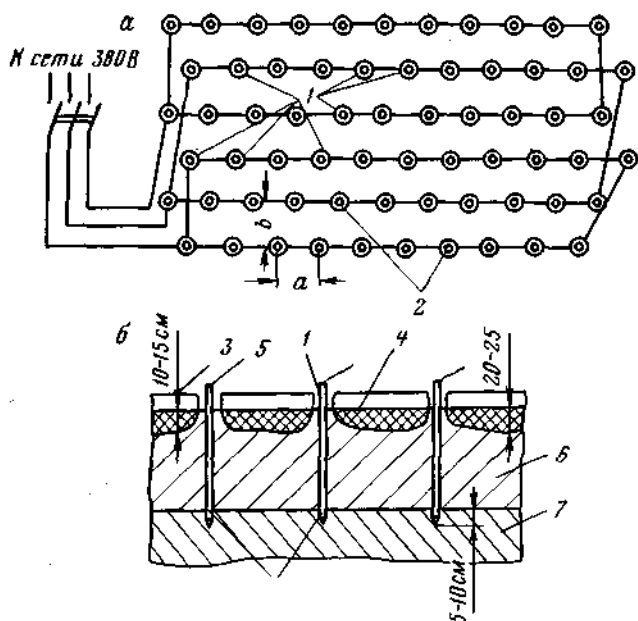


Рис. 17. Схема электрооттаивания грунта глубинными электродами;

a — план; *б* — разрез; 1 — проталина; 2 — электроды; 3 — снег; 4 — корка мерзлого грунта; 5 — провод; 6 — оттаянный грунт; 7 — талый грунт

ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ

На выполнение бетонных работ затрачивается 15—25% всех работ по возведению объекта. Объем бетонных работ сокращается по мере внедрения сборных конструкций и блочно-комплектного строительства.

Область применения монолитного бетона и железобетона — это отдельные фундаменты, бетонные подготовки и специальные сооружения типа опускных колодцев и отстойников в составе сооружений по очистке стоков и забору воды.

Заготовительные процессы (за исключением приготовления бетонной смеси) выполняются на заводах. В виде полуфабрикатов поступают на строительство ши-

ты опалубки, короба, арматурные заготовки и каркасы, складные детали.

Бетонную смесь обычно готовят на приобъектных установках.

Построечные процессы более трудоемки, чем заготовительные, и существенно влияют на сроки строительства.

Опалубочные работы заключаются в установке форм из инвентарных щитов или в исключительных случаях устройстве формы по месту. Для опалубочных работ применяют пиломатериалы 2—3-го сортов. В некоторых случаях для опалубки используют фанеру, листовую сталь, стеклопластик.

Наиболее рациональной является разборно-переставная опалубка. После использования форму разбирают, очищают, ремонтируют и собирают вновь. Примером инвентарной разборно-переставной опалубки является комплект металлических и дерево-металлических щитов с крепежными элементами «Монолит-72».

В состав комплекта опалубки входят щиты, поддерживающие элементы (схватки, фермы), крепления и приспособления для сборки панелей и производства бетонных работ (монтажные плацы, навесные площадки, стремянки). Щиты каркасной конструкции имеют сплошную палубу, выполненную из листовой стали толщиной 2 мм, досок толщиной 28 мм, древесностружечной плиты, фанеры или листового пластика по разреженному дощатому настилу. Каркас выполнен из уголка 63×40×4 мм. В ребрах каркаса предусмотрено минимальное число отверстий с шагом 100 мм для соединения щитов и крепления опалубки.

Опалубку устанавливают и закрепляют согласно разбивочным осям по заданным вертикальным отметкам. Крепление производят хомутами (деревянными или металлическими), клиньями, распорками. Крепление должно обеспечить жесткость формы при воздействии на нее укладываемого и свежееуложенного бетона с учетом работы вибраторов. Крепление мощных опалубочных форм разрабатывается в технологических картах в составе ППР. Опалубку и поддерживающие леса рассчитывают на вертикальные нагрузки (собственная масса, масса бетонной смеси, людей и транспортных средств, перемещающихся по опалубке, нагрузка, воз-

никающая при вибрировании смеси) и горизонтальные (боковое давление смеси, нагрузка от сотрясения при выгрузке смеси и вибрировании, нормативные ветровые). Помимо того учитывают нагрузки от сбрасывания бетонной смеси в опалубку.

Удельный расход материалов на опалубку нормируется «Производственными нормами расхода материалов» с учетом многократной (не ниже 5 раз) оборачиваемости щитов.

Процесс сборки опалубки контролируют пооперационно. Готовую опалубку проверяют согласно карте технологии пооперационного контроля качества. Установка опалубки считается законченной при подписании акта на ее приемку.

Арматурные работы на стройплощадке заключаются в установке готовых каркасов, укладке сеток и сборке каркасов из арматурных стержней. Монтаж арматуры производят укрупненными блоками.

При изготовлении небольших фундаментов готовые сетки укладывают на бетонную подготовку, для больших фундаментов используют пространственные каркасы.

Каркасы и арматурные стержни сваривают подвижными сварочными машинами. Стыки арматурных стержней диаметром более 10 мм можно сваривать ручной дуговой сваркой через накладки. Арматурные стержни диаметром более 25 мм сваривают ванной сваркой в медной или стальной форме, заполняемой расплавленным металлом.

Способы стыковки арматуры оговариваются в технологических картах в составе ППР. Установка арматуры производят с соблюдением зазоров от опалубки, обеспечивающих необходимый защитный бетонный слой. Установка арматуры контролируют согласно карте пооперационного контроля качества (рис. 18). По окончании работ составляют акт на приемку арматуры.

По окончании арматурных работ конструкция готова к бетонированию. Бетонную смесь готовят согласно выданным лабораторией составам. Она должна обладать необходимой удобоукладываемостью — свойством растекаться и заполнять форму под действием вибрации за определенное время (от 10 до 60 с) и с жесткостью до 80 мм осадки конуса.

п/п №	Контролируемые показатели
1	Отклонения расстояний между отдельными установочными рабочими стержнями, мм: для колонн, балок ±10 для плит, фундаментов ±30
2	Отклонения расстояний между рядами арматуры, мм: в балках ±20 в плитах ±5
3	Отклонения расстояний между хомутами, мм ±10
4	Отклонение в положении хомутов, мм ±10

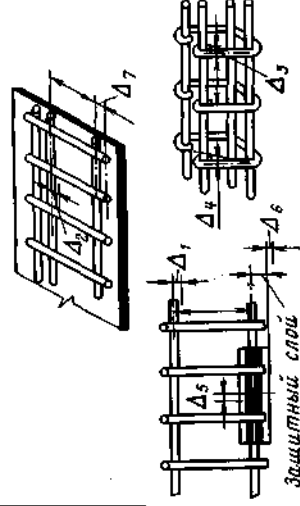


Рис. 18. Карта пооперационного контроля установки арматуры

п/п №	Контролируемые показатели
5	Отклонения в расположении стержней, мм в массивных конструкциях, мм ±25 ±50
6	Отклонения в отдельных местах в толщине защитного слоя, мм; в массивных конструкциях ±10 в колоннах и балках ±5
7	Отклонения расстояний между распределительными стержнями, мм: для плит ±3 для массивных конструкций ±25 ±40

I	Основные процессы и операции, подлежащие контролю	Установка арматуры из готовых сеток	Соблюдение размеров защитного слоя	Установка арматуры из каркасов	Сборка и установка каркасов вязанием	Стыкование на месте установки отдельных стержней и каркасов	Соединение стержней стальной арматуры в местах пересечения
II	Состав контроля (что проверяется)	1. Правильность установки сетки 2. Размеры сетки	Соответствие высоты защитного слоя проекту. Толщина подкладок и их расположение	1. Правильность установки осей 2. Положение осей	1. Расстояние между стержнями и хомутами 2. Положение хомутов	1. Качество стыков и способ сварки. 2. Диаметр арматуры	1. Диаметр арматуры 2. Прочность крепления и правильность взаимного расположения
III	Техническое оснащение контроля (чем проверяется)	1. Визуально 2. Метр стальной		1. Линейка стальная 2. Визуально		1. Штангенциркуль 2. Гидравлический пресс	1. Штангенциркуль 2. Визуально
IV	Вид контроля (режим и периодичность)	Пооперационный, периодический, сплошной	Пооперационный, постоянный, сплошной	Пооперационный, периодический, сплошной	Выходной, периодический, выборочный	Пооперационный, периодический, выборочный	

V	Кто контролирует	Непосредственно	Мастер	Бригадир	Мастер	Прораб	Мастер
		Надзор за контролем	Технический надзор				Техническая инспекция
		Привлекаемые подразделения	—	—	—	Строительная лаборатория	
V	Где регистрируются результаты контроля (исполнительная документация)	Акт приемки установленной арматуры				Журнал сварочных работ	

Конструкции, подвергающиеся динамическим нагрузкам, бетонируют без перерывов. В остальных конструкциях места рабочих швов указывают в технологической карте ППР. Рабочие швы намечают в местах, где они не могут отрицательно влиять на прочность конструкции. При возобновлении бетонирования поверхность старого бетона очищают от цементной пленки и промывают. На старый бетон наносят слой 20—30 мм цементного раствора того же состава, что и бетон, после этого возобновляют бетонирование.

Для точной установки анкерных болтов применяют металлические кондукторы индивидуальной разработки.

Для уплотнения уложенной бетонной смеси применяют вибрирование. Характеристики вибраторов приведены в табл. 10 и 11.

Таблица 10

Техническая характеристика электромеханических глубинных вибраторов с гибким валом

Показатели	ИБ-47 (С-922)	ИБ-66	ИБ-75	ИБ-67
Наружный диаметр вибронаконечника, мм	76	38	28	51
Частота колебаний, 1/мин	20 000	20 000	20 000	16 000
Длина рабочей части, мм	440	360	400	410
Напряжение, В	36	36	36	36
Масса, кг	39	26	20	29

Таблица 11

Техническая характеристика пневматических глубинных вибраторов

Показатели	С-697 (ИБ-13)	С-698 (ИБ-14)	С-699 (ИБ-15)	С-700 (ИБ-16)
Наружный диаметр, мм	34	50	75	110
Длина рабочей части, мм	315	315	375	480
Частота колебаний, 1/мин	2800— 18 000	2400— 18 000	2000— 16 000	1500— 14 000
Рабочее давление воздуха, кгс/см ²	4—6	4—6	4—6	4—6
Масса, кг	3,5	5,5	11	20

Уплотнение бетонной смеси с одной позиции при внутреннем вибрировании длится 15—30 с, при поверхностном — 20—50 с. Признаками достаточности вибрирования служат прекращение осадки бетонной смеси и появление цементного молока на поверхности. При внутреннем вибрировании бетонную смесь укладывают слоем толщиной 1,25 длины рабочей части вибратора, при поверхностном вибрировании — слоем 250 мм (в конструкциях с одиночной арматурой или неармированных) и слоем 120 мм (в конструкциях с двойной арматурой).

Прочность бетона существенно зависит от условий твердения и ухода за бетоном. Уход за бетоном заключается в поддержании оптимальных температурно-влажностных условий его твердения. В летнее время бетон защищают от солнца и ветра, укрывая матами, мешковиной, опилками, и поливают водой. Бетон на портландцементе при температуре выше 15°C поливают в течение первых семи суток, на глиноземистом цементе — трех суток, на прочих цементах — 14 суток. Первые трое суток бетон поливают через каждые 3 ч, а в последующие дни — не реже 3 раз в сутки.

Опалубку снимают по достижении бетоном следующей прочности (% от проектной):

Фундаменты и массивы	50
Плиты пролетом до 1 м	50
Плиты пролетом 2—8 м	70
Балки и прогоны пролетом до 8 м	70

Контроль качества ведется на всех этапах выполнения работ. На месте изготовления бетона лаборатория проверяет состав смеси, продолжительность перемешивания, подвижность смеси (не реже 2 раз в смену). На месте укладки отбирают контрольные образцы (кубы 300×300×300 и 150×150×150 мм) по следующей норме:

Массивы	Три образца на каждые 100 м ³
Фундаменты под оборудование	То же, на каждые 50 м ³ , но не менее трех образцов на один фундамент
Каркасные конструкции	Три образца на каждые 20 м ³

При бетонировании ведут специальный журнал, в котором указывают даты начала и конца бетонирования, марку бетона, состав смеси, водо-цементное отношение, температуру смеси, температуру воздуха, дату изготовления контрольных образцов.

Бетонные работы в зимних условиях. Существует две группы способов ведения бетонных работ зимой.

В первой группе создаются необходимые температурно-влажностные условия твердения бетона обычного состава. Во второй изменяется состав бетона путем введения химических добавок, ускоряющих схватывание и снижающих температуру замерзания воды затворения.

К первой группе способов относятся метод термоса, электропрогрев, паропрогрев забетонированных конструкций. Метод термоса применяют для массивных конструкций, имеющих модуль поверхности не более 5 (модуль поверхности $M_n = F/V$, где F — охлаждаемая поверхность конструкции, m^2 ; V — объем конструкции, m^3). Если применяется быстротвердеющий цемент марок 500—600, метод термоса можно использовать для конструкций с модулем поверхности 6—10.

Метод термоса заключается в том, что твердение бетона, уложенного на открытом воздухе и утепленного, происходит за счет тепла, внесенного при его приготовлении и выделяемого цементом при твердении. Причем количество тепла и утепление должны быть достаточными, чтобы он успел приобрести необходимую для опалубки прочность до того, как температура в конструкции снизится до 0° (табл. 12).

Утепление конструкции рассчитывается и проектируется для зимнего периода в ППР. В качестве утеплителей применяют опилки древесные, соломит, камышит, шлак, сухой песок и др.

Для конструкций с модулем поверхности от 5 до 20 применяют электродный электропрогрев напряжением 50—100 В через понижающие трансформаторы. Электроды применяют поверхностные (нашивные и плавающие) и внутренние (стержневые и струнные). Нашивные электроды крепят к внутренней поверхности опалубки через 100—200 мм, плавающие втапливают на 20—30 мм в свежий бетон на открытой поверхности. Стержневые электроды делают из арматурной

Таблица 12

Относительная прочность бетона на портландцементе в зависимости от продолжительности твердения при различных температурах (% от R_{28})

Марка портланд-цемента	Продолжительность твердения, сут	Средняя температура твердения, °C						
		1	5	10	15	20	25	30
500	3	17	22	29	34	42	47	52
	5	26	34	40	47	57	64	69
	7	35	43	52	61	68	75	78
	10	46	55	65	75	82	87	91
	15	57	70	80	89	99	—	—
	28	75	86	95	100	—	—	—
400	3	14	21	30	37	45	52	58
	5	21	30	38	47	56	63	69
	7	27	37	47	55	64	72	77
	10	36	47	57	67	75	83	88
	15	49	60	72	83	92	97	—
	28	70	80	91	100	—	—	—

стали диаметром 6—10 мм и погружают в бетон. Расстояние между электродами — 200—250 мм при начальном напряжении до 65 В и 300—400 мм — при более высоких напряжениях прогрева. Прогрев начинают с напряжения 60 В, затем постепенно доводят до 100 В.

Режим прогрева выбирают и рассчитывают в ППР для каждой конструкции по типовым режимам (рис. 19).

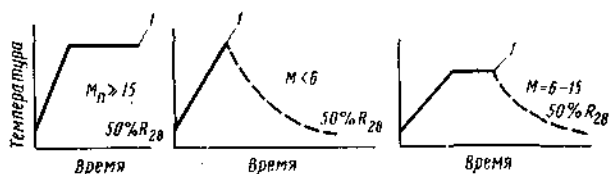


Рис. 19. Типовые режимы электропрогрева бетона:

I — момент отключения тока

Предельная температура прогрева определяется в зависимости от модуля поверхности и вида цемента (табл. 13).

Таблица 13

Предельная температура прогрева ($^{\circ}\text{C}$)

Вид и марка цемента	6—9 ч	10—15 ч	16—20 ч
Шлакопортландцемент 300—500	80	65	50
Пуццолановый 300—400	80	65	50
Портландцемент 300—500	70	60	50
БТЦ 500—600	65	55	40

Широко применяют химические добавки в бетон, позволяющие вести работы при отрицательных температурах воздуха.

Химические противоморозные добавки в бетон по принципу их действия делятся на три группы:

1) понижающие температуру замерзания жидкой фазы бетона (хлорид натрия, многоатомные спирты и др.);

2) добавки, обладающие слабыми антифризными свойствами, но являющиеся сильными ускорителями твердения бетона (имеют ограниченную температуру применения);

3) добавки, совмещающие в себе способность к сильному ускорению твердения и хорошие антифризные свойства (смесь хлорида кальция с хлоридом или нитридом натрия, хлорное железо, поташ, ННХКМ и др.).

Количество добавок определяют в зависимости от температуры твердения бетона (табл. 14).

Бетоны с противоморозными добавками не разрешается применять в изгибаемых конструкциях пролетом или длиной более 6 м, конструкциях, подверженных динамическим нагрузкам, работающих при переменном уровне грунтовых вод, эксплуатируемых во влажной среде.

Все работы по контролю устройства монолитных железобетонных и бетонных конструкций выполняются согласно картам пооперационного контроля качества.

Законченные, распалубленные конструкции принимают по акту, в котором указывают соответствие конструкции проекту и отклонения от проекта. Акт дает

Таблица 1

Рекомендуемые количества добавок в зависимости от расчетной температуры твердения бетона

Расчетная температура твердения бетона, °С	Общее количество добавок, % от массы воды затворения				
	НКТ (нитрит-нитрат кальция)	ННХК (нитрит-нитрат-хлорид кальция)	нитрит натрия + хлорид кальция	ННХКМ (нитрит-нитрат-хлорид кальция с мочевиной)	поташ
От 0 до -5	10	8	8	8	5—6
» 6 » 10	16	15	16	16	6—8
» 11 » 15	—	20	20	20	8—10
» 16 » 30	—	20	26	26	12—15

право на проведение последующих работ. Комплекс требований к производству бетонных работ указан в СНиП III-15—76 «Монолитные железобетонные конструкции. Правила производства и приемки работ».

ТЕХНОЛОГИЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

Стоимость свайных работ составляет до 10% сметной стоимости строительно-монтажных работ по НПС и КС.

Свайные фундаменты сооружают под основные и вспомогательные объекты и отдельно стоящие установки в тех случаях, когда естественное основание имеет недостаточную несущую способность. Сваи по типу работы разделяются на стойки и висячие. Сваи-стойки опираются на скальные или другие грунты высокой прочности, передают на это основание через свое острие нагрузку сооружения. Висячие связи передают нагрузку от сооружения через силу трения боковых поверхностей о грунт. В работе участвует вся толща грунта, прорезанного свайей.

В строительстве применяют железобетонные (напряженно армированные и с обычной арматурой) и стальные сваи. В качестве основания сооружений применяют, как правило, железобетонные сваи. В агрессивных грунтах используют напряженно армированные сваи с повышенной трещиностойкостью и плотностью бетона.

Применение свай вместо сложных фундаментов позволяет снизить трудоемкость работ на 20—30% и повысить уровень механизации работ.

В кусте свай располагают с соблюдением нормы проектных расстояний между ними.

Свай-стойки погружают до проектной отметки, определяемой по геологическому разрезу площадки, исходя из глубины залегания несущего грунта. Висячие свай погружают до получения расчетного отказа (отказом называют величину погружения свай от одного удара, вычисленную как средняя величина погружения от залога в 10 ударов) или до достижения расчетной несущей способности свай. Обычно несущую способность определяют по формуле Н. М. Герсезавова.

$$P_{\text{пр}} = \frac{nF}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4QH}{nFe} \frac{Q + 0,2q}{Q + q}} - 1 \right) m,$$

где n — коэффициент, зависящий от материала свай и способа погружения; для деревянных свай $n=100$ т/м², для железобетонных свай с наголовником $n=150$ т/м², для стальных свай с наголовником $n=500$ т/м²; F — площадь поперечного сечения свай, м²; e — отказ, см; Q — масса ударной части молота, т; H — расчетная высота падения ударной части молота, м; q — масса свай с подбабком, т.

Несущую способность свай определяют по результатам добивки свай после «отдыха» длительностью 6 суток для глинистых грунтов и 3 суток для песчаных грунтов. Отказы определяют нивелированием с точностью до 1 мм.

Работы начинают с геодезической разбивки мест расположения свай. Для этого на обноске намечают оси рядом и натягивают проволоку. Перекрестье осей отвесом своят на поверхность земли и точку закрепляют деревянным колышком. В песчаных грунтах применяют рядовую схему забивки — свай забивают последовательно в каждом ряду, в глинистых — спиральную схему — свай забивают начиная с центра свайного поля к периферии. При секционной схеме всю площадь разбивают на секции, внутри каждой секции забивают свай через ряд, затем в пропущенных рядах.

Дизель-молот выбирают исходя из массы свай так, чтобы масса ударной части превосходила массу свай с наголовником (табл. 15).

Таблица 15

Характеристика дизель-молотов

Показатели	Штанговые дизель-молоты			
	С-254	С-222	С-268	С-330
Масса ударной части, т	0,6	1,2	1,8	2,6
Число ударов в 1 мин	50—60	50—60	50—60	50—60
Высота подъема ударной части, м	1,5—1,8	1,6—1,7	1,8—2,1	2,3—2,6
Диаметр цилиндра, мм	200	250	280	340
Расход топлива, л/ч	2,5	5,0	6,0	10,0
Масса молота, т	1,4	2,2	3,1	4,2
Высота, м	3,15	3,3	3,82	4,54

Продолжение табл. 15

Показатели	Трубчатые дизель-молоты			
	С-857	С-858	С-859	СО-124
Масса ударной части, т	0,6	1,25	1,8	2,5
Число ударов в 1 мин	43—45	43—45	43—45	43—45
Высота подъема ударной части, м	2,3—3,0	2,3—3,0	2,3—3,0	2,3—3,0
Диаметр цилиндра, мм	230	300	345	400
Расход топлива, л/ч	2,5	5,5	7,5	—
Масса молота, т	1,2	2,3	3,4	5,0
Высота, м	4,0	3,8	4,0	4,0

Дизель-молот навешивают на специальную копровую установку или на экскаватор со сменным копровым оборудованием (табл. 16).

Забивку свай производят в следующем порядке. Копровую установку с молотком ставят в горизонтальное положение, молот поднимают и закрепляют в верхнем положении, сваю копровой лебедкой поднимают, заводят в наголовник и устанавливают вертикально (или с заданным углом) точно на место забивки. После погружения сваи на 1 м молот сбрасывают с расчетной высоты. Забивку ведут сериями ударов залогом вначале по 20—90 ударов, а при приближении к

Таблица 16

Характеристика копровых установок

Марка	Производительность, число забитых свай за смену	Высота стрелы, м	Масса установки, т	Удельное давление на грунт, кгс/см ²	База установки	Максимальная масса свай, т
С-880	18	8,0	23,0	0,9	Э-657	2,5
УСА	20	10,0	21,0	0,9	К-104	3,0
С-878	25	13,0	20,6	0,7	Т-100, МГП	2,5
С-870	25	13,5	18,0	0,7	Т-100М	5,5

проектной отметке — 10 ударов. Погружение свай от каждого залога измеряют и заносят в специальный журнал.

Для погружения свай в несвязных грунтах эффективно применение вибропогружателей (табл. 17). После вибропогружения свай в глинистый грунт необходима добивка ее дизель-молотом.

Пооперационный контроль качества забивки свай ведут согласно карте контроля (рис. 20).

По окончании забивки свай срубают под отметку и делают исполнительный план свайного поля. На плане свай нумеруют в соответствии с журналом бойки. Отмечают отклонение каждой свай от проектного поло-

Таблица 17

Техническая характеристика вибропогружателей и вибромолотов

Показатели	Вибропогружатели				
	ВП-1	ВП-2	ВП-2	ВП-3	С-834
Масса ударной части, т	—	—	—	—	0,65
Частота колебаний за 1 мин	420	450	1500	408	—
Частота ударов за 1 мин	—	—	—	—	480
Мощность, кВт	60	22	40	100	9
Масса, т	4,5	2,0	2,2	8,0	0,9

Продолжение табл. 17

Показатели	Вибромолоты					
	С-835	С-836	С-838	ММ-74	ВМ-9М	С-457
Масса ударной части, т	0,70	1,35	3,50	0,65	0,70	1,90
Частота колебаний за 1 мин	—	—	—	—	—	—
Частота ударов за 1 мин	480—720	480	480	1440	720—1440	480
Мощность, кВт	14	28	50	15	28	40
Масса, т	1,1	2,5	5,5	1,3	1,7	5,5

жения в обоих направлениях. На основании журнала и исполнительного плана составляют акт на приемку свайного основания, дающий право вести работы по устройству ростверков.

Особенности выполнения свайных работ в зимнее время. При глубине промерзания до 0,5 м сваи забивают дизель-молотом массой ударной части 1,8 т. При большей мощности мерзлого слоя необходимо протавивание скважин обычными способами или бурение лидерных скважин. Для бурения лидерных скважин применяют самоходные машины БМ-157-1,3, БКМТ-1,2/3,5, БКГМ-66-2.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В практике строительства утвердились следующие основные методы монтажа: поэлементный, укрупненными элементами, пространственными блоками, объемными строительно-технологическими блоками.

Поэлементный монтаж заключается в подаче, установке и креплении отдельных элементов к ранее смонтированным конструкциям.

Монтаж укрупненными элементами — это сборка больших плоских конструктивных элементов, укрупненных перед подъемом. Применяется при монтаже составных балок, ферм и стенового заполнения.

п/п №	Контролируемые показатели	
	3	4
	Расстояние в свету от сваи до края роста верка, см	>5
	Отказ	≤ Расчет

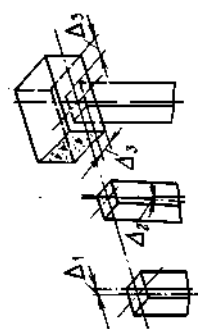


Рис. 20. Карта пооперационного контроля завивки свай

п/п №	Контролируемые показатели	
	1	2
	Отклонение от проектного положения, см	$\pm 0,4$
	Тангенс угла отклонения продольной оси сваи от проектного положения	$\leq \frac{1}{100}$

I	Основные процессы и операции, подлежащие контролю	Установка свай	Забивка (погружение)	
II	Состав контроля (что проверяется)	Центровка, вертикальность	Вертикальность, отказ	Приемка готовой продукции
III	Техническое оснащение контроля (чем проверяется)	Визуально, отвес	Теодолит ТТ-4, нивелир НН, рулетка	

IV	Вид контроля (режим, периодичность)	Постоянный, сплошной	Пооперационный, постоянный, сплошной	Приемочный (выходной), сплошной периодический
V	Непосредственно	Исполнитель	Бригадир	Прораб
	Надзор за контролем	—	Технадзор заказчика. Техническая инспекция	Технадзор заказчика
	Привлекаемые подразделения	—	—	Геодезическая служба
VI	Где регистрируются результаты контроля (исполнительная документация)	Общий журнал работ	Журнал забивки свай	Исполнительная схема. Акт приемки свайного фундамента

Кто контролирует

Монтаж пространственными блоками, собираемыми на строительной площадке, применяется при сборке блоков из ферм покрытия и др.

Монтаж объемными строительно-технологическими блоками и узлами применяется в тех случаях, когда на площадку поставляется технологическое оборудование, смонтированное в блок-боксах.

По точности установки монтажных элементов методы монтажа классифицируются следующим образом:

свободный монтаж, когда монтируемый элемент подвешен к крюку крана; метод трудоемок и не обеспечивает точности;

ограниченно свободный, когда свобода движения элемента частично ограничивается оснасткой, фиксаторами;

полупринудительный, когда свобода движения элемента на стадии установки ограничивается кондукторами, манипуляторами;

принудительный, когда свобода движения элемента ограничивается по всему циклу монтажа; этот метод обеспечивает наибольшую точность и наилучшие возможности для автоматизации и дистанционного управления.

Для монтажа применяют мобильные и башенные краны. При выборе крана учитывают грузоподъемность, высоту крюка, вылет стрелы.

Стальной каркас зданий НПС и КС монтируют пространством жесткими блоками. Разбивочные оси стальных конструкций закрепляют на металлических деталях, забетонированных в теле фундаментов; колонны закрепляют на фундаментах анкерными болтами. До монтажа колонн фундаменты должны быть приняты по акту и составлена исполнительная схема (плановая и высотная) расположения фундаментов.

Вначале монтируют шесть колонн (по три в ряду), выверяют их и закрепляют, монтируют вертикальные связи по колоннам (если ячейка не связана по проекту, связи ставятся временные), подкрановые балки, фермы. Такая ячейка обладает пространственной жесткостью. При добавлении к ней последующих элементов жесткость сохраняется.

В настоящее время применяют две схемы монтажа компрессорных цехов. По одной из них производится

раздельный монтаж элементов каркаса, покрытия, стенового заполнения.

При внедрении блочно-комплектной поставки всех конструкций более рациональна вторая схема, при которой осуществляется параллельный монтаж каркаса, покрытия и стенового заполнения. Причем пока идет монтаж колонны очередной ячейки цеха, на стеллажах в зоне крана собирают блок из двух ферм и блок из стеновых асбестоалюминиевых панелей вместе с оконным заполнением. При этом кран движется внутри пролета и ведет монтаж «на себя». Такая схема предпочтительна, так как за монтажной бригадой остается полностью готовая ячейка цеха, где можно вести кровельные работы и работы внутри цеха по устройству фундаментов, каналов и полов. Но для этого требуется более тщательная геодезическая подготовка и хорошо налаженная подача конструкций, ибо оставленные недоработки трудно выполнять.

Для безопасности работы на высоте применяют полуавтоматические и автоматические стропы, позволяющие освобождать монтируемый элемент без подъема на высоту.

Монтируемые элементы крепят болтами и прихваткой электросваркой. Грузозахватные приспособления снимают только после монтажного закрепления элементов.

При сборке стальных конструкций необходимо соблюдать следующее:

а) монтаж ряда колонн начинать с той панели, в которой расположены продольные связи колонн, и после установки первой пары колонн раскреплять их проектными связями или между колоннами первой пары устанавливать временные связи;

б) установленные на фундаменты колонны до расстропки прочно закреплять анкерными болтами;

в) в колоннах высотой до 15 м с узкими башмаками, закрепляемых в фундаментах четырьмя или двумя анкерными болтами, кроме затяжки анкерных болтов до раскрепления их связями устанавливать расчалки в плоскости наименьшей устойчивости;

г) устанавливать связи по колоннам и подкрановые балки вслед за монтажом очередной колонны;

д) монтаж перекрытия начинать со связевой панели, устанавливая и закрепляя вслед за первой парой ферм в этой панели все горизонтальные и вертикальные связи, прогоны, а также плиты покрытия;

е) установку прогонов, горизонтальных и вертикальных связей крупнопанельных железобетонных плит производить в каждой панели перекрытия вслед за установкой и выверкой каждой очередной стропильной фермы или несущей балки.

Выверку подкрановых балок и путей следует производить после выверки и закрепления конструкций основного каркаса здания.

Применение унифицированного стального каркаса цехов, разработанного ЭКБ Миннефтегазстроя, позволяет использовать новый метод монтажа. Унифицированный каркас представляет собой раму с жесткими верхними узлами, выполненную из сплошностенчатых двутавров. Верхние жесткие узлы дают возможность монтировать раму целиком. Технологическая последовательность монтажа такая:

1) сооружают и выверяют горизонтальный стеллаж-кондуктор для сборки поперечной рамы цеха; стеллаж располагают в зоне монтажного крана, способного смонтировать раму целиком;

2) элементы рамы — колонны и ригель вкладывают в кондуктор, узлы сопряжений собирают и крепят в соответствии с проектом;

3) раму при помощи специальной траверсы поднимают и устанавливают на предварительно выверенные фундаменты, закрепляют анкерными болтами;

4) в соответствии с приведенными выше правилами раму временно или постоянно раскрепляют связями;

5) монтируют подкрановые балки;

6) монтируют конструкции покрытия.

При блочно-комплектном методе изменяется технология монтажа конструкций. При обычных конструкциях, как сказано выше, монтажный кран выбирают исходя из массы наиболее тяжелого элемента или из условия монтажа наиболее неудобного элемента; кран в основном работает с недогрузкой по мощности. В блочных объектах масса наиболее тяжелого элемента иногда в 100 раз больше средней массы всех остальных элементов, но число наиболее тяжелых элементов мало.

Выбор крана по массе самых тяжелых элементов приводит к необходимости доставлять на строительную площадку мощную технику, такую, что ее доставка может оказаться более сложной, чем доставка и монтаж блоков. Поэтому для блочных сооружений разрабатывают бескрановые способы монтажа тяжелых элементов, основанные на применении монтажных лебедок, домкратов и такелажной оснастки. Одна из разновидностей такого приспособления — прицеп, совмещающий функции перевозки блоков и монтажа их на фундаменте (разработан для условий Тюменской области в Гипротюменнефтегазе).

Соединения стальных конструкций выполняют электросваркой, болтами нормальной точности, высокопрочными болтами. Число, размеры и длину прихваток в монтажных сварных соединениях, воспринимающих монтажные нагрузки, определяют расчетом. В сварных соединениях, не воспринимающих монтажных нагрузок, длина прихваток должна быть не менее 10% длины проектных сварных швов, но не короче 50 мм.

При установке высокопрочных болтов гайки затягивают до расчетного натяжения специальными тарированными ключами (тарировка проверяется дважды в смену). Натяжение гаек производят в очередности от середины соединения к краям. Гайки, затянутые до заданного крутящего момента, дополнительно ничем не закрепляют. Натяжение болтов контролируют выборочной проверкой 25% болтов. Результаты проверки заносятся в журнал по постановке болтов. Головки проверенных болтов окрашивают. Точность монтажа стальных конструкций должна соответствовать следующим нормативным допускам.

Колонны

Отклонение опорной поверхности колонн по высоте, мм	±5
Смещение осей колонн относительно разбивочных осей (в нижнем сечении), мм	±5
Отклонение оси колонны от вертикали в верхнем сечении, мм:	
при высоте колонны до 15 м	15

при высоте колонны более 15 м	0,001 высоты колонны, но не более 35 мм
Стрела прогиба (кривизна) колонны	1/750 высоты колонны, но не более 15 мм

Фермы, ригели, прогоны

Отклонение отметок опорных узлов ферм и ригелей, мм	± 20
Стрела прогиба (кривизна) между точками закрепле- ния участка сжатого поя- са из плоскости фермы, ригеля или балки	1/750 величины закреп- ленного участка, но не более 1,5 мм
Отклонение расстояний меж- ду осями ферм по верхне- му поясу, мм	± 15
Отклонение расстояния меж- ду прогонами, мм	± 5

Подкрановые пути

Отклонение расстояния меж- ду осями подкрановых рельсов одного пролета, мм	± 10
Смещение оси подкранового рельса с оси подкрановой балки, мм	15
Отклонение оси подкраново- го рельса от прямой, мм	15 на длине участка 40 мм
Разность отметки головки рельсов в одном разрезе пролета здания, мм:	
на опорах	15
в пролете	20
Разность отметок подкрано- вых рельсов на соседних колоннах, мм:	
при $A > 10$ м	1/100 A
при $A < 10$ м	10
(A — расстояние между колоннами)	
Взаимное смещение торцов смежных подкрановых рельсов, мм:	
при высоте	2
в плане	2

Принимают смонтированные конструкции сооружения после окончательного их закрепления по проекту с оформлением акта. При этом предъявляют следующие документы:

- а) детализовочные чертежи конструкций;
- б) заводские сертификаты на поставленные конструкции;
- в) документы о согласовании допущенных отступлений от проекта; согласованные отступления должны быть отмечены на чертежах КМД;
- г) акты приемки скрытых работ;
- д) документы (сертификаты и др.), удостоверяющие качество входящих в состав конструкций сталей, метизов, электродов, электродной проволоки и других сварочных материалов;
- е) данные о результатах геодезических замеров при проверке разбивочных осей и установке конструкций;
- ж) журналы работ;
- з) описи удостоверений (дипломов) о квалификации сварщиков, выполнявших сварку при монтаже, с указанием личных знаков.

Все контрольные операции при монтаже сведены в карты пооперационного контроля (рис. 21).

ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

Блочно-комплектный метод строительства НПС и КС дает возможность сократить объем отделочных работ. Из работ, обычно включаемых в отделочные (штукатурные, малярные, тепло- и шумоизоляционные), в наибольшей степени сокращаются штукатурные и малярные. При этом изменяется их назначение. Штукатурка с последующей покраской применяется для создания защитных покрытий конструкций в тех местах, где это покрытие не может быть нанесено на заводе. В общем объеме отделочных работ все большая доля приходится на тепло- и шумоизоляционные работы.

Теплоизоляционные покрытия наносят на трубопроводы системы отопления и технологические трубопроводы. Теплоизоляция трубопроводов теплотрассы выполняется в заводских условиях с применением битумоперлита и битумокерамзита (табл. 18, 19).

Таблица 18

Техническая характеристика битумоперлитовой изоляции

Показатели	Прокладка трубопроводов	
	бесканальная и в непроходных каналах, группа I	в техническом подполье и проходных каналах, группа II
Марка применяемого битума	БН-IV и БН-III, V	БН-V
Расход битума, кг/м ³	120—140	80—100
Материал для наклейки кровельного слоя	БЛК	Жидкое стекло
Цвет кровельного слоя	Черный	Зеленый или белый
Объемная масса изоляции, кг/м ³	600	400
Предел прочности при $t=20^{\circ}\text{C}$, кгс/см ² :		
на сжатие, не ниже	6	4
на растяжение при изгибе, не ниже	2	2
Коэффициент теплопроводности при $t=20^{\circ}\text{C}$, ккал/м·ч·°C	0,115	0,08
Водопоглощение за 24 ч, не выше, об. %	2	5

Таблица 19

Техническая характеристика битумокерамзитовой гидрофобной изоляции

Показатели	Марка теплоизоляции	
	БК-500	БК-600
Объемная масса в сухом состоянии, кг/м ³	500	600
Предел прочности в конструкции при $t=+20^{\circ}\text{C}$, кгс/см ² :		
на сжатие	10	20
на растяжение при изгибе	3	5
Водопоглощение за 24 ч, об. %	8—10	3—6
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии при $t=-20^{\circ}\text{C}$, ккал/м·ч·°C	0,115	0,125
Удельная теплопроводность, ккал/м·°C	0,36	0,37
Морозостойкость, циклов	25—30	25—30

Стыки уложенных труб изолируют на месте соответствующей массой. Битумоперлитовую смесь готовят в лопастной растворешалке закрытого типа. Соотношение битума и перлитового песка по объему от 1:6 до 1:9 (табл. 20).

Таблица 20

Состав мастик для битумоперлитовой изоляции

Объемная масса битумоперлитовой изоляции, кг/м³	Соотношение битум : перлитовый песок, кг/м³	Объемная масса перлитового песка, кг/м³	Расход на 1 м² готовой изоляции	
			битума, кг	перлитового песка, м³
350	1:7	80	225	1,6
350	1:8	80	210	1,7
360	1:8	100	200	1,6
400	1:7	120	220	1,6
450	1:7	140	230	1,6

Для битумоперлита БП-350 применяют перлитовый песок объемной массой до 120 кг/м³, а для битумоперлита БП-450 — песок объемной массой более 120 кг/м³.

Битумокерамзитовая изоляция составляется в соотношении битума к керамзиту и к пористым добавкам 1:2,35:0,177. Приготовление смеси аналогично приготовлению битумоперлитовой мастики.

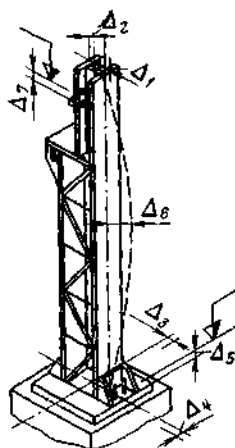
Подлежат теплоизоляции следующие технологические трубопроводы КС: всасывающий; наружной обвязки нагнетателя; от компрессора к воздухоподогревателю; сброса воздуха; обвязки промежуточного воздухоохладителя; от воздухоподогревателя к камере сгорания; камера сгорания, выхлопной газопровод, короб воздухоподогревателя и воздухоподогреватель. Трубопроводы имеют сложную пространственную конфигурацию, их диаметры — от 300 до 1400 мм, сечение круглое и прямоугольное.

Теплоизоляционные конструкции состоят из следующих элементов:

- 1) основной теплоизоляционный слой;
- 2) покровный слой, предохраняющий основной теплоизоляционный слой от атмосферных осадков, механических повреждений, воздействия агрессивных сред

МОНТАЖ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН

№ п/п	Контролируемые показатели	
1	Отклонение расстояния между осями верхних ветвей колонн, мм	± 15
2	Отклонение осей колонн от вертикали в верхнем сечении, мм	15
3	Смещение осей колонн относительно разбивочных осей в нижнем сечении вдоль оси сооружения	± 5
4	Смещение осей колонн относительно разбивочных осей в нижнем сечении поперек оси сооружения	± 5



№ п/п	Контролируемые показатели	
5	Отклонение опорной поверхности колонн (в нижнем сечении) по высоте, мм	± 5
6	Стрела прогиба (кривизна) колонн, мм	15
7	Отклонение в верхней ветви колонн отметок опорных узлов ферм или ригелей, мм	± 20

Рис. 21. Карта пооперационного контроля монтажа стальных колонн каркаса

1	Основные процессы и операции, подлежащие контролю	Проверка разбивочных осей для монтажа колонн	Проверка соответствия проекту опорных поверхностей и закрепленных деталей	Проверка соответствия проекту линейных размеров	Подготовка колонн к монтажу	Очистка сопрягающихся поверхностей. Антикоррозийная защита	Наводка отверстий при сборке	Инструментальная проверка; окончательная выверка и закрепление	Окончательное закрепление постоянных болтов и гаек
11	Состав контроля (что проверяется)	Осевые знаки 1. Оси 2. Реперы	Точность установки анкеров и опорных плит	Наличие повреждений. Фактические размеры площадок, длина	Нанесение рисок, мест стропки, центров тяжести	Качество очистки. Наличие антикоррозийной защиты	Точность форм и размеров отверстий. Качество инструментов	Точность установки. Устойчивость элемента	Усилие затяжки. Комплектность болтов и гаек

III	Техническое оснащение контроля (чем проверяется)	1. Теодо- лит (ТТ-4) 2. Нивелир (НГ)	Метр стальной. Шаблон	Метр стальной. Шаблон. Визуально	Метр стальной. Шаблон	Визуально	Метр стальной. Штангенцир- куль	1. Теодолит (ТТ-4) 2. Пробная нагрузка	Гачный ключ с динамо- метром
IV	Вид контроля (режим и периодич- ность)	Входной, периоди- ческий, выбороч- ный	Пооперационный, периодический, выборочный	Пооперационный, постоянный, выборочный				Пооперационный, периодический, выборочный	
V	Кто контролирует	Прораб	Мастер	Мастер	Бригадир	Мастер			
	Надзор за контролем		Техническая инспекция					Технический надзор	
	Привле- каемые подраз- деления		Геодезическая служба					Строительная лаборатория	
VI	Где регистри- руются ре- зультаты контроля (исполнитель- ная докумен- тация)	Исполня- тельные схемы	Акт приемки сборных конструкций					Акт приемки сборных конструкций перед закреплением и смонтированных	

и т. п.; чтобы защитить покровный слой от внешних воздействий, его оклеивают и окрашивают или только окрашивают;

3) крепежные детали, закрепляющие теплоизоляционные материалы и покровные слои и повышающие прочность всей конструкции в целом.

Материалами основного слоя могут быть (табл. 21):

Таблица 21

Техническая характеристика теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционный материал	Объемный вес, кг/м ³	Допустимая температура изолируемой поверхности, °С	Средняя температура слоя, t _{ср} , °С	Коэффициент теплопроводности λ, ккал/м·ч·°С
Маты из стекловолочна, прошивные	200	450	240	0,036+0,0002 t _{ср} =0,004
Маты минераловатные прошивные по металлической сетке, марка 150—250	150—300	600	300	0,048+0,00016 t _{ср} =0,096
Совелитовые плиты и сегменты	400	500	250	0,068+0,000016 t _{ср} =0,109
Совелит мастичный	500	500	250	0,085+0,00009 t _{ср} =0,1075
Минеральная вата в набивку под сетку	250	600	300	0,06+0,000016 t _{ср} =0,098
Перлитцементные изделия марки:				
350	350	600	300	0,035+0,00016 t _{ср} =0,113
400	400	600	300	0,07+0,0018 t _{ср} =0,116

плиты и сегменты перлитовые на керамической связке марки 250 (МРТУ-21-3—64); коэффициент теплопроводности λ зависит от средней температуры: λ=0,060+0,00016 t_{ср}; объемный вес γ 250 кг/см³; предельная температура применения 900°С;

теплоизоляционные материалы из асбестовой ткани А1-7 с наполнением вспученным перлитовым песком марки 150 для температуры до 500°С;

плиты из минеральной ваты «ВФ» на синтетической связке марки ПП-100 для температуры до 300°С;

В качестве пароизоляционного слоя применяют фольгу алюминиевую толщиной 0,03 мм в два слоя.

В качестве защитного покрытия используют листы из алюминиевого сплава АД1-11 толщиной 0,8 мм.

На горизонтальных участках маты в оболочке из стеклоткани укладывают в один слой или в качестве второго слоя по матам в сетчатой оболочке. Крепление матов осуществляют на штырях из проволоки диаметром 5 мм, установленных во втулках (втулки привариваются на заводе-изготовителе), на штырях, приваренных к трубопроводу, и на внутреннем каркасе из проволоки. Крепление на вертикальных и горизонтальных участках выполняется одинаково. На больших вертикальных участках дополнительно устанавливают полки через 3—4 м по высоте.

Жесткие штучные изделия — плиты, укладывают в один или несколько слоев, как правило, на подмазку и с промазкой швов мастикой. Плиты верхних слоев должны перекрывать швы нижележащих слоев. Крепят плиты стяжками, установленными на внутреннем каркасе, штырями и крючками, приваренными к трубопроводу или установленными во втулки (последние привариваются на заводе-изготовителе).

Устройство теплоизоляции трубопроводов начинают по окончании монтажа и испытания трубопроводов. Готовность трубопровода к изоляции оформляется актом.

При приемке изоляции проверяют соответствие толщины слоев проекту и соответствие примененных материалов проекту.

ТЕХНОЛОГИЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА И ДОРОЖНЫХ РАБОТ

Места строительства НПС и КС все более перемещаются в необжитые районы. В таких условиях значение дорожного строительства возрастает. В настоящее время дорожные работы и работы по благоустройству занимают около 10% общего объема строительства. Работы ведутся при сооружении временных и постоянных дорог.

Временные дороги подразделяются на следующие виды:

- грунтовые улучшенные;
- грейдерные (с подсыпкой гравийно-песчаной смеси);
- с покрытием из сборных железобетонных плит (сплошные или колеиные) по подготовке из песка или гравийно-песчаной смеси;

со щебеночным покрытием;
с дорожной одеждой постоянных дорог, с временным любого вида покрытием или лежневые и снежно-ледяные.

Конструкции постоянных дорог указываются в проекте объекта.

Технология строительства дорог приведена в табл. 22.

Таблица 22

Технология строительства дорог

Основные этапы строительства	Виды работ и выполняемые конструктивные элементы
Подготовительный этап в полосе отвода	Рубка и корчевка леса и кустарника, расчистка территории, перенос коммуникаций
Устройство земляного полотна и укрепительные работы	Устройство труб, возведение земляного полотна, укрепление откосов выемок, водоотводных канав, оврагов; укрепление откосов насыпи
Устройство дорожной одежды	Устройство основания и его дополнительных слоев (морозозащитных, изолирующих, дренирующих); устройство покрытия, краевых полос водоотводных устройств, укрепление обочин
Устройство обстановки пути	Установка дорожных знаков, ограждений и т. п.

Земляные работы по выемкам и насыпям выполняют согласно СНиП III-8—76, в основном в летнее время. Устройство основания дорог имеет сезонные особенности (табл. 23).

Наиболее широко применяются сборные дорожные покрытия из железобетонных плит (табл. 24).

Временные дороги из дорожных плит устраивают, как правило, колеиными. При строительстве дорог со сборным покрытием используют следующие машины.

На скрытые работы — основание, земляное полотно, подстилающие слои — составляют акты. В процессе всего строительства ведут геодезический контроль. По окончании работ составляют исполнительный продольный профиль дорог и поперечники на характерных участках.

Устройство оснований дорог

Основание	Подстилающие слои	Сезонность выполнения работ
Гравийное	Гравийно-песчаные, шлаковые, ракушечные	Земляное полотно для устройства оснований в зимнее время должно быть подготовлено до наступления отрицательных температур
Щебеночное (гравийное, шлаковое)	Гравийные, песчаные, ракушечные	Основания необходимо устраивать в один слой толщиной 12—14 см, при большой толщине — в несколько слоев. При температуре воздуха от 0 до —5°C продолжительность работ по профилированию основания и уплотнению гравийного материала не должна превышать 4 ч, при более низкой температуре — 2 ч.
Шлаковое из металлургических, в том числе основных доменных шлаков	То же	Материалы, укладываемые в основание, не должны содержать снега и льда. Вывезенные материалы должны быть немедленно разработаны и укатаны до их смерзания.

Таблица 24

Конструкции дорожных покрытий

Плиты	Размеры в плане, м	Толщина плиты, мм
Плиты НИИ Мосстроя	6×1,75	140
Аэродромные прямоугольные	6×2	140
ПАГ-ХIV		
Ненапряженные дорожные	4,5×1,5	160
СДП-3-1,5		
Из грунтосиликатного бетона	6×1,5	140

При сооружении временных дорог (колейных покрытий)

Подготовка основания отдельными полосами под колес (планировка и уплотнение)

Автогрейдер, каток

Укладка и окончательная посадка плит	Кран
Засыпка песком (гравийно- песчаной смесью, гравием, шлаком) отверстий решет- чатых плит с поливкой водой, засыпка и уплотне- ние межколеяного проме- жутка (грунто - щебнем, гравием, щебнем)	Автогрейдер, поливочная машина, каток
<i>При сооружении постоянных дорог (сплошных покрытий)</i>	
Подготовка основания на всю ширину проезжей час- ти, планировка на уровне отметок низа плит, рав- номерное уплотнение ос- нования	Автогрейдер, каток
Окончательная планировка при укладке плит	Выравнивание вручную
Укладка и окончательная посадка плит (ведется «от себя»	Кран, виброплощадки, устанавливаемые и за- крепляемые на плите
Оформление и замоноличива- ние стыков	Электросварочный агре- гат, вибратор

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Производство строительных работ в зимнее время сопряжено с выполнением определенных общеплощадочных мероприятий, которые состоят в подготовке открытых площадок к работе и подготовке отдельных объектов.

При подготовке площадки организуют дополнительное освещение, утепляют временные коммуникации и помещения приобъектного производственного назначения, организуют запас горючего. Постоянные коммуникации, находящиеся в работе к моменту наступления морозов, предохраняют от разрушения, удаляют из них воду, колодцы закрывают, засыпают траншеи. Если по проекту коммуникации не могут быть закрыты, устраивают временное утепление, кабельные коммуникации закрывают деревянными кожухами. Свободные

территории, где не намечается работа зимой, планируют.

При подготовке отдельных объектов на площадке их прежде всего утепляют, устанавливая постоянное стеновое заполнение или (в исключительных случаях) временное. Включают проектное отопление в зданиях, где оно предусмотрено. Наибольшую сложность представляет отопление зданий, где отопление не предусмотрено проектом. В таких случаях применяют воздухонагреватели, работающие на жидком или газообразном топливе, или электрокалориферы. В зависимости от вида работ, ведущихся в помещении, требования к температурному режиму меняются. Но в любом случае система временного отопления должна работать круглосуточно, для чего организуют 3-сменное его обслуживание специально обученным персоналом.

Эффективными оказались инфракрасные подогреватели, разработанные ВНИИГазом. Эти подогреватели работают на природном газе при давлении в сети 1 кгс/см². Применение инфракрасных подогревателей помимо общего обогрева помещения позволяет создать в любом месте необходимый микроклимат.

Кроме площадки и объектов к зимним работам готовят технику и транспорт согласно правилам их эксплуатации в зимнее время.

ГЛАВА 4

ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ

ПЕРИОДЫ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Монтаж газо- и нефтеперекачивающих агрегатов несмотря на различие их конструкций включает такие общие операции, как такелаж агрегатов, их выверка на фундаментах, центровка вращающихся частей, подливка бетоном, монтаж систем маслоснабжения агрегата и др.

По характеру монтажные работы являются в основном сборочными, т. е. они заключаются в соединении поставляемых заводами-изготовителями различных уз-

лов и деталей, оборудования и трубопроводов, а также в выполнении вспомогательных работ, обеспечивающих сборочные.

Организация монтажных работ подразделяется на следующие периоды: подготовительный, основной и пусконаладочный.

Подготовительный период

Перед началом работ монтажная организация производит отбор технической документации: компоновочных чертежей установки, оборудования и систем трубопроводов; комплекта заводских чертежей агрегата и всего оборудования; заводских паспортов на поставленное оборудование; рабочих чертежей трубопроводов, опор, фундаментов под основное и вспомогательное оборудование; технических условий заводов-изготовителей на поставку оборудования; установочных чертежей оборудования; инструкций по пуску и обслуживанию агрегата; исполнительных схем фундаментов под оборудование.

Чертежи по трубопроводам и технологические схемы установок необходимо иметь в двух экземплярах. По окончании монтажа один экземпляр чертежей с исправлениями и пометками сдают эксплуатационному персоналу вместе с необходимой технической документацией.

Получив техническую документацию, проверяют готовность строительной части к производству монтажных работ.

Готовность строительной части компрессорной станции или отдельных ее сооружений к производству монтажных работ подтверждается актом уполномоченных представителей строящей, монтирующей организаций и завода — изготовителя оборудования.

Проверив готовность строительных конструкций к монтажу, уточняют проект производства монтажных работ (разработка проекта осуществляется монтажной организацией перед началом производства работ). Сложные монтажные процессы и операции, а также работы, выполняемые новыми методами, осуществляют по технологическим картам. На остальные виды работ составляют технологические схемы, в которых отража-

подъем груза на полную высоту при перемещении крановых тележек по всей длине кранового моста. Динамическое испытание производят грузом, превышающим номинальную грузоподъемность на 10%. С этим грузом

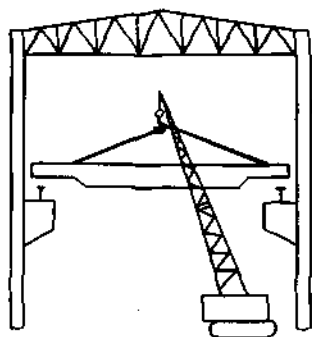


Рис. 22. Монтаж мостового крана с торца цеха при помощи передвижных кранов с удлиненной стрелой

кран провозят по всей длине подкрановых путей цеха. По окончании испытания на кране вывешивают таблицу с указанием его номинальной грузоподъемности, регистрационного номера и срока следующего испытания.

При блочном монтаже основных агрегатов нередко возникает необходимость подъема на фундаменты оборудования, масса которого превышает грузоподъемность мостового крана или кранбалки. В таких случаях применяют различные способы временного повышения грузоподъемности крана. Наиболее распространенными способами являются:

использование второй крановой тележки или лебедки, устанавливаемой на мосту крана; при этом груз поднимают при одновременной работе двух тележек или тележки с лебедкой (рис. 23);

использование инвентарного приспособления ВНИИСТА — подвески у концов грузового троса, в середине которого размещен полиспаст; груз поднимают при помощи троса, перекинутого через полиспаст и при-

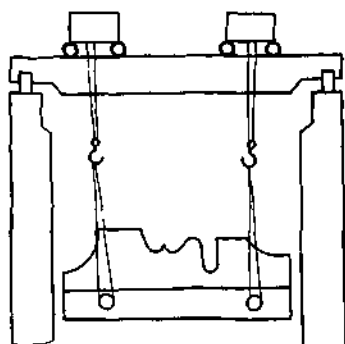


Рис. 23. Схема увеличения грузоподъемности мостового крана при помощи второй тележки

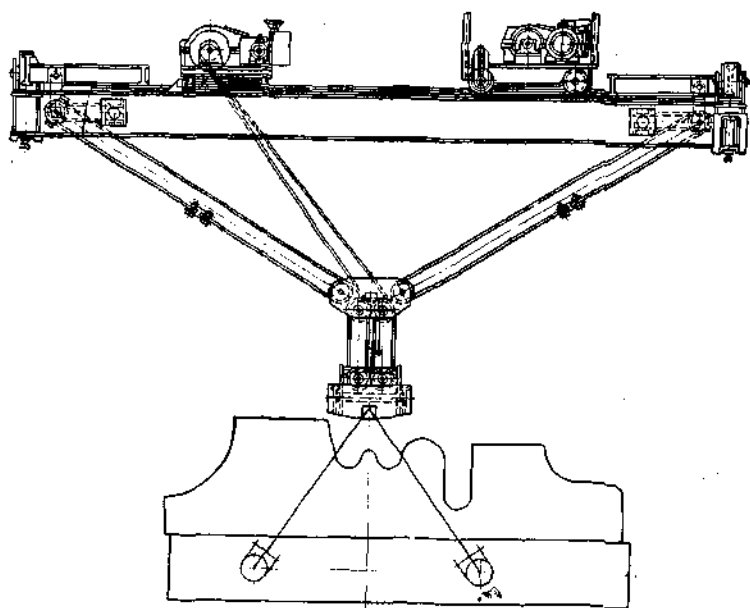


Рис. 24. Схема увеличения грузоподъемности мостового крана при помощи инвентарного приспособления ВНИИСТА

крепленного к барабану крановой лебедки; такой способ позволяет увеличить грузоподъемность кранового моста в несколько раз, ибо мост по такой схеме работает на сжатие (рис. 24);

применение приспособления к мостовому крану, состоящего из монтажной балки со стропом и траверсы

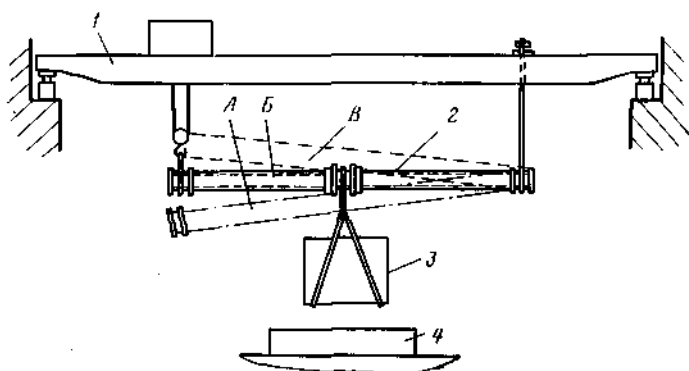


Рис. 25. Монтажное устройство для увеличения грузоподъемности мостового крана:

Положение траверсы: *А* — наклоненное вниз; *Б* — горизонтальное; *В* — наклоненное вверх;

1 — мостовой кран; *2* — траверса; *3* — груз; *4* — фундамент

из трубы, к средней части которой на стропе подвешивается монтируемое оборудование; к концам трубчатой траверсы прикреплены на сварке упорные диски и упорные кольца, ограничивающие смещение стропов; при монтаже оборудования трубчатая траверса может занимать различные положения (рис. 25); грузоподъемность крана увеличивается за счет перераспределения нагрузок на мост из-за смещения тележки от середины моста на расстояние, равное половине длины траверсы; этот способ применяют в тех случаях, когда оборудование необходимо поднять на небольшую высоту.

Основной период

В основной монтажный период выполняют работы по установке оборудования на фундаменты, его сборке, выверке и центровке, закреплению оборудования на

фундаменте, сборке и монтажу обвязочных трубопроводов и их соединению с внешними коммуникациями, монтажу системы контрольно-измерительных приборов, средств автоматизации и защиты, энергоснабжения и средств связи, тепло- и звукоизоляционные работы. Перед началом тепло- и звукоизоляционных работ смонтированное оборудование и трубопроводы испытывают на прочность и плотность.

Работы этого периода — наиболее ответственные и продолжительные. От качества их выполнения зависят надежность эксплуатации и экономические показатели работы НПС и КС, а от темпов — сроки ввода оборудования в эксплуатацию. Особое внимание необходимо уделять качеству выполнения монтажных работ, точности сборки конструкций и узлов, качеству сварочных работ.

Для обеспечения высокого качества работы основного монтажного периода должны выполняться наиболее квалифицированными рабочими, имеющими необходимый стаж и навыки. В связи с тем что многие операции повторяются, т. е. ведется монтаж одновременно нескольких однотипных единиц оборудования (компрессорных установок, технологических узлов, запорной арматуры и др.), наиболее целесообразно применять поточные методы работы. При поточном методе звено или бригада специализируется на выполнении определенных операций и переходит после их выполнения с одного места монтажа на другое.

Комплексные процессы осуществляются поточно-расчлененным методом, при котором операции выполняются звеньями или отдельными рабочими одновременно или последовательно с минимальными разрывами во времени, вызываемыми требованиями технологии. При этом повышается производительность труда.

В организации поточного монтажа главную роль играет применение сборных конструкций и блочных устройств, изготовленных как на специализированных заводах, так и непосредственно на строительно-монтажной площадке, и повышение механизации и химизации монтажных работ.

Некоторые монтажные организации используют свои подсобные хозяйства как цеха по изготовлению узлов оборудования и блоков с высокой степенью за-

водской готовности (например, блоки газораспределительных станций (ГРС), складов ГСМ, регенерации масел, циркуляционных насосных, аккумуляторных и др.).

Пусконаладочный период

Цель пусконаладочных работ — подготовить смонтированное оборудование к испытаниям, произвести его опробование на холостом и рабочем режимах, затем вывести оборудование на рабочий режим.

Готовность оборудования к производству пусконаладочных работ определяет руководитель монтажных работ.

Оборудование считается полностью смонтированным, если:

основное и вспомогательное оборудование собрано и вся техническая документация, характеризующая скрытые работы, находится в должном порядке;

трубопроводы — маслопроводы, газо- и воздухопроводы, трубопроводы технологического газа — собраны согласно схемам и чертежам, правильно установлены и закреплены на подвесках и опорах, опрессованы и очищены; заглушки, устанавливаемые временно на период монтажа оборудования, отсутствуют;

внутренние полости аппаратов и емкостей очищены, сами аппараты и емкости опробованы на прочность и плотность;

щиты управления установлены, коммутация проверена, импульсные трубопроводы присоединены к приборам и датчикам и опрессованы; указывающие приборы установлены и проверены;

изоляционные и отделочные работы закончены;

основное и аварийное освещение действует, закончены электромонтажные работы, подключены средства связи, выполнены требования охраны труда и пожарной безопасности.

Пусконаладочные работы на нефтеперекачивающих станциях существенно отличаются по объему и сложности от таковых на компрессорных станциях. Если период производства наладочных работ на НПС незначителен, то на КС и особенно на КС с газотурбин-

ным приводом он длителен и требует значительных трудозатрат.

Поэтому пусконаладочные работы на НПС осуществляются в основном силами эксплуатационного персонала в присутствии представителей монтирующих организаций, а наладочные работы на КС выполняются, как правило, специализированными наладочными организациями. Эти организации проводят наладку оборудования компрессорного цеха (механической части, КИП, электрической части), технологического оборудования (запорной арматуры, аппаратов и емкостей), оборудования электростанции собственных нужд и др.

Специализированные наладочные организации проводят комплекс работ на договорных началах с заказчиком и несут ответственность за качество проведенных работ.

Пусконаладочные работы содержат следующие этапы: предпусковой, поузловое опробование и комплексное опробование.

Предпусковые работы

Началом пусконаладочных работ принято считать промывку маслосистемы агрегата путем прокачки масла, используя для этого пусковой и винтовые насосы. Схема прокачки (рис. 26) собирается так, чтобы обеспечить максимальные расходы и большие скорости масла. Температура масла при прокачке должна быть 50—70°C. Как правило, прокачка ведется последовательно в два этапа: сначала прокачивается система смазки агрегата при отсоединенной системе регулирования, затем система регулирования. Причем для агрегатов с аппаратами воздушного охлаждения (АВО) циркуляция масла через трубные пучки аппаратов осуществляется после прокачки системы маслоснабжения агрегата.

Следует помнить, что для аппаратов, поступающих на площадку без пломб, перед прокачкой АВО необходимо произвести ревизию трубных пучков.

В процессе прокачки маслосистемы загрязненное масло необходимо очищать в центрифуге. Время прокачки определяется полным удалением взвешенных частиц, загрязняющих масло, и контролируется по анализам масла.

После прокачки масло полностью сливают из системы в специальную емкость. Производится повторная чистка маслобаков, картеров подшипников и фильтров, после чего агрегат готовят к поузловому опробованию.

Позуловое опробование. Цель поузлового опробова-

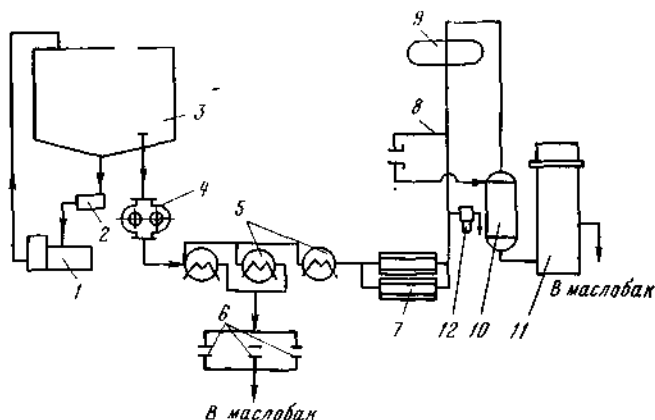


Рис. 26. Схема прокачки масла агрегата СТД-4000-2:

1 — центрифуга; 2 — фильтр-пресс; 3 — маслобак; 4 — пусковой насос; 5 — маслоохладители; 6 — подшипники электродвигателя, редуктора и нагнетателя; 7 — винтовые насосы; 8 — уплотнительный подшипник нагнетателя; 9 — аккумулятор масла; 10 — поплавковая камера; 11 — газоотделитель; 12 — регулятор перепада

ния — испытать на холостом ходу и проверить работоспособность каждого агрегата и механизма, безопасность их последующей работы под нагрузкой. При этом регулируют и налаживают предохранительные и защитные устройства оборудования (автоматы безопасности, защитные реле и предохранительные клапаны). Для записи результатов проверки, опробования и наладки оборудования ведут «Журнал пусковых работ», в который заносят следующие данные:

время пуска агрегатов, механизмов и вспомогательного оборудования;

время прогрева горячих газозовдуховодов и оборудования;

причины остановки агрегатов или механизмов;

отклонения от нормальных условий эксплуатации;

результаты опробования защитных и предохранительных средств;

неполадки и ненормальность в работе;

указания по эксплуатации.

Непосредственно перед началом испытания представители наладочных организаций своей подписью в журнале подтверждают готовность систем к испытаниям. После этого руководитель наладочных работ дает разрешение на испытание. По окончании опробования делают соответствующую запись в журнале.

Комплексное опробование и сдача оборудования в эксплуатацию. При комплексном опробовании проверяют совместную работу оборудования НПС и КС на холостом ходу или на рабочем режиме с целью выявления дефектов, препятствующих регулярной и надежной работе станции, и разработки мероприятий по устранению этих дефектов.

Вид и продолжительность комплексного опробования в зависимости от характера производства определяются соответствующими главами строительных норм и правил или правилами приемки в эксплуатацию законченных строительством предприятий, объектов, цехов и производств, утвержденных соответствующими министерствами и ведомствами по согласованию с Госстроем СССР.

Для оборудования НПС и КС продолжительность комплексного опробования, как правило, не превышает 72 ч нормальной бесперебойной работы на эксплуатационном режиме.

Комплексное опробование оборудования выполняет заказчик с участием представителей проектных, подрядных наладочных, монтажных организаций и заводов-изготовителей. Участие подрядных специализированных наладочных организаций в комплексном опробовании оборудования заключается в несении их техническим персоналом вместе с эксплуатационным круглосуточного дежурства для наблюдения за работой и правильной эксплуатацией оборудования, устройств, коммуникаций и принятия мер к немедленному устранению неполадок.

После комплексного опробования оборудование сдают в эксплуатацию. Сдача производится организациями, принимавшими участие в наладке различных ви-

дов оборудования и в строительных работах, во главе с генеральным подрядчиком. Приемка НПС и КС в эксплуатацию осуществляется представителями заказчика — эксплуатационного управления магистрального трубопровода или промысла.

Для сдачи и приемки оборудования создается государственная приемочная комиссия из представителей подрядчика, субподрядчиков, заказчика, проектной организации и государственных инспекций (Госгортехнадзора, Газовой инспекции). Заказчик представляет государственной комиссии акты, свидетельствующие о готовности строительной и монтажной частей НПС и КС и результатах комплексного опробования. Государственная комиссия составляет акт о приемке станции в эксплуатацию и дает оценку выполненным работам.

Датой ввода в эксплуатацию НПС и КС считается день подписания акта государственной приемочной комиссией.

МЕХАНИЗАЦИЯ И ХИМИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Средства механизации

Средствами механизации выполняются следующие технологические операции при сооружении НПС и КС: подъем и перемещение грузов, подготовка фундаментов, сборка разъёмных и неразъёмных деталей, узлов и конструкций, обработка сопрягаемых поверхностей, подготовка внутренних и наружных поверхностей к работе, а также испытания узлов на прочность и опробование установок на холостых и рабочих режимах.

Грузоподъемные механизмы. Грузоподъемные механизмы на монтажной площадке используют для перемещения оборудования и труб в пределах монтажной зоны, подъема их на фундаменты и ревизии смонтированного оборудования. От склада непосредственно к месту монтажа грузы доставляют на автомобилях, саях, трейлерах и при помощи трубоукладчиков. В цех НПС и КС оборудование доставляют, как правило, через монтажный проем цеха на трейлере или автомобиле. В цехе оборудование снимают со средств доставки мостовым краном (или кранбалкой) и устанавливают на фундаменты (рис. 27).

Если оборудование из-за больших размеров не может быть подано через ворота цеха (будучи погруженным на автотракторные средства), его перегружают на тележки или эстакаду, проложенную вдоль цеха. Для тележки временно монтируют рельсовый путь. Перемещение оборудования на тележке или по эстакаде осуществляют с помощью электролебедки, установленной внутри цеха.

При производстве основных монтажных работ применяют разного вида тали, лебедки и электротельферы. Для ускорения процесса монтажа широко используются электрические тельферы грузоподъемностью 3—5 т с возможностью горизонтального перемещения.

При большом числе агрегатов на НПС и КС в одном цехе и при наличии одной грузоподъемной единицы иногда для ускорения работ временно устанавливают еще один грузоподъемный ме-

ханизм (мостовой кран или кранбалку). Значительный эффект на ускорение производства работ оказывает переоборудование ручного привода кранбалок на механизированный — пневматический или электрический. Во избежание сдавливания и разрушения боковых поверхностей оборудования при подъеме применяют траверсные приспособления (рис. 28).

Средства сборки. Средства механизации сборочных процессов составляют обширную группу механизмов, механизированных инструментов и приспособлений. Они предназначены для выполнения следующих технологических операций:

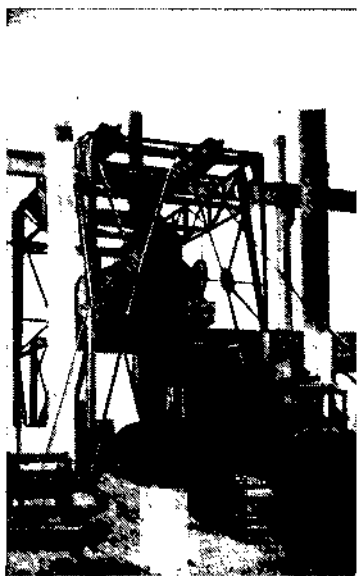
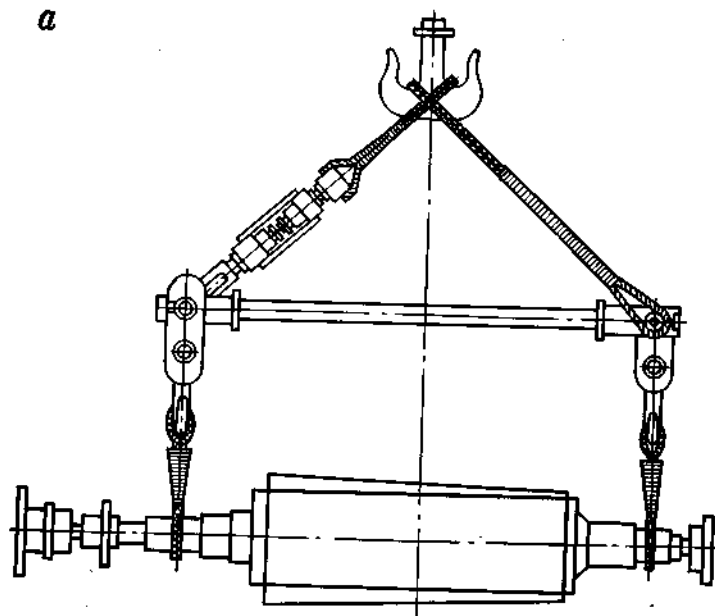


Рис. 27. Подъем и перемещение турбоблоков при помощи шахтного подъемника

a



б

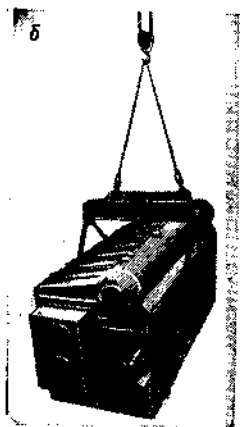


Рис. 28. Траверсные приспособления:
a — двухзахватное; *б* — четырехзахватное

подготовка сопрягаемых поверхностей к соединению (например, опиловка и шабровка плоскостей разъемных соединений перед их сборкой или обработка фасок труб перед сваркой);

центровка деталей и конструкций перед их соединением неразборным или разборным способом;

соединение деталей и конструкций неразборным или разборным способом.

При производстве монтажных работ нередко возникает необходимость в подготовке концов труб, фланцев, прокладок для соединения деталей и конструкций. Эти работы, как правило, носят характер пригоночных работ (например, обрезка концов труб, имеющих монтажный припуск, опиловка и шабровка разъемных соединений подшипников и установочных колодок и др.).

Механизированную подготовку концов труб перед сваркой, а также обрезку труб осуществляют при помощи специальных приспособлений. Например, для труб больших диаметров применяют приспособление с кислородной резкой. Его надевают на трубу, а резак приводят в движение вращением рукоятки. В последнее время применяют приспособление с дисковыми фрезами и отрезными резцами. Концы труб, обработанные с их помощью, имеют лучшую поверхность, чем после кислородной резки.

Для правки концов труб применяют гидравлические приспособления или домкраты. Усилие 5 т, развиваемое домкратом, достаточно, чтобы выправить вмятину на трубе с толщиной стенки 14 мм.

Подготовку плоских поверхностей, для которых требуется высокая чистота обработки (разъемы цилиндров турбин, насосов, центровочные прокладки, привалочные поверхности фланцев трубопроводов высокого давления), выполняют при помощи пневматических или электрических шаберов, а если их нет, применяют шлифовальные пневматические или электрические машинки.

Центровку деталей и конструкций перед их соединением производят с помощью приспособлений активной центровки и средств контроля центровки, позволяющих упростить ряд центровочных операций.

К приспособлениям активной центровки относятся центраторы. С их помощью удается обеспечить соос-

ность труб и точно отрегулировать зазор между их кромками.

Точность центровки проверяют при помощи контрольно-измерительного инструмента. Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм служит для проверки соосности полумуфт роторов агрегатов.

Для обеспечения и упрощения работы индикаторов применяют штативы с магнитным основанием и гибкой колонкой. При необходимости гибкой колонке можно придать любую форму и зафиксировать ее в этой форме путем натяжения гибкого тросика, пропущенного внутри полой набранной из колец трубки. Поворотом ручки эксцентрика, к которому прикреплен один из концов тросика, достигается необходимое натяжение тросика (рис. 29).

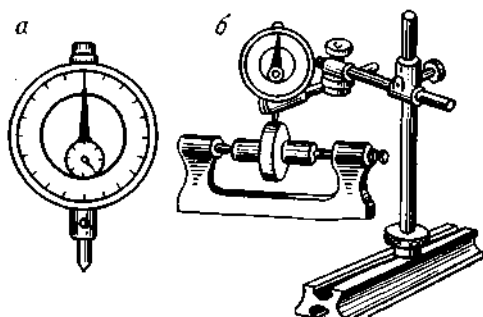


Рис. 29. Штатив с индикатором:
а — внешний вид; б — измерение бienia детали

Технологические монтажные операции по соединению деталей и конструкций неразборным или разборным способом выполняют при помощи механизированных и автоматизированных приспособлений и инструментов. Так, сварочные операции производят полуавтоматическими и автоматическими головками, а операции вальцовки, например, для соединения труб в отверстиях трубных досок, барабанов (в маслоохладителях, котельных установках) производят механическими вальцовками, в которых ролики, обкатываясь и перемещаясь по конусу, разжимают трубу внутри.

Сборку разъемных соединений механизмируют, чтобы облегчить труд рабочих при выполнении ими трудоемких операций по обтягиванию и освобождению резьбовых соединений трубопроводов, разъемов аппаратов и агрегатов, фундаментных болтов, муфт роторов и др. Эта цель достигается при использовании одного из двух известных принципов:

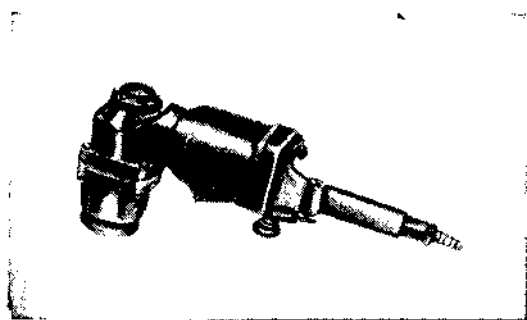


Рис. 30. Пневматический ключ (гайковерт)

создание крутящего момента специальным механизмом,

искусственное удлинение размера болта путем его разогрева или приложения гидравлического усилия (в этом состоянии для вращения гайки требуется сравнительно небольшое усилие).

Дополнительный крутящий момент создается специальными двигателями ротационного типа (пневматического или электрического), помещенными внутри пневматических или электрических гайковертов. Завинчивание или отвинчивание гаек производят с помощью ударно-вращательного механизма, использующего кинетическую энергию кулачковой муфты, которая совершает поступательно-вращательное движение и наносит удары по кулачковому валику. Пневматические и электрические ключи могут быть прямыми и угловыми (рис. 30).

Для отвинчивания труднозатянутых гаек применяют приспособление, основанное на ударном действии пневматического молотка.

Химизация монтажных процессов

Снижения затрат ручного труда можно добиться путем использования при монтаже различных химических реагентов. При монтаже оборудования НПС и КС нашли широкое распространение устройства бетонных подушек под подкладки для оборудования с обработкой железобетонных фундаментов 3%-ным раствором соляной кислоты, очистка внутренних полостей оборудования и трубопроводов и удаление консервационных смазок с поверхностей, различные мастики и материалы для уплотнения разъемов и резьбовых соединений.

Химические способы очистки применяют для трубопроводов и емкостей, требующих повышенной чистоты внутренних полостей (например, маслопроводов агрегатов). Очистка маслопроводов пескоструйным или механическим способом имеет ряд недостатков: недостаточная чистота, уменьшение толщины стенки трубы, необходимость разборки маслопроводов и др.

Для химической очистки маслопроводов используют в основном ортофосфорную кислоту 15—25%-ной концентрации, прокачивая ее по замкнутому контуру с целью травления внутренних поверхностей (рис. 31). По окончании травления (процесс длится 15—20 ч) и слива раствора в специальный отсек производят следующий цикл очистки — прокачку 2%-ного раствора ортофосфорной кислоты. При второй прокачке — пассивации с внутренних поверхностей смываются рыхлые остатки коррозии, образовавшиеся в результате взаимодействия кислоты с ржавчиной и окалинной, и образуется защитная пленка, которая предохраняет обработанные поверхности от повторной коррозии в течение четырех месяцев со времени промывки.

В схему кислотной промывки включен гидропресс для опрессовки подлежащих очистке маслопроводов и специальный подвод горячего воздуха. Таким образом, совмещаются две операции: опрессовка и очистка маслопроводов.

После полного удаления раствора в систему подают горячий воздух (80—100°C) для сушки труб (воздух должен быть очищен от масла и влаги). После полной осушки систему разбирают, отверстия в трубах заглу-

шают или завязывают материалом, трубы отправляют на монтаж.

Известны методы химической очистки с помощью других кислот и щелочей, но они более трудоемки и опасны, требуют особых мер предосторожности при ра-

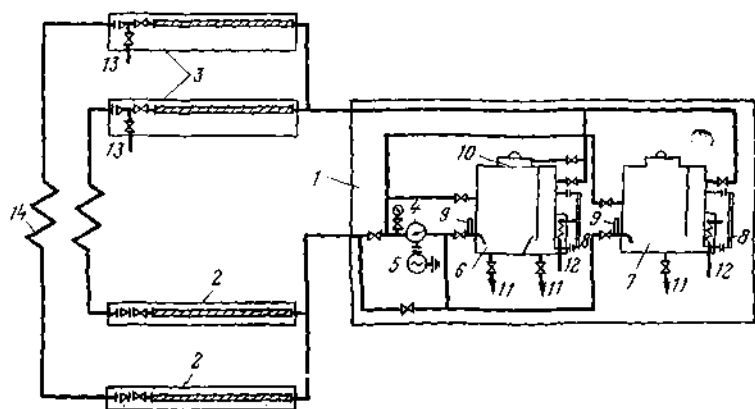


Рис. 31. Схема очистки маслопроводов раствором ортофосфорной кислоты:

1 — установка для очистки маслопроводов; 2 — напорный рукав; 3 — сливной рукав; 4 — насос; 5 — электродвигатель; 6 — бак 15%-ного раствора кислоты; 7 — бак 2%-ного раствора кислоты; 8 — указатели уровня кислоты; 9 — термометр; 10 — сито; 11 — дренажи; 12 — паровой обогрев; 13 — подача горячего воздуха и подсоединение гидропресса; 14 — контуры труб, собранных для промывки

ботах. При таких методах очистка внутренних поверхностей труб осуществляется травлением кислотами с последующей нейтрализацией щелочами и промывкой водой.

Поверхности оборудования и трубопроводов на время транспортировки и хранения, как правило, покрывают консистентными смазками. Для удаления таких смазок оборудование и трубопроводы разбирают и применяют специальные химические реагенты — растворители. Растворители должны быстро растворять консервационные вещества, быть безвредными для поверхностей, с которых удаляют смазку, и для кожи человека и безопасными в использовании (с точки зрения пожаро- и взрывоопасности), иметь низкую стоимость.

В качестве консервационных веществ в настоящее время все большее применение находят твердые вазелины. Для их удаления с поверхностей не требуется ни разборка оборудования, ни применение растворителей. Они смываются горячим маслом при прокачке агрегата.

Для предохранения поверхности оборудования и трубопроводов от коррозии наряду с консервационными покрытиями применяют ингибиторы или поглотители. Ингибитор распыляют во внутренних полостях и удаляют продувкой. Чтобы обеспечить эффективность действия ингибиторов и поглотителей, полости герметизируют, например, путем заклеивания зазоров липкой лентой.

Для уплотнения разъемов и резьбовых соединений используют мастики, пасты и другие уплотнительные материалы. Уплотнительные материалы должны не только обеспечивать плотность соединения при работе с высокими давлениями и температурами, но и легко удаляться с поверхностей после разборки соединений (при ревизиях, ремонте и т. п.).

ГЛАВА 5

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА

ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК (ГТУ)

С монтажной точки зрения, ГТУ, составляющая вместе с нагнетателем газоперекачивающий агрегат (ГПА), — это сложный комплекс машин, аппаратов систем трубопроводов, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. Наиболее ответственным и сложным в монтаже является турбогруппа.

В зависимости от условий поставки: в полностью собранном виде (например, турбогруппа в виде турбоблока и блоков воздухоподогревателя, маслосистемы и др.) или отдельными узлами, конструкциями и деталями, меняются затраты труда при монтаже ГПА. Однако при любом методе монтажа и для различных типов ГПА наибольшая трудоемкость приходится на монтаж маслосистемы и вспомогательного оборудования.

Монтаж ГТУ, поставляемых неблочно, ведется путем разборки поступающего в монтаж оборудования, ревизии и последующей сборки на фундаменте.

ПРИЕМКА И ПОДГОТОВКА ФУНДАМЕНТОВ ПОД МОНТАЖ

Приемка. Приемка фундаментов под монтаж допускается при условии, что сборно-монолитные и монолитные железобетонные фундаменты не имеют внешних дефектов: раковин, пустот, трещин и открытой арматуры.

Прочность бетона должна соответствовать проекту.

К началу монтажа фундамент должен быть освобожден от строительного мусора и выступающих частей арматуры.

При проверке габаритных размеров по фундаментным чертежам необходимо выявить:

наличие реперной отметки, которая наносится несмываемой краской;

правильность положения фундамента относительно здания и осей соседних фундаментов;

правильность габаритных размеров фундамента относительно продольной и поперечной его осей;

точность выполнения колодцев для фундаментных болтов по чертежам, вертикальность и привязку их к осям фундамента. Смещение и наклон колодцев для фундаментных болтов допускается из условия, чтобы от вертикально установленной на место стяжки расстояние до любой стенки колодца было не менее 5 мм;

точность выполнения обвязочной плиты фундамента под агрегаты в местах установки фундаментных болтов;

точность высотных отметок опорных поверхностей фундамента под фундаментные рамы турбогруппы и нагнетателя;

правильность сооружения фундаментов под вспомогательное оборудование.

Отклонение фактических размеров от проектных не должно превышать указанных допусков.

Основные размеры фундамента проверяют при помощи замера рулеткой, а высотных отметок — нивелиром относительно реперной отметки.

Допустимые отклонения (в мм) геометрических размеров фундаментов

Фундаменты

Основные размеры в плане:	± 30
высотные отметки поверхности фундамента без учета высоты подливки	-30
размеры уступов в плане	-20
размеры колодцев в плане	+20
отметки уступов в выемках и ко- лодцах	-20
толщина пояса фундамента	± 30
по продольным и поперечным осям фундамента	± 15

Фундаментные болты и закладные части

Отклонение осей:	
фундаментных болтов в плане	± 6
закладных и анкерных устройств в плане	± 10
по отметкам верхних торцов фун- даментных болтов	+20
вертикальность колодцев для фундаментных болтов	5 мм на 1 м

Примечание. Знаком плюс обозначены откло-
нения в сторону увеличения размеров или повышения
отметок, а знаком минус — в сторону уменьшения раз-
меров или понижения отметок.

Геометрические размеры фундамента проверяют от-
носительно струн (стальных проволок диаметром 0,5—
0,6 мм), которые натягиваются по геометрическим осям
агрегата.

Монтирующая организация совместно с представи-
телем заказчика принимает фундамент только по габаритным размерам; при наличии отклонений фактических
размеров фундамента от проектных необходимо эти от-
клонения зафиксировать в акте, а также указать сро-
ки и способы их исправления.

Качество изготовления фундамента определяется за-
казчиком совместно со строительной организацией; об
этом делается запись в акте с указанием марки бетона
и результатов испытаний образцов.

Подготовка. Качество работ по монтажу агре-
гата в значительной мере зависит от правильной раз-
метки и качества исполнения площадок для установки

подкладок под оборудование. Разметку расположения подкладок на опорных поверхностях фундамента делают по чертежам установки фундаментных рам и корпусов. На опорных поверхностях фундамента намечаются места размером 200×200 мм под опорные подкладки.

Опорные места фундамента должны быть выполнены таким образом, чтобы прокладки ложились на фундамент плотно (без качания). Уклон допускается $\pm 0,5$ мм на 1000 мм во всех направлениях. Верхняя поверхность подкладок должна соответствовать классу чистоты $\Delta 5$; перед установкой на фундамент подкладки обезжириваются. Толщина подкладок 20—30 мм.

При сооружении фундаментов без верхней обвязочной плиты (рис. 32) — в виде отдельно стоящих железобетонных (или металлических) колонн, выверяют по высоте стальные оголовки, используя для этого три установочных болта с контролем по гидростатическому уровню или нивелиру; для контроля горизонтального положения оголовка применяют уровни слесарные. После выверки оголовка его приваривают сплошным

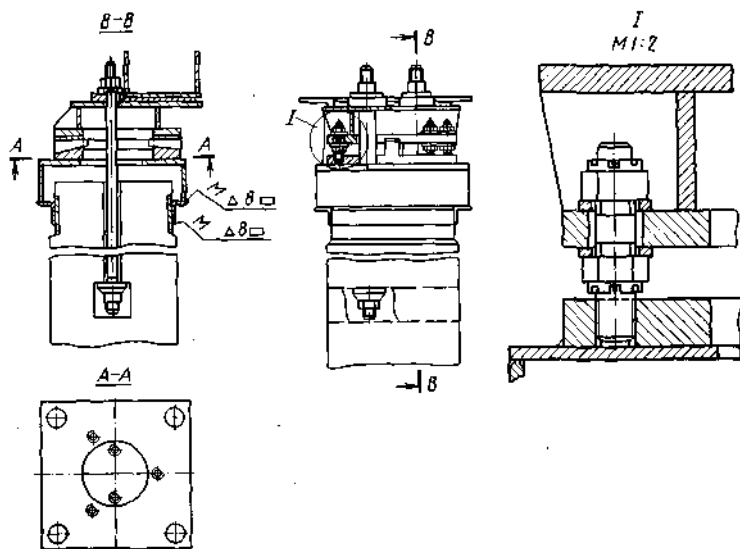


Рис. 32. Оголовок фундамента, выполненный в виде отдельно стоящих колонн, предназначенный для установки газотурбинного компрессорного агрегата

швом к стальной колонне (для железобетонных колонн пространство между оголовком и колонной заливают бетонным раствором). Верхняя поверхность оголовка должна соответствовать классу чистоты $\Delta 5$.

При бесподкладочном способе монтажа турбоблок устанавливают на отжимных болтах или клиновых домкратах (без подкладок), выверяют по высотным отметкам, замеряемым с помощью гидростатического уровня, и подливают бетон с предварительным ограждением домкратов опалубкой. После затвердевания бетона домкраты убирают, и пустоты заливают цементным раствором.

Перед закладкой и заделкой фундаментных болтов необходимо:

- очистить болты от загрязнений стальными щетками или наждачной бумагой (промывка болтов керосином или маслом запрещается);

- прогнать резьбу с масло-графитовой смазкой (гайка должна заворачиваться без заедания);

- убедиться, что анкерные плиты прилегают плотно к фундаменту (без перекосов). При наличии перекосов плотность прилегания исправляется наращиванием бетонной подушки. Выравнивание прилегания анкерных плит путем установки подкладок запрещается.

МОНТАЖ ТУРБОГРУППЫ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ

Началом основного периода монтажа принято считать дату установки на фундамент первой фундаментной рамы. Оборудование, поданное в зону монтажа, освобождается от упаковки и укладывается на козлы, подкладки и деревянные верстаки для снятия консервирующей смазки и тщательного осмотра перед установкой.

Отдельные узлы агрегата подают в следующем порядке:

- нагнетатель; камера сгорания с рамой и переходной патрубком от нее к турбине высокого давления ТВД (для горизонтальных камер сгорания); части всасывающего и нагнетательного трубопроводов осевого комп-

рессора; рама-маслобак с нижней половиной цилиндров турбины и компрессора.

Перед установкой рамы турбогруппы, камеры сгорания и нагнетателя на фундамент необходимо очистить все нижние их поверхности, которые в дальнейшем будут соприкасаться с подливкой, от краски, консервации, ржавчины и т. д.

В помещение компрессорного цеха нагнетатель подвозят на трайлере. Первоначальная ревизия нагнетателя, как правило, проводится с помощью мостового крана в монтажном проеме на отметке 0.00. Цель ревизии — подготовить нагнетатель к центровке с турбиной и к опрессовке технологических трубопроводов. В состав работ по ревизии входит проверка состояния подшипников с их расконсервацией и выемка торцевого уплотнения с установкой вместо него заглушки.

При этом до выемки торцевого уплотнения необходимо предварительно снять крышку нагнетателя, вынуть диффузор и снять колесо. Торцевое уплотнение, колесо и диффузор устанавливают на место после опрессовки технологических трубопроводов.

Перед установкой нагнетателя на фундаменте сооружают специальный настил из металлоконструкций, рассчитанный на нагрузку не менее веса нагнетателя (см. табл. 1). По этому настилу нагнетатель перемещается через монтажный проем в разделительной стене в помещение нагнетателей. После временной установки нагнетателя на фундаменте настил удаляется. Окончательно нагнетатель монтируется с обтяжкой фундаментных болтов при центровке по полумуфтам роторов нагнетателя и турбины низкого давления (ТНД). Предпусковая ревизия нагнетателя проводится после опрессовки технологических трубопроводов и прокачки маслосистемы турбогруппы маслом.

Турбоблоки отечественных агрегатов поступают на монтажную площадку либо в полностью собранном виде, либо без роторов. Их устанавливают на фундаменты без разборки или с частичной разборкой.

При установке турбоблока без разборки необходимо произвести усиление мостового крана.

При установке турбоблока мостовым краном без усиления крышки и корпуса ТВД и ТНД демонтируют. После этого устанавливают на фундаменте раму-масло-

бак (масса около 20 т) с последующей сборкой на ней ранее демонтированных корпусов, роторов и крышек компрессора и турбины.

ВЫВЕРКА АГРЕГАТОВ

Выверку турбоагрегата начинают с базового агрегата, к которому впоследствии прицентровывают другие. Для турбогруппы базовым агрегатом является турбоблок. Хотя на заводском стенде турбогруппа проходит контрольную сборку и испытание, после доставки на место монтажа обнаруживается изменение зазоров в проточных частях турбины и компрессора. Это вызывает необходимость перецентровки агрегатов.

Основная причина изменения зазоров в проточной части — так называемая «неповторяемость» установочных баз агрегатов «Неповторяемость» установочных баз проявляется в том, что при перенесении турбинных конструкций со сборочного стенда на фундамент монтажной площадки меняется пространственная форма конструкций и, следовательно, зазоры между неподвижными и вращающимися частями. Причины «неповторяемости» — сочетание нескольких факторов, характерных для современных турбинных конструкций (цилиндров и фундаментных рам):

значительные размеры конструкций, вызывающие необходимость опирания их на фундамент с помощью большого числа опор (более трех);

невысокая жесткость сварных рам.

Чтобы устранить влияние «неповторяемости» установочных баз и обеспечить повторение при монтаже заводских установочных данных, применяют способ фиксирования и воспроизведения высотных отметок опор. Он состоит в том, что при стендовой сборке турбогруппы замеряют гидростатическим уровнем высотные отметки опор фундаментной рамы. Данные замеров заносят в формуляр, и по этим данным при монтаже выверяют раму.

До начала выверки рамы маслобака с нижними частями корпусов турбины и компрессора на фундаменте устанавливается репер, который представляет собой шабренную площадку размерами 120×120 мм. Высотная отметка площадки репера согласуется с геодези-

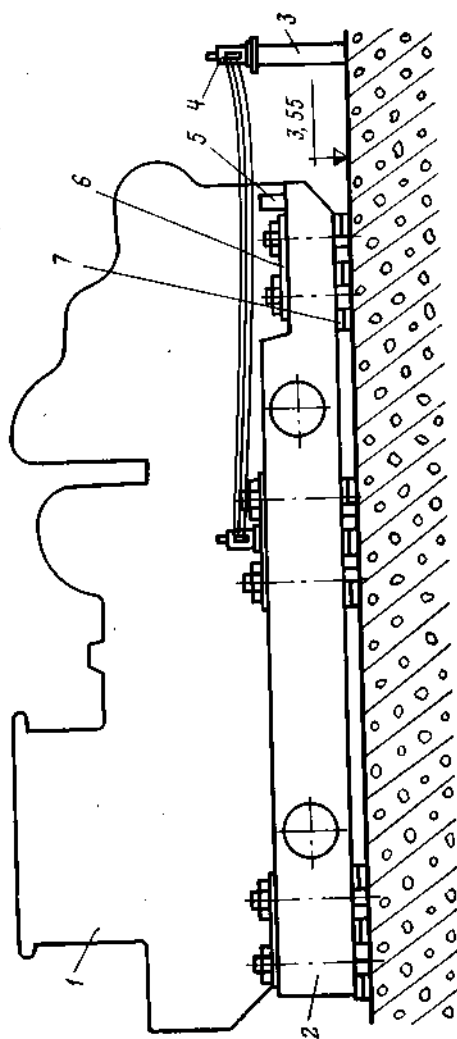


Рис. 33. Схема установки репера и турбоблока на фундаменте:
 1 — турбоблок; 2 — рама турбоблока; 3 — репер; 4 — гидростатический
 уровень; 5 — проставка для реперной площадки; 6 — реперная площад-
 ка; 7 — клиновые подкладки

ческой отметкой фундамента и совпадает с проектной отметкой реперных площадок верхнего пояса рамы маслобака. Репер располагается в непосредственной близости к турбогруппе и надежно закрепляется на бетоне фундамента; не разрешается крепить репер к площадке обслуживания и другим металлическим частям, жестко связанным с фундаментом.

Установленную на фундаменте раму-маслобак выверяют по продольной оси и в поперечном направлении, ориентируясь на метки, нанесенные на фундаменте, и по центрам отверстий под фундаментные шпильки, а в горизонтальной плоскости — по гидростатическому уровню. Выверка проводится при помощи домкратов и клиньев (рис. 33). После предварительной выверки рамы маслобака по паспортным высотным отметкам и в горизонтальной плоскости с точностью $\pm 0,25$ мм в колодцы опускаются фундаментные болты, предварительно очищенные от ржавчины, масла и краски.

Через специальные ниши заводятся анкерные плиты и слегка затягиваются гайками фундаментных болтов.

Окончательно раму-маслобак выверяют гидростатическим уровнем; при этом замеры высотных отметок проводятся при помощи двух головок уровня, одна из которых закрепляется на заранее установленный репер, а вторая поочередно устанавливается на измеряемые реперные площадки турбогруппы. Длина гибких шлангов, соединяющих головки, должна быть достаточной для установки одной из головок на любую выверенную площадку турбоблока, в то время как другая головка закреплена на репере.

Показания нониуса головки, установленной на турбогруппе, заносятся в строку «замер» (табл. 25), показания нониуса головки, установленной на относительной реперной площадке, заносятся в строку «репер» вспомогательного формуляра. Гидростатический уровень завода «Калибр» (рис. 34) не имеет шкалы $\pm$, он имеет шкалу 0÷25 мм, поэтому все замеры будут положительны. В строку «превышение» записывается с соответствующим знаком «+» или «—» разность величин, стоящих в строке «репер» и в строке «замер». Затем минимальное число принимается за «0» и вычисляются разности всех «превышений» относительно

Таблица 25

Установка ГТУ на фундамент по замерам с помощью гидростатического уровня

Показатели	Номер точки					
	1	2	3	4	5	6
Замер	10,35	11,25	12,43	11,75	11,07	12,15
Репер	11,45	13,83	14,45	14,05	12,89	14,05
Превышение	1,10	2,58	2,02	2,30	1,82	1,90
Приведено к «0»	0,00	1,48	0,92	1,20	0,72	0,80

этого «0». Полученные значения вносят в графу «приведено к «0».

При помощи клиньев и одновременной обтяжки фундаментных шпилек добиваются такого положения, чтобы величины, стоящие в графе «приведение к «0», отличались от соответствующих величин в заводском формуляре не более чем на $\pm 0,03$ мм. Плотность прилегания клиновых подкладок считается удовлетворительной, если между сопрягаемыми поверхностями не проходит пластина шупа толщиной 0,05 мм.

Окончив выверку турбогруппы, приступают к проверке плотности прилегания лап цилиндров к своим опорам, зазоров проточных частей газовой турбины и компрессора и проверке плотности прилегания верхних половин цилиндров к нижним.

Плотность прилегания лап цилиндров к опорам проверяется шупом. Предусматривается, чтобы пластина шупа толщиной 0,05 мм не проходила в зазоре между лапой и шпонкой более чем на 30% площади опирания.

Зазоры в проточных частях цилиндров проверяются по окончании выверки фундаментной рамы. Цель этой операции состоит в том, чтобы проверить, сохранились ли зазоры в проточных частях цилиндров ТВД и ТНД и компрессора. Если нет деформаций цилиндров, которые могут появиться при транспортировке агрегатов с завода на монтажную площадку, при длительном хранении перед монтажом или вследствие ошибок замеров установочных данных на заводском стенде или монтаже; цифровые значения зазоров проточных частей

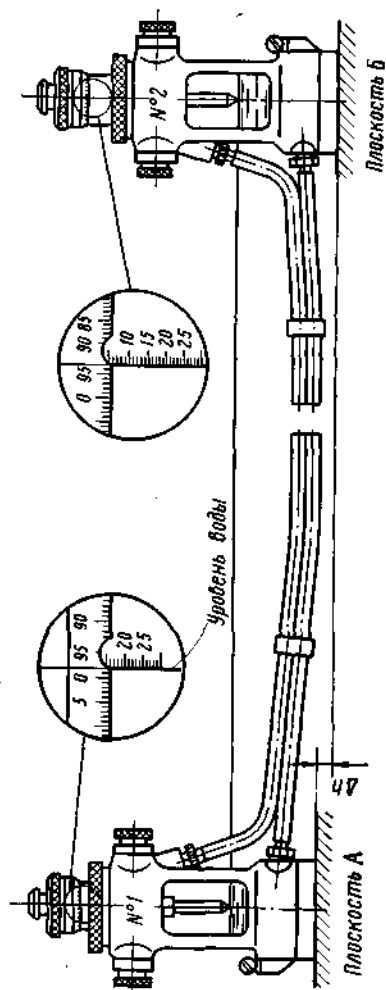


Рис. 34. Гидростатический уровень

должны быть в пределах указанных в заводских формулярах. В противном случае зазоры корректируют. Выбор способа исправления зазоров в проточной части зависит от конструкции газотурбинного агрегата. Так, например, для агрегатов НЗЛ (ГТК-10, ГТ-750-6) проточные части компрессора исправляют перемещением подшипников турбокомпрессора, т. е. базой является статор компрессора; для агрегатов УТМЗ (ГТ-6-750) зазоры корректируются перемещением обоям статора компрессора — базой при этом является ротор турбокомпрессора.

Получив удовлетворительные результаты по замерам зазоров проточных частей турбины и компрессора, выверку базового агрегата считают законченной и прихватывают электросваркой клинья между собой и к фундаментной раме или фиксируют установочные болты.

Если за базовый агрегат принят редуктор, его выверяют с контролем параллельности или скрещивания зубчатых пар.

Выверка нагнетателя после прицентровки его ротора к ротору ТНД или редуктора сводится к закреплению его рамы с установленным на ней корпусом нагнетателя к опорным подкладкам на фундаменте. Такая простая выверка нагнетателя обусловлена тем, что корпус представляет собой чрезвычайно жесткую конструкцию (толстостенный литой корпус, предназначенный для работы под высоким давлением), пространственная форма которой не меняется при изменении высотных отметок опор, а прилегание опор корпуса к фундаментной раме не свободное, корпус жестко присоединяется к раме болтами.

РЕВИЗИЯ ПОДШИПНИКОВ И РОТОРОВ. ЦЕНТРОВКА

Ревизия. Основные агрегаты газотурбинной установки имеют опорные и упорные подшипники. Опорные подшипники рассчитаны на восприятие силы тяжести ротора и динамических нагрузок, возникающих при работе ротора и передаваемых от соединенных с ним других роторов.

Упорные подшипники воспринимают несбалансированные осевые нагрузки, действующие на ротор. Основное назначение упорного подшипника — фиксировать осевое положение ротора относительно лопаточного аппарата цилиндра, благодаря чему в проточной части агрегата сохраняется постоянство осевых зазоров.

Подшипники являются наиболее ответственными частями агрегата. Несовпадение осей роторов и вкладышей опорных подшипников, вибрации, возникающие при неудовлетворительном состоянии масляного слоя, вкладыша или опорной части ротора могут вызвать аварийные остановки агрегата, разрушение баббитового слоя вкладыша и задиры опорных частей ротора.

Разрушение упорной части подшипника может вы-

звать осевое перемещение ротора, задевание и поломки уплотнения и лопаточного аппарата и привести к поломке вала ротора.

Подшипники состоят из корпуса с крышкой и двух половин вкладыша (рис. 35). Корпус подшипника, как правило, литой и опирается жестко на фундаментную раму. Вкладыши подшипников ГТУ в зависимости от способа установки бывают цилиндрические нерегулируемые, цилиндрические регулируемые и шаровые самоустанавливающиеся. Наиболее распространены цилиндрические регулируемые и шаро-

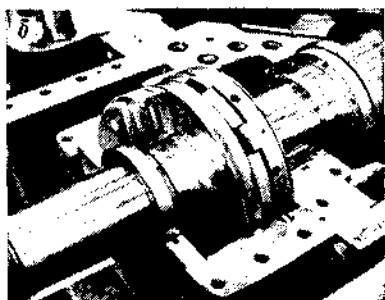
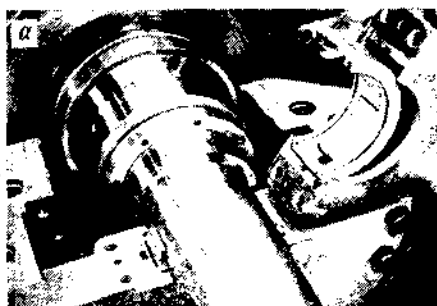


Рис. 35. Подшипники турбоагрегата:

а — опорный; б — упорный

вые вкладыши. Цилиндрические регулируемые вкладыши имеют колодки, которые привертываются к вкладышу винтами, под колодки укладывают стальные прокладки, предназначенные для смещения вкладыша и изменения радиальной установки ротора.

Перед установкой вкладыши подшипников осматривают. На баббитовых поверхностях не должно быть рисок, трещин, крошенных мест, отслаивания и других дефектов, которые могли появиться в процессе транспортировки или хранения. Вкладыши своими колодками должны плотно прилегать к расточкам цилиндров. В случае плохого прилегания (по краске менее 70% и слабой посадки; качание вкладыша относительно нижней подушки более 0,03 мм) вкладыши пригоняют за счет шабровки плоскостей подушек и подбора регулировочных пластин. Эту работу целесообразно проводить одновременно с проверкой центровки роторов по расточкам цилиндров и проверкой положения опорно-упорных вкладышей упорного диска ротора. Под каждой опорной подушкой вкладышей должно быть не более двух регулировочных стальных пластин. Запрещается применять пластины из латуни, меди, алюминия и т. д.

От плотности прилегания ротора к заливке, заливки к вкладышу и от обеспечения определенных зазоров и натягов в элементах подшипника во многом зависит спокойная, без вибраций работа агрегата.

Прилегание шеек роторов к баббитовому слою вкладышей проверяется по краске. Для этого ротор проворачивается без масла на три-четыре оборота и поднимается для осмотра вкладышей. При нормальном прилегании шеек ротора на баббите вкладышей остаются натиры в виде полосы на дуге 60° не менее 80% длины вкладышей. После этого проверяются зазоры в подшипниках и натяги вкладышей в расточках корпусов подшипников.

Верхний радиальный зазор во вкладыше между шейкой вала ротора и верхней половиной вкладыша определяют замером диаметров шейки вала ротора и расточки вкладыша. Шейку вала замеряют в нескольких местах по длине, в двух перпендикулярных плоскостях. Таким образом определяют диаметр шейки и выясняют отсутствие эллипсности. Далее собирают вкла-

дыш и устанавливают в корпус подшипника с предварительной проверкой щупом толщиной 0,04 мм плотности прилегания по разъему вкладыша. Замеряют микрометрическим нутромером (штихмассом) внутренний диаметр расточки вкладыша по вертикали в нескольких местах по длине. Размер на штихмассе контролируется микрометром, которым замерялась шейка вала. Разность замеров даст величину зазора между расточкой вкладыша и шейкой вала ротора.

Боковые зазоры во вкладышах замеряют с помощью щупа после укладки ротора, проверяют по разъему вкладыша при снятой верхней половине вкладыша.

Натяг вкладыша крышкой подшипника проверяют путем измерения наружного диаметра вкладыша и диаметра расточки под вкладыш методом, аналогичным методу замера зазоров во вкладышах. Зазоры и натяги должны соответствовать размерам, указанным в чертежах вкладышей.

Радиальный зазор между шейкой вала и вкладышем можно определить путем замера отрисков-кусочков (рис. 36) свинцовой проволоки диаметром 1—1,5 мм, длиной 30—40 мм, которые кладут в двух местах поперек оси на шейку вала, в четырех местах на разъеме

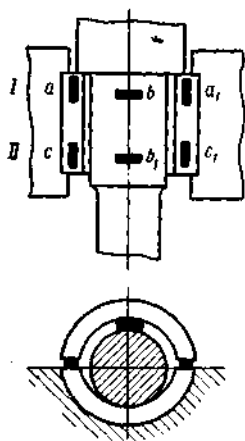


Рис. 36. Проверка зазоров во вкладышах

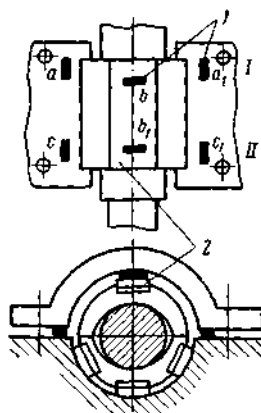


Рис. 37. Проверка натяга вкладыша свинцовыми вытяжками

нижней половины вкладыша. Для получения оттисков накрывают верхнюю половину вкладыша и свинцовой кувалдой наносят по центральной части верхнего вкладыша легкий удар. После снятия верхней половины вкладыша с помощью микрометра замеряют полученные оттиски. По полученным оттискам разъема находят средние толщины a' и c'

$$a' = \frac{a + a_1}{2}; \quad c' = \frac{c + c'}{2}.$$

Эти величины и оттиски на шейке вала b и b_1 заносятся в табл. 26.

Таблица 26

Место установки вкладыша			Передняя сторона вкладыша			Задняя сторона вкладыша		
			b_1 , мм	c , мм	Радиальный зазор ($b_1 - c'$)	b , мм	a' , мм	Радиальный зазор ($b_1 - a'$)
Турбина	Подшипники	опорный						
		опорно-упорный						

Натяг вкладыша крышкой подшипника также можно измерить выжимкой свинца. Куски свинцовой проволоки 1 устанавливаются в двух местах на подушке 2 верхней половины вкладыша и в четырех местах на горизонтальном разъеме между крышкой и корпусом подшипника (рис. 37).

Легким ударом свинцовой кувалды по центральной части крышки создают оттиски, которые измеряются микрометром. Средняя величина оттисков, установленных на разъеме, определяется по формулам

$$a' = \frac{a + a_1}{2} \quad \text{и} \quad c' = \frac{c + c_1}{2}.$$

Замерные оттиски вкладыша a' и c' и средние величины оттисков по разъему b и b_1 заносятся в табл. 27.

Таблица 27

Запись замеров оттисков для определения натягов в подшипниках

Место установки вкладыша			Оттиск на верхней половине вкладыша, мм		Средняя величина оттиска на разъеме, мм		Натяг	
			b	b_1	a'	c'	$a'-b$	$c'-b_1$
Турбина	Подшипники	опорный						
		опорно-упорный						

При сборке упорного подшипника (в современных ГТУ применяются подшипники с качающимися колодками типа Мичеля и Кинзбери) особо тщательно про-

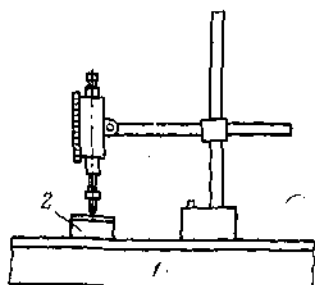


Рис. 38. Замер толщины колодок:

1 — поверочная плита; 2 — колодка

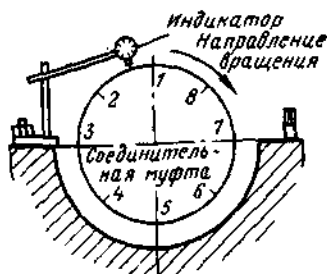


Рис. 39. Проверка эллипсности (биения) полумуфты ротора

веряют биение упорного диска ротора, прилегание установочных колодок к расточке в корпусе подшипника, надежность закрепления стопорного винта, который удерживает упорный подшипник от проворачивания.

Для обеспечения нормальной работы упорного подшипника необходимо, чтобы между упорным диском и всеми колодками были одинаковые зазоры. Это дости-

гается в том случае, когда все колодки имеют одинаковую толщину. Разнотолщинность допускается в пределах 0,02—0,03 мм. Толщину упорных колодок проверяют индикатором часового типа. Для этого каждую колодку поочередно укладывают баббитовой поверхностью на шабровочную плиту, а головку индикатора устанавливают на контактный поясик колодки. Разница показаний индикатора при перемещении колодки по плите указывает на разнотолщинность колодки (рис. 38).

Одновременно проверяется прилегание упорных колодок к упорному диску и осевой разбег ротора. Площадь прилегания рабочих и установочных колодок по натирам должна быть не менее 80% площади каждой колодки. Осевой разбег ротора измеряется двумя индикаторами. Один индикатор определяет разбег ротора, а другой — разбег опорно-упорного вкладыша. Абсолютная величина осевого разбега подсчитывается с учетом перемещения вкладышей в расточке корпусов подшипников и должна соответствовать указанным в чертежах.

Центровка вращающихся частей агрегатов. Под общим понятием «центровка» понимают установку ротора внутри статора таким образом, чтобы их оси совпадали, были выдержаны осевые зазоры между деталями ротора и статора, и установку осей валов машин, составляющих агрегат, в такое положение, при котором эти оси образуют в вертикальной плоскости плавную линию. Прогиб этой линии определяется статическим прогибом отдельных роторов.

Центровку вкладышей осуществляют путем перемещения подшипников или цилиндров с прилитыми к ним корпусами подшипников в трех координатных плоскостях до совпадения осей подшипников соединяемых агрегатов. Точность совпадения осей зависит от конструкции муфты, соединяющей роторы, и от предварительной компенсации разности тепловых расширений подшипников соединяемых агрегатов. Соосность подшипников при окончательной центровке контролируют по полумуфтам роторов. Однако в некоторых случаях возникает необходимость в проверке точности изготовления самого ротора, его полумуфты и посадки полумуфты на ротор. Такая проверка сводится к определе-

нию величин биения упорного диска ротора и полумуфты, насаженной на вал ротора.

Для проверки биения участков вала используют индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм, который устанавливают в верхней части цилиндрической поверхности вала (рис. 39).

Биением называется разность показаний индикатора в противоположащих точках измеряемого сечения вала. До проведения измерений проверяемую окружность делят мелом или карандашом на несколько равных частей. Вращая ротор, записывают показания индикатора в местах отметок. Каждый замер повторяют дважды, смещая индикатор от первоначальной точки вдоль оси ротора на 10—15 мм. Изменения в показаниях индикатора по окружности свидетельствуют об эксцентричной посадке детали на вал или о погнутости самого вала.

Для проверки биения торцевых поверхностей ротора (упорного диска) и полумуфты используют два индикатора. Их располагают диаметрально противоположно на разъеме фланца корпуса подшипника (рис. 40). Так же, как и при проверке биения цилиндрических поверхностей, вращают ротор и против каждой метки записывают показания индикаторов. Разность в показаниях свидетельствует о неправильности торцевых по-

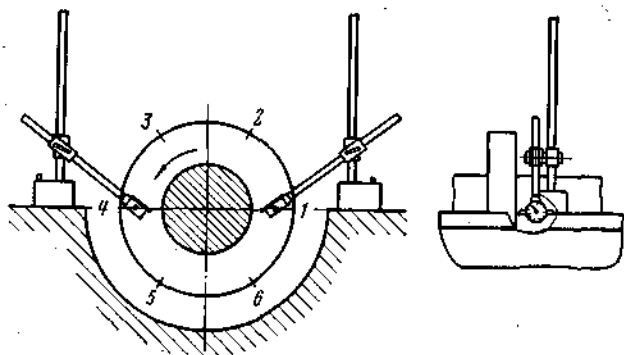


Рис. 40. Замер биения упорного диска двумя индикаторами

верхностей полумуфт или упорного диска. Два индикатора устанавливают для учета смещения ротора в осевом направлении при его вращении.

Таблица 28

Определение биения по торцу

Диаметр, мм	Показания индикатора на концах диаметров, мм		Алгебраическая разность, мм	Биение по торцу, мм
	слева	справа		
1—4	0,00	0,00	—	—
2—5	+0,03	—0,03	0,06	0,03
3—6	+0,06	—0,06	0,12	0,06
4—1	+0,28	+0,10	0,18	0,09
5—2	+0,20	+0,10	0,10	0,05
6—3	+0,18	+0,12	0,06	0,03
1—4	+0,15	+0,15	—	—

Из табл. 28 видно, что максимальное биение (половина алгебраической разности) отмечается на диаметре 4—1 в точке 4. Во время измерения вал сместился по оси на +0,15 мм, но показания индикаторов не сбились.

Допустимые биения указываются в заводских инструкциях.

Допустимые биения деталей турбоагрегата

Детали турбоагрегата	Допустимое биение, мм
Шейки вала	0,03
Втулки уплотнений	0,10
Полумуфты упругие (по окружности и по торцу)	0,06
Полумуфты жесткие:	
по окружности	0,06
по торцу	0,03
упорные диски подшипников	0,03
консоль ротора	0,04

Окончив проверку самих роторов, приступают к проверке центровки подшипников по полумуфтам роторов.

Перед центровкой необходимо убедиться в соответствии расстояния между торцами полумуфт роторов по проставку или специально изготовленному шаблону.

Центровка проводится при помощи специального приспособления с использованием щупа или индикаторов. При центровке роторы поворачиваются одновременно. Замеры фиксируются через каждые 90° поворота. Каждый раз замеряется один радиальный зазор и четыре аксиальных в верхней, правой нижней и левой точках. После поворота на 360° по записям определяется положение полумуфт роторов. Радиальные зазоры показывают несоосность осей роторов. Среднеарифметические

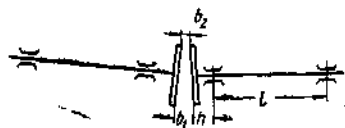


Рис. 41. Схематическое положение двух нецентрированных валов

величины аксиальных замеров каждого положения роторов показывают излом осей.

На рис. 41 схематически изображено положение двух нецентрированных валов в одной плоскости.

Обозначим $b = b_1 - b_2$ — раскрытие полумуфт, определяющее нецентрированность по торцу; L — расстояние между серединами опор вала; D — диаметр, на котором измерено раскрытие; h — расстояние между средней плоскостью муфты и осью опоры.

Смещение (в мм) подшипника № 4, необходимое для устранения раскрытия,

$$x = b \frac{L + h}{D}.$$

При исправлении положения вала в соответствии с торцевыми измерениями муфта прицентриваемого вала сместится уже по радиусу на величину

$$y = b \frac{h}{D}.$$

При исправлении положения вала, смещенного только в радиальном направлении (параллельно основному валу), никаких изменений в торцевом положении не происходит. В табл. 29 приводятся допускаемые отклонения при центровке в зависимости от конструкции муфт.

Допускаемые отклонения при центровке по полумуфтам

Конструкция муфты	Частота вращения, об/мин	Отклонение, мм	
		радиальное	торцевое
Жесткая муфта четырех-опорного агрегата	—	0,04	0,02
Эластичная муфта с пакетом пружин	3000	0,05	0,05
То же	8000	0,05	0,02
Гибкая муфта со змеевидной пружиной	3000	0,08	0,08
То же	До 12000	0,04	0,04
Зубчатая или кулачковая муфта	3000	0,10	0,08
То же	До 10000	0,05	0,04
Пальцевая муфта	До 3000	0,08	0,06
Шарнирная муфта	До 6000	0,15	0,15

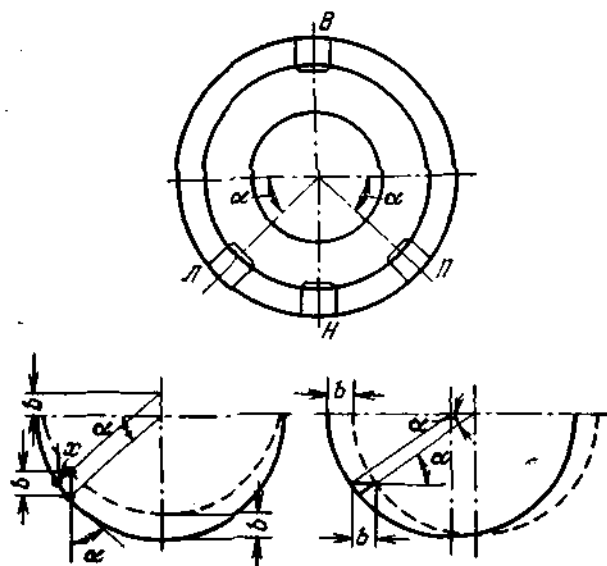


Рис. 42. Смещение вкладышей в вертикальном и горизонтальном направлениях

Незначительные расцентровки исправляют, как правило, перемещением вкладышей подшипников посредством изменения толщин регулируемых пластин опорных колодок вкладышей (рис. 42).

Если, например, необходимо сместить вкладыши вверх на величину x , то под нижней колодкой H толщина прокладки должна быть увеличена на эту величину, а под верхней колодкой B уменьшена на ту же величину x . При этом под боковыми колодками L и P толщины прокладок увеличиваются на величину $x \sin \alpha$.

При смещении вкладыша в горизонтальном направлении толщины прокладок под верхними и нижними колодками B и H не меняются, а под колодками L и P толщина прокладок уменьшается на величину смещения, умноженную на $\cos \alpha$ в направлении перемещения и увеличивается на такую же величину в направлении, противоположном перемещению.

При значительной расцентровке ее исправляют перемещением корпусов турбоблока или компрессора посредством изменения толщин опорных прокладок или высоты опорных болтов.

Иногда в процессе монтажа приходится исправлять значительные расцентровки после подливки агрегата или после другого способа фиксации его на фундаменте. В этом случае исправление центровки происходит путем перемещения всего турбоблока на горизонтальных опорных шпонках.

Таблица 30

Необходимые перемещения опорных лап турбоагрегата в зависимости от величины раскрытия фланцев, мм

Величина раскрытия фланцев на приспособлении	Необходимая величина перемещения опорных лап			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
0,03	0,82	0,524	0,38	0,23
0,04	1,10	0,70	0,51	0,31
0,06	1,65	1,05	0,77	0,46
0,07	1,92	1,22	0,89	0,54
0,08	2,19	1,30	1,02	0,61
0,09	2,46	1,57	1,14	0,69
0,10	2,74	1,75	1,27	0,77

В табл. 30 приведены данные необходимых перемещений опорных лап в зависимости от величин раскрытия фланцев для агрегата ГТ-750-6 в пределах от 0,03 до 0,10 мм (рис. 43).

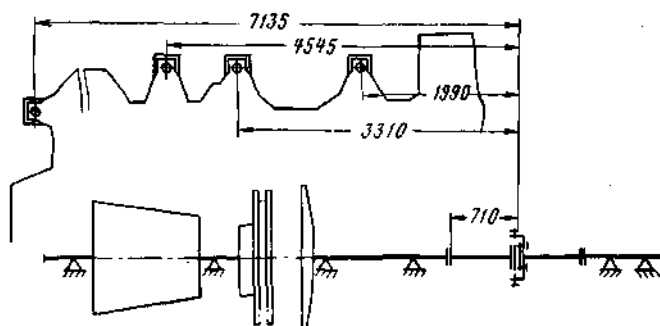


Рис. 43. Схема расположения и размеры для расчета перемещений при центровке

МОНТАЖ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В конструкциях некоторых типов газотурбинных установок камера сгорания выполняется отдельно от цилиндра турбины. При таких конструкциях камеру сгорания заводят в проем фундамента до установки на него агрегата. Различают два типа камер сгорания — горизонтальные (рис. 44) и вертикальные (рис. 45). При монтаже горизонтальной камеры сгорания перво-

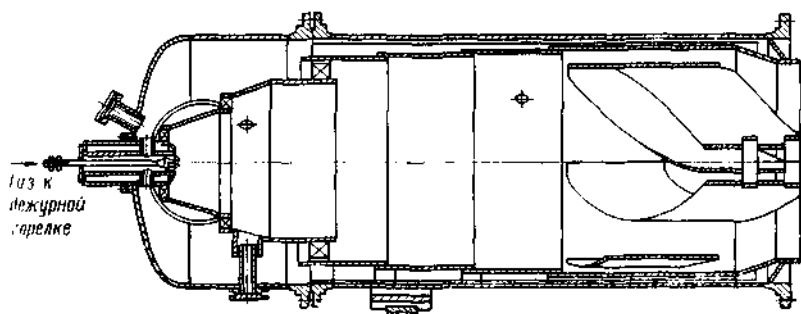


Рис. 44. Камера сгорания горизонтального типа

начально выставляется рама на отметке $\nabla 0,00$. Раму выверяют по уровню; при этом допускается уклон $\pm 0,5$ мм на 1 м. После выставления рамы осуществляются разборка, консервация и сборка пружинных опор камеры сгорания под «монтажный» размер (указан в чертеже на сборку опор).

Следующим этапом работ является подача камеры сгорания и установка ее на пружинных опорах; после чего к камере сгорания крепится с болтами переходной патрубком.

Окончательно камеру сгорания выверяют после подливки турбоблока.

Положение камеры сгорания регулируется так, чтобы обеспечить холодный натяг между входным патрубком турбины высокого давления и переходным патрубком, для чего между патрубком ТВД и переходным патрубком оставляют равномерный зазор, равный 15 мм.

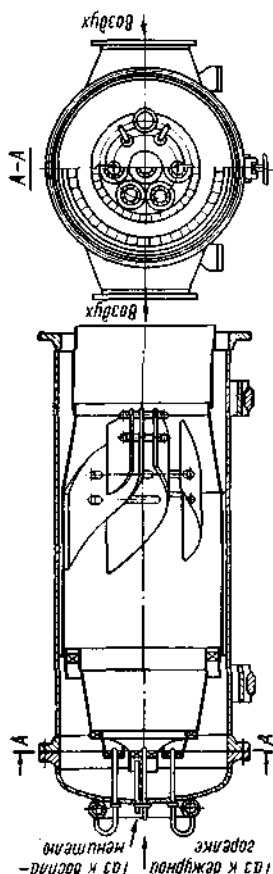


Рис. 45. Вертикальная камера сгорания

Монтаж вертикальной камеры сгорания аналогичен горизонтальному с той лишь разницей, что у вертикальной камеры сгорания отсутствует переходной патрубок, а роль рамы выполняют четыре пружинных опоры.

Монтаж камер сгорания секционного типа (рис. 46) сводится к разборке и ревизии собранных на цилиндре

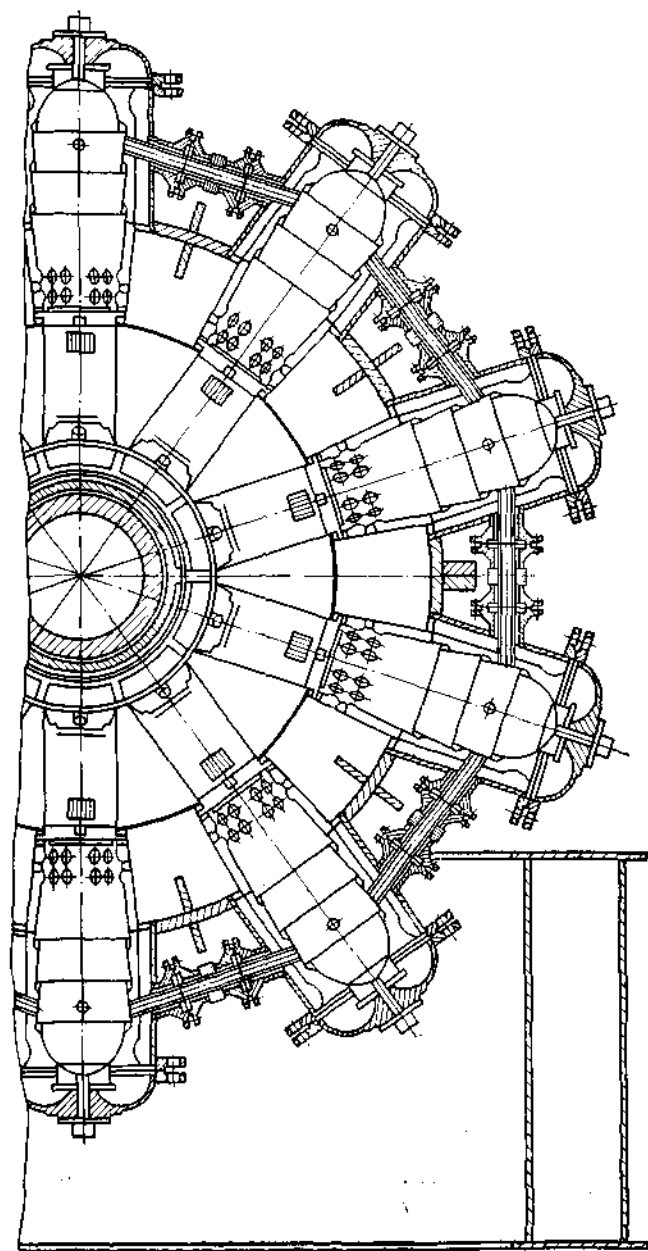


Рис. 46. Камера створения секционного типа агрегата ГТ-6-750

высокого давления камер, если турбогруппа постав-
ляется с необходимостью разборки.

При блочной поставке агрегатов ревизию камер сго-
рания не проводят.

Регенераторы, устанавливаемые вне здания компрес-
сорного цеха, монтируют автокранами, а регенераторы,
размещаемые внутри здания,—при помощи мостового
крана. Перед подачей регенератора к месту установки
скользящие опоры тщательно очищают и смазывают
графитом. После установки регенераторы опрессовы-
вают по воздушной стороне (рис. 47). Допустимые
нормы утечки воздуха указываются в инструкциях за-
водов-изготовителей.

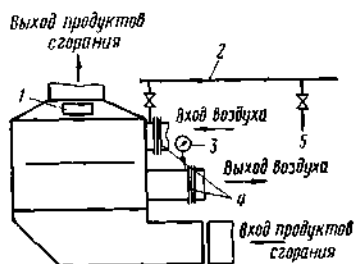


Рис. 47. Схема опрессовки регене-
ратора:

1 — люки; 2 — общий коллектор диа-
метром 50 мм; 3 — манометр; 4 — ме-
таллические заглушки; 5 — воздух под
давлением 3,5 кгс/см² от работающей
машины

На КС с газотурбинным приводом после регенера-
торов (по ходу выхлопных газов) монтируют котлы-
утилизаторы, в которых теплом отходящих газов нагре-
вается вода, идущая на отопительные нужды КС. При-
менение котлов-утилизаторов повышает коэффициент
полезного действия ГТУ и избавляет от необходимости
устройства котельных. Монтаж котлов-утилизаторов
сводится к установке и выверке на специальных опорах
блоков, поступающих в собранном виде, к их наруж-
ному осмотру, присоединению к внешним коммуника-
циям и гидравлическому испытанию (по водяной сто-
роне).

ПОДЛИВКА БЕТОНОМ И ЗАКРЫТИЕ ЦИЛИНДРОВ

Подливка бетоном рамы-маслобака турбогруппы и на-
гнетателя проводится одновременно и непрерывно, од-

нако если монтаж нагнетателя задерживается по каким-либо причинам, допускается их раздельная подливка. Для того чтобы старые бетонные поверхности не отбирали влагу у подливаемого бетона, необходимо в течение нескольких дней фундамент непрерывно увлажнять. Перед подливкой бетоном необходимо убедиться в следующем:

центровка роторов по полумуфтам турбины низкого давления и нагнетателя выполнена в допустимых пределах;

щуп 0,05 мм не проходит между опорными плоскостями лап цилиндров и опор;

фундамент и заливаемые бетоном части агрегата очищены от масла, мусора, керосина и т. д.;

клинья и подкладки прихвачены между собой, к корпусу нагнетателя и к раме-маслобаку турбогруппы электросваркой.

Раствор бетонной смеси для быстрого получения прочности подливки рекомендуется готовить из цемента марки не ниже 300. Размер гравия не должен превышать 15—20 мм.

Для лучшего заполнения колодцев, пространства между рамами и опалубкой, внутренней полости рамы нагнетателя рекомендуется пользоваться специальными штырями из арматурного железа. Разрешается (осторожно) пользоваться также вибратором без касания при работе его рам и пакетов клиновых прокладок.

Одновременно с подливкой изготавливаются контрольные кубики для контроля прочности бетонной подливки. При затвердевании бетон необходимо периодически смачивать водой.

По окончании всех проведенных работ по газовой турбине и нагнетателю, сборки всех внутренних частей, снятия формулярных замеров подготавливают к закрытию верхние половины и крышки цилиндров.

Перед закрытием цилиндров газовой турбины и воздушного компрессора необходимо выполнить следующие работы:

проверить уровнем положение шеек роторов;

проверить крепление подводов воздуха для охлаждения горячих частей турбины и систему охлаждения ротора согласно инструкции; данные занести в паспорт турбины;

тщательно очистить и продуть сжатым воздухом внутренние полости цилиндров газовой турбины, воздушного компрессора и воздушные тракты охлаждения; зачистить горизонтальные разъемы цилиндров и резьбовые части крепежа разъемов.

Фланцы горизонтальных разъемов цилиндров покрывают специальной мастикой (для уплотнения разъемов осевого компрессора применяют шнур ФУМ), с помощью установочных направляющих колонок закрывают цилиндры. Штифты на горизонтальный разъем устанавливаются при подвешенных на кране крышках цилиндров. Зазор при этом по горизонтальному разьему составляет не более 2—4 мм. После опускания и обжатия разъемов корпусов проверяют плотность горизонтального разьема. При этом пластина щупа 0,05 мм не должна проходить.

МОНТАЖ СИСТЕМЫ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО АГРЕГАТА

К системе маслоснабжения агрегата относятся все маслопроводы в пределах самого агрегата, маслобаки, маслоохладители, насосы смазки и уплотнения.

Маслопровод монтируют после окончания строительных работ в цехе, где установлен агрегат. Полы на нижней отметке и на отметке обслуживания агрегата должны быть выполнены согласно проекту. В цехе должна быть обеспечена чистота.

Очередность установки труб выбирают по месту. Узлы, входящие в систему (маслобак, маслоохладители, насосы, фильтры и т. д.), должны быть отревисованы и отпрессованы.

В качестве прокладочного материала на фланцевых соединениях трубопроводов применяют картон, проваренный в турбинном масле. Толщина картона не должна быть более 2 мм; внутренний диаметр прокладки должен быть более внутреннего диаметра фланца на 2—3 мм.

Фланцы должны свободно прилегать один к другому без натягов. Болты должны быть соответствующей длины.

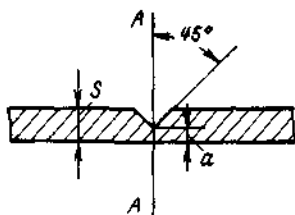
Участки труб, которые могут иметь вибрацию, крепятся специальными подвесками или должны иметь опоры. Если трубы располагаются в зоне высоких температур, их необходимо защитить изоляционным материалом и кожухами.

Маслопровод смазки и регулирования изготавливается из цельнотянутых труб; при блочной поставке оборудования трубопровод изготавливается на заводе и поставляется непосредственно с агрегатом, при неблочной поставке часть маслопровода приходится изготавливать непосредственно на монтажной площадке.

При установке нескольких агрегатов на одной станции маслопровод на каждом из них должен быть однообразен.

Трубы гнут по изготовленным шаблонам при помощи трубогибов. Обрезают трубы и припасовывают их по месту. Трубы до диаметра 57 мм обрезаются труборезом или ножовкой, большего диаметра — обрезаются с помощью резака (бензореза или автогенного аппарата). Плоскости реза должны быть строго перпендикулярны к оси трубы и обработаны шлифовальной машинкой или драчевым напильником. Затем трубы сваривают встык (рис. 48).

Рис. 48. Стыковка труб перед сваркой (при $S \geq 3$ мм $a = 1 \pm 0,05$ мм)



Места сварки подвергаются предварительной обработке — делается фаска под углом 45° и обрабатываются наждаком или слесарной пилой плоскости «А». Допустимое смещение труб не более 0,5 мм (МН-2892—62).

При толщине стенки трубы $s = 3$ мм применяется газовая сварка, при большей толщине — электросварка электродом Э-42А ГОСТ 9467—75 или специальным электродом, марка которого оговорена в технических требованиях чертежа маслопровода.

При сварке встык следует избегать потолочных швов. Запрещается углублять трубу в трубу и прива-

ривать их под косым углом с измененным проходным сечением.

Фланцы для соединения труб (в зависимости от давления и проходного сечения) выбираются по государственному стандарту и соединяются с трубами под прямым углом.

Все фланцы провариваются двойным швом снаружи и внутри.

При сварке фланцев на трубах диаметром менее 32 мм внутреннего шва можно не делать. В таких случаях конец трубы подвергается развальцовке.

После сварки трубы устанавливают на место. При установке не должно быть натягов в трубах, перекосов во фланцах. При контрольной сборке применяются прокладки из материала толщиной до 2 мм.

Контрольной сборке подвергается весь маслопровод (совместно с импульсными трубками по КИП и автоматике), затем его полностью разбирают и готовят к опрессовке и чистке.

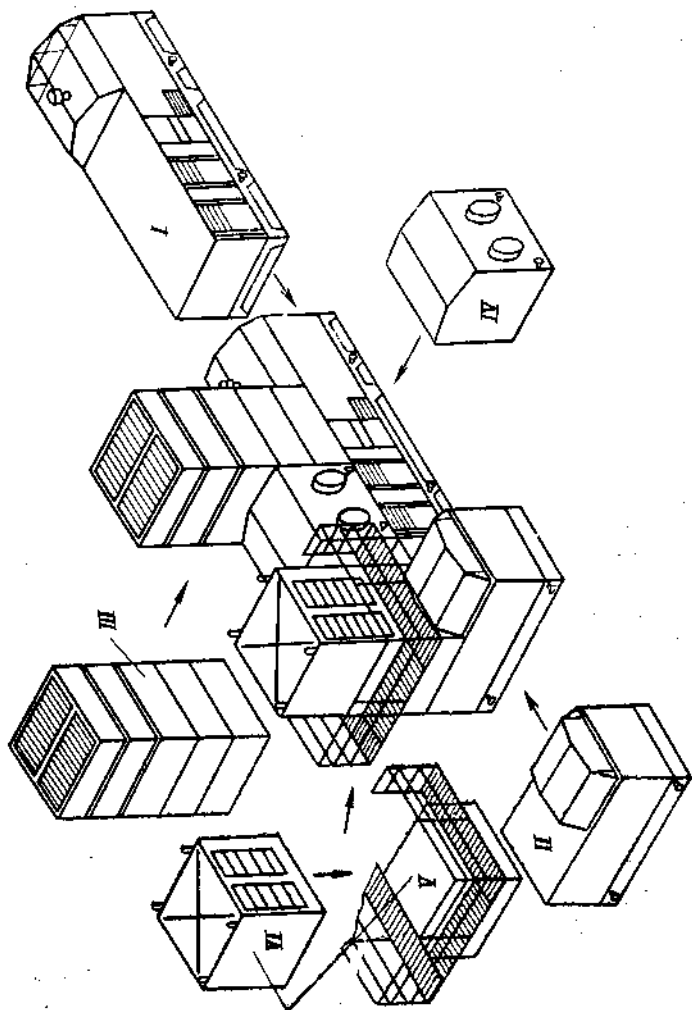
МОНТАЖ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ГПА-Ц-6,3

Агрегат ГПА-Ц-6,3 состоит из шести блоков, поставляемых с завода в собранном виде и соединяемых в процессе монтажа. Блок турбоагрегата состоит из двигателя и нагнетателя, смонтированных на железобетонной плите и соединенных зубчатой муфтой; здесь же расположены выхлопная улитка маслосистемы смазки и уплотнений, маслобаки, газовые и воздушные коммуникации (рис. 49).

Приводом компрессора служит двигатель, спроектированный на базе авиационного турбовинтового. Топливом служит газ, транспортируемый по газопроводу. Запускается двигатель газовым стартером под давлением транспортируемого газа. Нагнетатель — двухступенчатая центробежная машина с горизонтальным разъемом корпуса. Смазка двигателя и нагнетателя — циркуляционная. Всасывающую камеру с контейнером автоматики соединяют с блоком турбоагрегата гибким переходником, при этом точной центровки блока не требуется. В контейнере автоматики размещены датчики и первичные приборы. Воздухоочистительное уст-

Рис. 49. Последовательность монтажа блоков газотурбинного агрегата ГПА-Ц-63:

I — блок турбоагрегата; II — всасывающая камера с контейнером автоматики; III — выхлопная шахта; IV — блок маслоохладителей с площадкой обслуживания; V — блок фильтров



ройство с шумоглушителем в виде двух транспортабельных блоков, устанавливаемое на всасывающей камере, предназначено для очистки воздуха, поступающего в двигатель.

Блок маслоохладителей состоит из четырех маслоохладителей воздушного охлаждения; устанавливают его на кронштейне турбоагрегата над двигателем. В верхней части шахты размещены панели для шумоглушения потока выхлопных газов.

Агрегат устанавливается на песчано-гравийную подсыпку или на монолитный железобетонный фундамент со стальными пластинками размером 350×350 мм и толщиной 20 мм.

Нагнетатель монтируют после установки турбоагрегата, который принимается за базу. Горизонтальность блока достигается за счет изменения толщин подкладок под турбоблоком.

После выверки турбоагрегата и всасывающей камеры с контейнером автоматики бетонной смесью заливают фундаментные болты на 60—100 мм ниже верха колодца. При достижении бетоном в колодцах не менее 60% проектной прочности производят окончательную выверку и подливку агрегата бетоном марки не ниже 200; после подливки и набора прочности бетона монтируются выхлопная шахта, блок маслоохладителей и воздухоочистительное устройство.

После окончания технологической обвязки нагнетателя центрируют его с двигателем. Соосное расположение роторов нагнетателя и турбины достигается изменением положения двигателя.

ГЛАВА 6

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ РЕДУКТОРОВ И НАСОСОВ

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ГЕНЕРАТОРОВ И РЕДУКТОРОВ

В качестве привода основных насосов на НПС и нагнетателей на КС применяют электрические двигатели

трехфазного тока высокого напряжения синхронного или асинхронного типа. Электродвигатели синхронного типа работают при частоте вращения, не зависящей от нагрузки, и являются наиболее устойчивыми к колебаниям напряжения сети. Для возбуждения обмотки ротора у синхронного электродвигателя служит возбудитель-генератор постоянного тока. Возбудитель имеет привод от вала электродвигателя. Для электродвигателей асинхронного типа не требуется возбудителя, они включаются непосредственно в трехфазную сеть и могут регулироваться по частоте вращения.

Асинхронные двигатели благодаря простоте и невысокой стоимости чаще применяются для привода вспомогательных насосов небольшой мощности.

Конструктивно электродвигатели и генераторы состоят из статора и ротора с обмотками.

Статор и подшипники, в которых вращается ротор, опираются на общую фундаментную раму, жестко закрепленную на фундаменте. На монтажную площадку электрические двигатели поступают, как правило, в собранном виде, т. е. вместе с ротором. Ревизия в этом случае заключается в проверке состояния обмоток статора и подшипников ротора. Электрические генераторы для электростанций собственных нужд поставляются собранными вместе с двигателями внутреннего сгорания.

Крупные насосы и электродвигатели к ним в ряде случаев поставляются в разобранном виде.

Для смазки подшипников двигателей и генераторов и охлаждения обмоток электрических машин служат системы маслохозяйства и охлаждения.

Для охлаждения нагретого в электродвигателе воздуха применяются воздухоохладители (одно- или двухсекционные). Каждая секция состоит из двух трубных досок, в которые развальцованы латунные трубки. Циркуляция воды и воздуха в воздухоохладителе осуществляется по принципу противотока.

Для тушения загораний в электродвигателе применяют воду или угольную кислоту, которые подают под давлением через патрубок в статоре двигателя и противопожарные трубопроводы.

Возбудители синхронных двигателей (например двигателей СТД-4000-2) опираются на две отделенные

от ротора подшипниковые стойки с подшипниками скольжения. Статор вместе с подшипниковыми стойками опирается на общую фундаментную раму. Обе подшипниковые стойки изолируются от фундаментной рамы и маслопроводов.

На электростанциях собственных нужд перекачивающих станций применяют синхронные генераторы переменного тока, жестко соединенные с газовыми двигателями.

Для КС используют мотор-генераторы 11ГД-100, состоящие из синхронного генератора трехфазного тока напряжением 6300 В, мощностью 1000 кВт и газового двухтактного двигателя мощностью 1500 л. с., 750 об/мин, а также синхронные генераторы МСД-322-6/16 мощностью 410 кВт, напряжением 6300 В.

Основной период монтажа начинается с подачи оборудования на фундаменты. Подача электродвигателей для КС осуществляется мостовым краном, подача мотор-генераторов для электростанций собственных нужд — по эстакаде или строительными кранами, так как в здании электростанции устанавливается кранбалка грузоподъемностью значительно меньшей, чем вес агрегата.

Рассмотрим технологию монтажа электродвигателя СТД-4000-2 для привода нагнетателя 280-11-6. Подготовив фундамент и установив на обработанные на бетоне места металлические подкладки и клинья, подают электродвигатель. Выверку осуществляют при помощи клиньев. Установив двигатель, проверяют клиновым щупом зазор между ротором и статором; отклонение допускается в пределах не более 5% среднего воздушного зазора, затем прицентровывают двигатель к редуктору (редуктор является базой) (рис. 50).

Окончив центровку, проводят обтяжку фундаментных болтов, прихватку клиньев и подливку фундаментной рамы двигателя.

Пусконаладочные работы при монтаже электродвигателя выполняются одновременно с аналогичными работами при монтаже приводимого им насоса или нагнетателя. При этом осматривают и проверяют электрическую схему, панели, сопротивление изоляции ротора (оно должно быть не менее 1,5 МОм) и статора (не менее 6 МОм). Если сопротивление изоляции ниже ука-

занных значений, изоляцию сушат электротоком. Затем определяют состояние изолирующих прокладок между подшипниками и фундаментной плитой, а также на подводе и отводе маслопроводов к подшипникам.

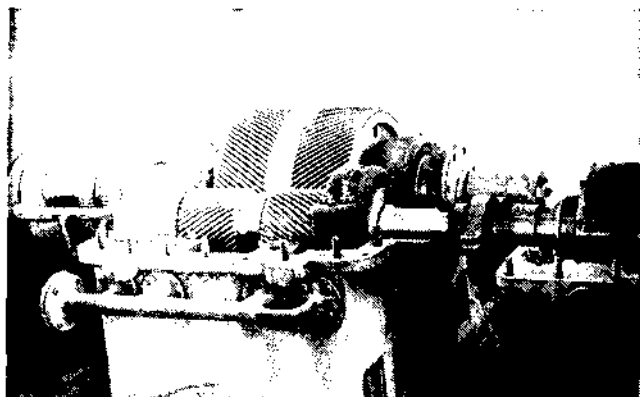


Рис. 50. Редуктор агрегата СД-4000-2

У асинхронных двигателей сопротивление изолирующих прокладок должно быть не менее 0,5 МОм, у синхронных — не менее 1 МОм.

После проверки и включения цепи питания, управления и сигнализации производят пробный пуск электродвигателя при разъединенной муфте с приводимой машиной. Пробный пуск для проверки правильности направления длится всего лишь несколько секунд.

Одновременно с ревизией подшипников проверяют скрещивание и непараллельность зубчатой пары (рис. 51). Непараллельность пары определяется по контрольным буртам при помощи специальных калибров, а скрещивание — при помощи уровня «Геологоразведка», который устанавливается непосредственно на шейки колеса и шестерни. Скрещивание осей определяется как алгебраическая разность показаний уровней и не должна превышать 0,03 мм/м. Исправляют скрещивание и непараллельность, как правило, подшипниками шестерни и колеса.

После выполнения вышеперечисленных работ проверяют контакт зацепления. Проверка контакта зубьев на краску не дает требуемой точности из-за частичного размазывания. Наиболее точный способ проверки кон-

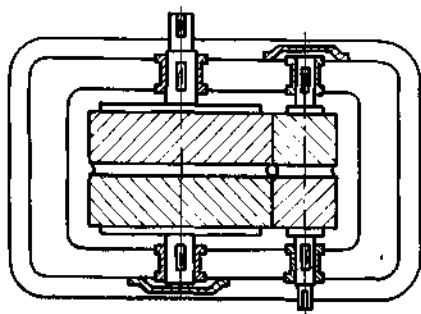
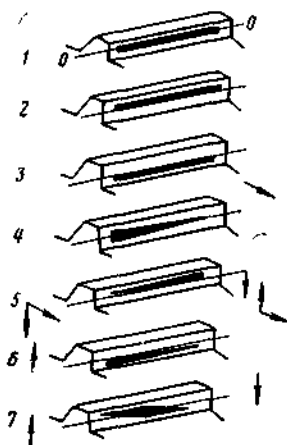


Рис. 51. Проверка скрещивания осей по уровню

Рис. 52. Проверка работы зацепления по следам контакта или с помощью краски:

1 — правильно; 2 — велико расстояние между осями; 3 — недопустимо сближены; 4—7 — перекосы осей (для исправления необходимо сдвинуть их по направлению стрелок)



такта на медный купорос. Для этого 6—8 зубьев в нескольких местах по периметру зуба шестерни и колеса тщательно обезжиривают бензином, а затем втирают в зубья насыщенный раствор медного купороса. После высыхания проворачивают шестерню за квадратный конец в направлении, обратном вращению. По натирам на зубьях судят о характеристике контакта. Допускается контакт по длине зубьев не менее 85% и по высоте профиля не менее 50% (рис. 52).

После ревизии окончательно выверяют редуктор на клиновых прокладках с проверкой плотности прилегания опорных частей (щуп 0,05 мм не должен проходить по периметру клиновой подкладки не менее 75%) и горизонтальность установки редуктора по уровню в продольном и поперечном направлениях. Уровень при выверке в продольном направлении ставят на шейку шестерни или колеса, в поперечном — на фланец разъема корпуса редуктора. Крепить редуктор к фундаменту на-

до очень осторожно, чтобы не допустить деформацию корпуса редуктора; для этого затяжку гаек фундаментных болтов и подбивание клиновых прокладок контролируют с помощью магнитной стойки с индикатором, которую устанавливают на подставке вне редуктора, а стержень индикатора упирают в разъем корпуса редуктора около вкладышей подшипников. При креплении редуктора показания индикатора могут изменяться не более чем на 0,02 мм.

После окончательного крепления фундаментных болтов клиновые прокладки сваривают между собой точечной сваркой; длина шва 10—15 мм.

Обычно редуктор подливают бетоном одновременно с нагнетателем (насосом или компрессором) и электродвигателем после окончательной центровки всей линии валов.

МОНТАЖ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Насосы нашли широкое применение для перекачки различных жидкостей: нефти, нефтепродуктов, воды на насосных и компрессорных станциях. Наибольшее распространение на магистральных и промысловых объектах получили центробежные, шестеренчатые, винтовые и поршневые насосы.

В центробежных насосах жидкость движется за счет центробежной силы, развивающейся в рабочем колесе при его вращении. Шестеренчатые, винтовые и поршневые — насосы «вытеснения», т. е. рабочая жидкость, поступающая в насос, вытесняется в трубопровод зубьями, винтами, поршнем или плунжером.

В зависимости от числа рабочих колес различают одноступенчатые или многоступенчатые центробежные насосы, с односторонним или двусторонним колесом.

Конструктивно центробежный насос состоит из ротора с насаженными на него рабочими колесами и корпуса, выполненного в виде спиральной камеры переменного сечения (улитки), камера переходит в напорный патрубок насоса, соединенный с магистральным трубопроводом.

Монтаж насосного агрегата начинается с выверки его на фундаменте, ревизии, прицентровки к электро-

двигателю или редуктору и последующей подливки фундаментной рамы или плиты.

Насос выверяют на фундаменте при помощи отжимных болтов или изменением толщин опорных подкладок аналогично выверке нагнетателя (корпус насоса так же, как и нагнетатель, представляет собой достаточно жесткую конструкцию).

Ревизия насоса, так же как и редуктора, проводится после предварительной выверки его на фундаменте и включает в себя работы по расконсервации узлов и деталей насоса, проверки и подгонки подшипников и ротора.

После окончания ревизии насос собирают, окончательно выверяют с прицентровкой к приводному двигателю. Прицентровка насоса к двигателю осуществляется путем изменения положения рамы совместно с корпусом насоса при помощи клиньев или установочных болтов. После окончания работ по центровке затягивают анкерные болты и проводят подливку фундаментной рамы или плиты бетоном.

Опробование насоса ведут прокачкой жидкости в замкнутом контуре. Центробежные насосы обкатывают под нагрузкой, создаваемой при помощи запорной задвижки (в закрытом положении). При опробовании насос должен работать без стуков и чрезмерного шума. Одновременно проверяют работу уплотнений, температуру масла в подшипниках и в системе смазки.

Испытание под нагрузкой длится 4 ч. Продолжительность испытания особо сложных и ответственных насосных агрегатов может быть увеличена до 72 ч при наличии специальных указаний заводов-изготовителей.

ГЛАВА 7

МОНТАЖ ПОРШНЕВЫХ

КОМПРЕССОРОВ И ДВИГАТЕЛЕЙ

Для сжатия природного и попутного газа в ряде случаев применяют поршневые компрессоры, принцип действия которых основан на превращении механической

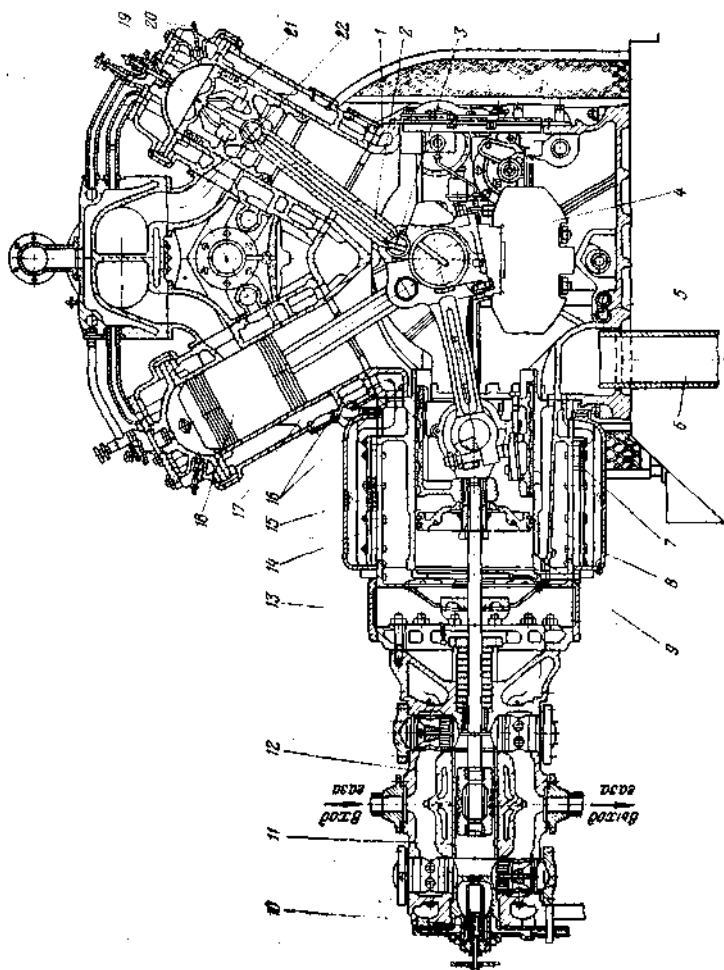


Рис. 53. Газомоторный компрессор 10ГК-1:

1—станция; 2—шатуны поршней; 3—шлицевая шатунная вилка; 4—главный коленчатый вал; 5—главный шатун; 6—патрубок для продувочного воздуха от сборного коллектора; 7—всасывающий клапан продувочного насоса; 8—уплотнительные и масляные кольца; 9—поршень продувочного насоса; 10—регулятор вредного пространства; 11—цилиндр компрессора; 12—поршень компрессора; 13—корпус продувочного насоса; 14—цилиндр продувочного насоса; 15—нагнетательный клапан продувочного насоса; 16—полость для продувочного воздуха; 17—рубашка охлаждения; 18—поршень моторного цилиндра; 19—газовысвечивающий клапан; 20—свеча; 21—полость поршня, охлаждаемая маслом; 22—патрубки выходящих га-

энергии движения поршня в потенциальную энергию давления газа.

Для привода поршневых компрессоров и электрогенераторов на электростанциях собственных нужд на КС и НПС, как правило, применяют поршневые двигатели внутреннего сгорания. Конструктивно многоцилиндровый поршневой компрессор и двигатель внутреннего сгорания объединены в один агрегат — газомоторный компрессор.

Газомотокомпрессор (рис. 53) имеет фундаментную раму коробчатого типа, на которой установлены цилиндры двигателя, а сбоку прикреплены цилиндры горизонтального компрессора. Внутри фундаментной рамы размещается картер. На фундаментной раме покоятся постели коренных подшипников, по два на каждое колено коленчатого вала, и коленчатый вал с кривошипами, расположенными симметрично по окружности. На конце коленчатого вала прикреплен маховик для обеспечения равномерности хода двигателя, имеющего кривошипно-шатунный механизм.

Собственная топливная система, система смазки, охлаждения и зажигания обеспечивают работу газомотокомпрессора. Пуск агрегата осуществляется сжатым воздухом.

Газомотокомпрессоры и двигатели для привода электрогенераторов поставляются отдельными частями или в собранном виде — блочно.

УСТАНОВКА И СБОРКА АГРЕГАТОВ НА ФУНДАМЕНТЕ

Перед началом монтажа проверяют фундаменты, оборудование и отдельные крупные части агрегатов. Как правило, агрегат поставляется в виде следующих узлов и деталей: рама с коленчатым валом, блок силовых цилиндров, компрессорные и продувочные цилиндры, маховик, водяной и выхлопной коллекторы, силовые поршни с шатунами, лубрикаторы и другое вспомогательное оборудование.

Перед установкой рамы на фундаменте ее следует проверить на герметичность путем заполнения ее керосином или дизельным топливом.

Положение рамы должно быть отрегулировано в горизонтальном направлении так, чтобы смещение или перекос ее осей относительно осей фундамента либо колодцев для фундаментных болтов не превышало 10 мм. Гнуть фундаментные болты не разрешается.

Окончательную выверку производят при помощи установочных болтов, контролируя уклоны слесарным уровнем; уклон при этом не должен быть более 0,2 мм на 1 м длины в продольном и поперечном направлениях; расхождение щек коленчатого вала не должно превышать 0,04 мм, расстояние между опорными поверхностями рамы и фундамента должно быть 40—80 мм. Уклон рамы по оси коленчатого вала должен проверяться путем установки уровня на базовые (нерабочие) цилиндрические участки вала через 180° угла поворота коленчатого вала.

Уклон рамы в поперечном направлении проверяют, устанавливая уровень на поверхности разъема рамы и продувочного цилиндра. Величина и направление уклона рамы в каждом случае должны определяться как среднее арифметическое показаний уровня. Горизонтальность и расхождение щек вала проверяют при незатянутых фундаментных болтах.

После установки рамы гайки фундаментных болтов равномерно от руки затягиваются. Положение рамы после затяжки болтов проверяется. После подливки рамы и приобретения бетоном не менее 60% прочности окончательно затягивают фундаментные болты, предварительно освободив установочные. Обтягивают фундаментные болты тарированными ключами в определенной последовательности от середины поочередно с одной и другой стороны рамы.

УКЛАДКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

После подливки рамы укладывают коленчатый вал. Укладка вала является одной из ответственных операций монтажа газомотокомпрессора и включает в себя проверку состояния коренных подшипников с регулировкой зазоров и проверку положения коленчатого вала по уровню и по расхождению щек кривошипов.

До подливки рамы добиваются горизонтального положения вала и минимального расхождения щек криво-

шипов (расхождение щек первого кривошипа без силовых поршней не должно превышать 0,06 мм). После обтяжки анкерных болтов приступают к пригонке вкладышей к их постелям и крышкам. Плотность прилегания щек коленчатого вала проверяют по краске. На опорной поверхности вкладыша по дуге 60° на площади 25 × 25 мм должно быть не менее десяти пятен. Зазоры между верхним вкладышем подшипника и шейкой должны составлять 0,001 диаметра шейки до диаметра вала 100 мм и 0,007—0,008 диаметра шейки для больших диаметров валов.

Расхождение щек проверяют несколько раз: после затяжки крышек подшипников без маховика и при смонтированном на валу маховике; после подсоединения шатунной поршневой группы к валу. Для этой цели используется индикатор, который устанавливают между щеками в вертикальной и горизонтальной плоскостях (рис. 54).

При измерениях в вертикальной плоскости расхождение щек определяется как разность расстояний между щеками в положении шатунной шейки в нижней мертвой точке (н. м. т.) (H) и верхней мертвой точке (в. м. т.) (B)

$$P = H - B.$$

При измерениях в горизонтальной плоскости расхождение щек определяется как разность расстояний между щеками в положении шатунной шейки 90° за н. м. т. (L) и 90° за в. м. т. (P)

$$P = L - P.$$

Измерения начинают с положения шатунной шейки проверяемого кривошипа в н. м. т. и ведут при повороте вала через каждые 90°. Результаты замеров расхождения щек коленчатого вала заносят в таблицу. Пример записи результатов замеров расхождения щек коленчатого вала четырехцилиндрового агрегата приведен в табл. 31.

Допускаемые расхождения щек коленчатого вала P зависят от длины хода поршня S и не должны превышать значений, определяемых по формуле

$$P = (1/2) (S/1000).$$

Замеры расхождения щек коленчатого вала

Положение кривошипа	Точки	Расхождение щек (в мм) в цилиндрах			
		1	2	3	4
Н. м. т.	A	0,00	0,00	0,00	0,00
Н. м. т. $+90^\circ$	C	$+0,08$	$-0,03$	$-0,06$	$+0,04$
В. м. т.	B	$+0,06$	$-0,05$	$-0,04$	$+0,07$
В. м. т. $+90^\circ$	D	$-0,04$	$+0,06$	$+0,02$	$-0,03$

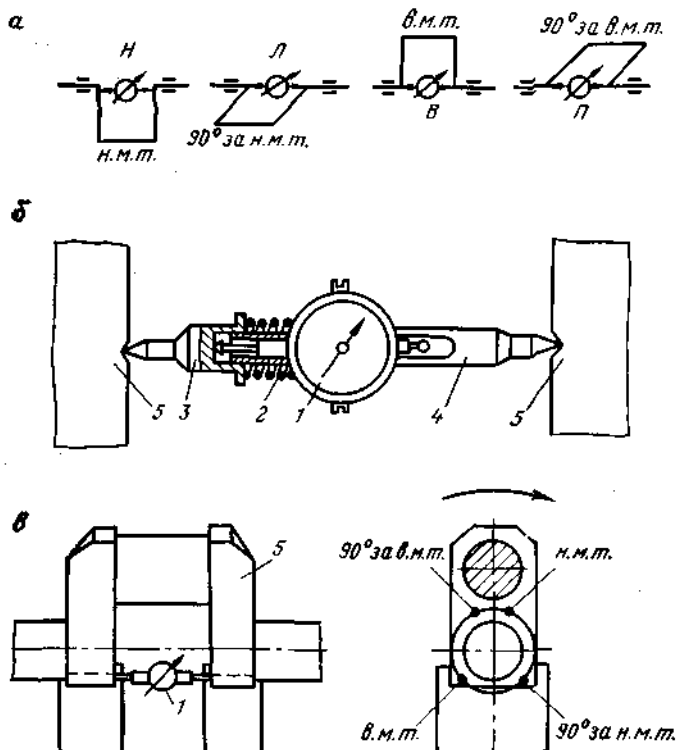


Рис. 54. Проверка расхождения щек коленчатого вала:

а — различные положения вала; б — установка индикатора между щеками; в — моменты снятия замеров; 1 — индикатор; 2 — пружина; 3 — подвижный накопчик; 4 — неподвижный накопчик; 5 — щеки коленчатого вала

До начала монтажа маховика необходимо проверить биение (торцевое) фланца коленчатого вала. Оно не должно превышать 0,02 мм на его диаметре. Перед установкой маховика тщательно зачищают забоины на его опорных поверхностях. Маховик с коленчатым валом соединяют на болтах или шпонках. При этом проверяют плотность прилегания контактирующих поверхностей вала и маховика щупом толщиной 0,05 мм. Он не должен проходить в зазор между контактируемыми поверхностями. После закрепления маховика на валу проверяют его биение в осевом и радиальном направлениях.

Диаметр маховика, м	Биеие маховика в осевом направлении, мм
до 2	0,2
2—2,4	0,3
2,5—2,9	0,4
3,0—3,5	0,5

Следующим этапом работ является сборка станин и монтаж цилиндровой группы. Перед установкой станины разъемную плоскость проверяют щупом; пластина щупа толщиной 0,04 мм не должна проходить в зазор.

УСТАНОВКА КОМПРЕССОРНЫХ И СИЛОВЫХ ЦИЛИНДРОВ, ПОРШНЕЙ И ШАТУНОВ

Установка цилиндров. Перед установкой цилиндров проверяют поверхности зеркал, привалочных торцов и центрирующих поверхностей, предварительно очищенных от консервирующей смазки. Удаляют забоины, риски и следы коррозии. Затем проверяют эллипсность цилиндров, которая зависит от диаметра и назначения цилиндра (допускаемые величины эллипсности указаны в заводских формулярах).

При установке цилиндров проверяют соосность цилиндров и направляющих крейцкопфов, а также перпендикулярность осей цилиндров и коленчатого вала; ось каждого цилиндра должна проходить через середину шатунной шейки. Проверку ведут с помощью струн: горизонтальные цилиндры — натянутой, перекинутой через блок и проходящей по оси крейцкопфа струной, вертикальные — по отвесу или при помощи

приспособления с рейсмусом (рис. 55). Допустимые отклонения от перпендикулярности по оси составляют менее половины зазора между направляющей частью поршня и стенкой (зеркалом) цилиндра, но не более 0,1 мм на 1 м длины цилиндра; отклонение от перпендикулярности по «ходу» допускается до 0,2 мм/м. Допускаемые отклонения оси цилиндра по отношению к середине шатунной шейки составляют ± 1 мм в сторону упорного подшипника. Совпадение осей цилиндра и коленчатого вала проверяют замером расстояния от шатунной шейки до струны отвеса при положении шейки в в.м.т. $+90^\circ$ и в н.м.т. $+90^\circ$, несовпадение осей допускается ± 1 мм.

При окончании проверки положения цилиндра, прилегающего к направляющей рамы, а в многоступенчатых компрессорах и промежуточного фонаря следующего за этим цилиндром, устанавливают на место очередной по ряду цилиндр. Затем проверяют горизонтальность (при вертикальности и соосности) вновь установленного цилиндра так же, как и предыдущего.

Неперпендикулярность цилиндров исправляют опиливанием и пришабриванием привалочных поверхностей. Излом осей устраняют, снимая слой металла клинообразного сечения. Смещение оси цилиндра устраняют опиливанием центрирующего бурта. Наибольшая толщина снимаемого слоя равна величине смещения осей. Если появляется необходимость устранить смещение и перекос одновременно, то сначала устраняют смещение опиливанием центрирующего бурта, а затем перекос — опиливанием привалочных поверхностей. Для снятия больших слоев металла применяют переносные шлифовальные машинки. После исправления привалоч-

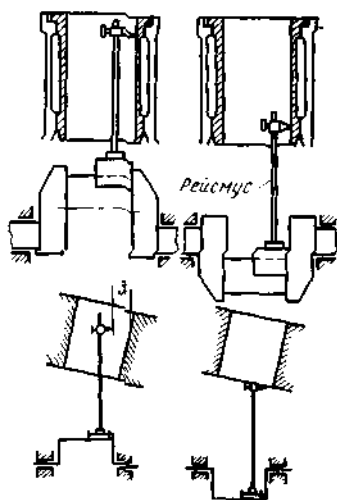


Рис. 55. Проверка положения цилиндра рейсмусом

ной поверхности цилиндра вновь проверяют правильность положения его зеркала по струне; при положительных результатах проверки положение цилиндра относительно направляющих крейцкопфа и фонаря фиксируют контрольными штифтами (при исправлении привалочной поверхности контрольные штифты ставятся во вновь просверленных отверстиях).

Исправление неперпендикулярности цилиндров путем применения прокладок между рамой и цилиндрами не допускается.

Цилиндры газомоторного компрессора собирают в следующем порядке. Сначала навешивают продувочные цилиндры, проверяя их горизонтальность уровнем, установленным на внутренней расточке цилиндра (зеркале). Затем в продувочные цилиндры заводят крейцкопфы с поршнями и поршневыми кольцами продувочных насосов и соединяют их с компрессорными шатунами. При этом щупом измеряют торцевой зазор между поршневыми кольцами и канавками в поршне (0,06—0,14 мм) и зазор в замках поршневых колец (1,5—2 мм). После этого устанавливают цилиндры двигателя и в последнюю очередь компрессорные цилиндры.

Установка шатунов и поршней. В установленные цилиндры специальным приспособлением, снимающим поршневые кольца, заводят поршни, собранные с кольцами и прицепными шатунами. Перед заводкой поршней в цилиндры собирают и проверяют шатунно-поршковую группу, которая состоит из шатуна с подшипниками, поршня с поршневыми кольцами и пальцем и, если агрегат крейцкопфный, крейцкопфа, штока уплотнения.

Порядок подготовки и монтажа любых шатунов отличается лишь сборкой подшипников большой головки.

В компрессорах с кривошипными валами шатун имеет неразъемную большую головку с клиновой затяжкой вкладышей подшипников. В коленчатых валах разъемная большая головка соединяется шатунными болтами. Сначала во всех вкладышах с баббитовой заливкой проверяют плотность прилегания. Далее проверяют по кромке или натирам плотность прилегания затылков вкладышей к соответствующим расточкам в постелях большой и малой головок шатуна, а также плотность прилегания клиньев к сопрягаемым плоско-

стям головок и вкладышей. Взаимная пригонка этих деталей достигается пришабриванием.

Затем у шатунно-поршневой группы проверяют совпадение верхней и нижней головок шатуна (рис. 56), непараллельность осей головок не должна превышать

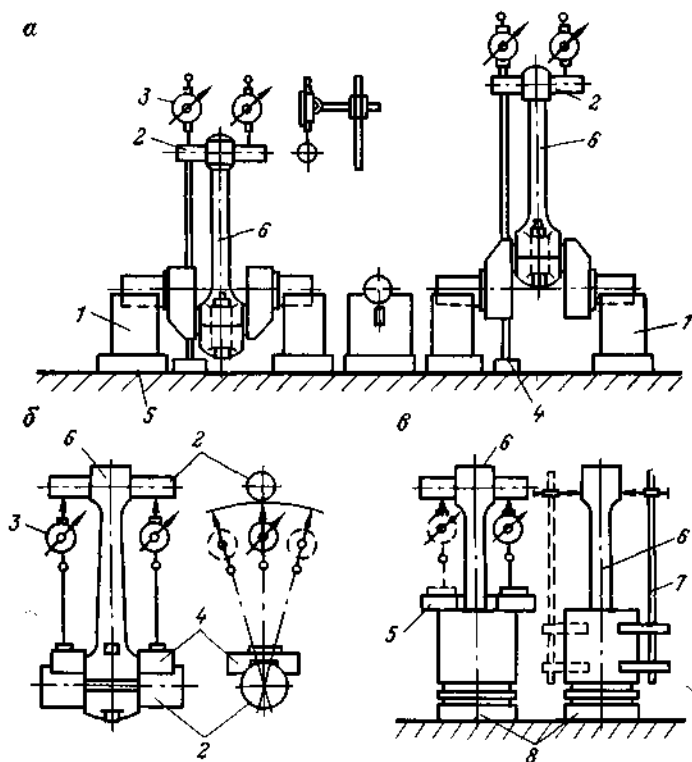


Рис. 56. Проверка параллельности осей верхней и нижней головок шатуна:

а — при помощи призм и индикатора; б — индикатором шатуна; в — приспособлением с индикатором; 1 — призма; 2 — контрольный валтик; 3 — индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм; 4 — стойка индикатора; 5 — разметочная плита; 6 — шатун; 7 — направляющая стойка; 8 — поршень

0,2—0,3 мм на 1 м длины шатуна. Оси отверстий под шатунные болты должны быть перпендикулярны к оси нижней головки шатуна, параллельны оси стержня ша-

туна и симметрично расположены по отношению к ней. Непараллельность осей отверстий под шатунные болты допускается не более 0,2 мм на 1 м длины болта. Зазоры между отверстиями и кольцами должны быть в пределах 0,001 диаметра. Перед установкой шатунных болтов измеряют их длину с точностью 0,01 мм, занося результаты в паспорт агрегата.

После того как в цилиндры двигателя, например 10 ГК-1, заведены поршни, концы прицепных шатунов соединяют с пальцами в проушинах компрессорного шатуна и весь кривошипно-шатунный механизм проверяют на легкость хода. Затем проверяют зазоры между поршнем и зеркалом цилиндра. Наименьший зазор — у юбки поршня, наибольший — в верхней части цилиндра; числовые значения зазоров указываются в паспорте.

Окончив сборку цилиндров с поршнями, проверяют биение поршня относительно оси штока и соосность поршней и цилиндров. Для этого измеряют зазоры между поршнем и цилиндром в двух крайних положениях поршня; допускаемые отклонения должны быть в пределах 0,0015 от диаметра цилиндра.

Закрыв цилиндры крышками, проверяют величину вредного пространства в цилиндрах — зазоры между торцами поршня и крышками цилиндров. Измерения выполняют при помощи свинцовых оттисков. Допускаемые отклонения линейного размера вредного пространства в среднем составляют: со стороны головки поршня — 0,005—0,012 от диаметра, со стороны юбки поршня — 0,003—0,01 от диаметра цилиндра.

Установка всасывающих и нагнетательных клапанов. Рабочие клапаны цилиндров служат для открытия и закрытия их полостей во время всасывания и нагнетания. Применяют следующие типы клапанов: кольцевые, дисковые и полосовые.

Перед установкой клапанов тщательно осматривают рабочие поверхности седел и пластин. По контрольной плите проверяют возможную деформацию пластины. Зазор между пластиной проверяется по щупу на дуге длиной, равной радиусу пластины.

Наружный диаметр пластины, мм	90—120	120—180
Допускаемый зазор, мм	0,03	0,05

Продолжение

Наружный диаметр пластины, мм	180—200	200—250	Свыше 250
Допускаемый за- зор, мм	0,08	0,15	0,2

После сборки клапан устанавливают в соответствующее гнездо (клапанную коробку) цилиндра. Между клапаном и гнездом ставят паранитовую или медную прокладку.

Плотность прилегания проверяют керосином, который в течение 5 мин не должен просочиться между клапаном и седлом.

МОНТАЖ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Система смазки агрегата, как правило, смешанная, т. е. часть трущихся поверхностей смазывается методом разбрызгивания. Масло при этом захватывается из картера вращающимися деталями коленчатого вала вместе с кривошипно-шатунным механизмом; наиболее нагруженные поверхности, а также поверхности, отделенные от картера, смазываются под давлением. Схема системы смазки газомоторного компрессора приведена на рис. 57.

Масло из поддона через заборную трубу засасывается масляным насосом 6 (шестеренчатого типа, приводимым от коленчатого вала и нагнетателя) в масляный холодильник 9, а из него — в фильтры грубой очистки 8. Из фильтров масло поступает в нагнетательный трубопровод, из которого по специальным трубкам идет в левые коренные подшипники. Из левых подшипников часть масла поступает в картер, остальное по отверстию в вале — в шатунный подшипник. Из подшипника масло попадает в картер и к поршневым кольцам по отверстиям в прицельных шатунах, а затем в охлаждающие полости силовых поршней.

Из охлаждающих полостей силовых поршней оно идет по первому отверстию в шатунный подшипник, из которого по отверстию в валу — в правый коренной подшипник и далее по сливным трубкам в общую сливную трубку и через сливной клапан сливается в картер.

Одновременно со смазкой кривошипно-шатунного

механизма масло подается к шестерням воздухораспределителя, к регулятору частоты вращения и к звездочкам привода лубрикатора. В системе предусмотрены фильтры тонкой очистки.

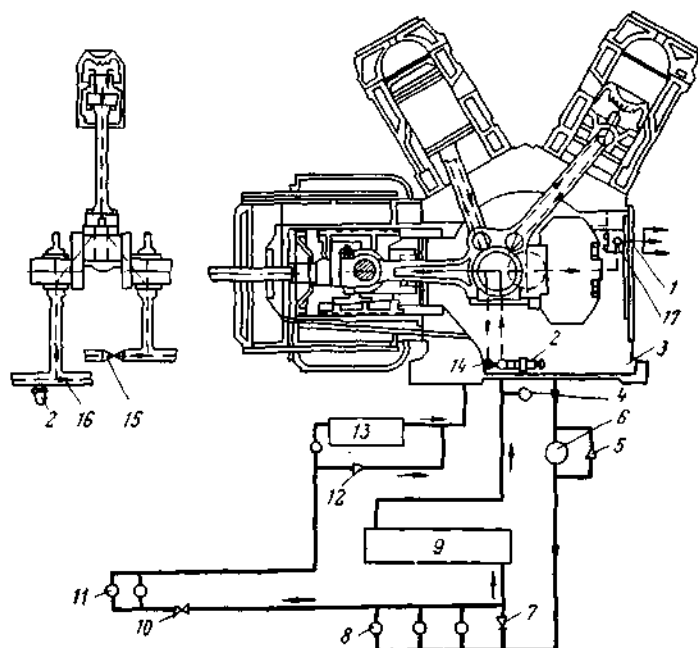


Рис. 57. Схема смазки газомоторного компрессора 10 ГК:

1 — линия к регулятору скорости и вспомогательному приводу; 2 — клапаны-регуляторы; 3 — масло в картере двигателя; 4 — манометр; 5 — предохранительный клапан; 6 — масляный насос; 7 — клапан на обводной линии; 8 — фильтры грубой очистки; 9 — холодильник масла; 10 — задвижка; 11 — фильтры тонкой очистки; 12 — предохранительный клапан лубрикатора; 13 — лубрикатор; 14, 15 — обратные клапаны; 16 — линия от маслонасоса; 17 — передаточный вал

Из фильтров тонкой очистки масло поступает в картер и лубрикатор 13, который подает смазку на силовые и компрессорные цилиндры, сальники штоков.

Монтаж маслосистемы заключается в сборке трубопроводов, шестеренчатого насоса, фильтров и лубрикатора, очистке их внутренних полостей и заполнению системы маслом.

Перед установкой лубрикаторов каждый из его плунжерных насосиков подвергается ревизии. Для этого необходимо отвернуть одну из гаек крепления смотровых стекол, снять стекло, тщательно промыть смотровой резервуар, залить в него глицерин, установить и закрепить смотровое стекло. Прокачивая насосики вручную, проверяют, работают ли они. Затем корпус лубрикатора тщательно промывают и заправляют чистым маслом.

Собранный лубрикатор устанавливается на специальный кронштейн, центрируется с приводом и закрепляется.

Для охлаждения масла используются холодильники трубчатого типа. При монтаже холодильник должен быть тщательно промыт и опрессован водой при давлении, превышающем рабочее на 50%.

Система охлаждения компрессора служит для отвода тепла от деталей и узлов, нагреваемых при работе, для охлаждения масла и охлаждения газа, сжимаемого в ступенях компрессора.

В зависимости от мощности компрессора и наличия источников водоснабжения применяется прямоточная или циркуляционная система охлаждения. На компрессорных станциях, как правило, применяется циркуляционная система. На монтажную площадку водоприемные коллекторы поступают в готовом виде; их монтаж заключается в установке на раме силовых цилиндров на резиновых прокладках толщиной 5—6 мм. Перед установкой коллекторы тщательно зачищают. После монтажа водяной системы необходимо произвести опрессовку.

При гидравлическом испытании проверяют плотность полостей рубашек охлаждаемых узлов компрессора.

Непосредственно перед подготовкой газомотокомпрессора к пуску монтируют систему зажигания, устанавливая магнето, свечи, приборы автоматической защиты, и регулируют их.

При регулировке магнето стрелку указателя угла опережения зажигания ставят на нуль. Коленчатый вал устанавливают в положение, когда поршень не дошел до в. м. т. на 8—10° (по маховику).

Муфту магнето закрепляют в положение начала раз-

рыва прерывателя. Начало разрыва прерывателя определяют путем подкладывания под кулачок полоски бумаги толщиной не более 0,02 мм.

При разводке проводов пользуются схемой зажигания. После соединения проводов с приборами зажигания и автоматики проверяют правильность чередования искрообразования по цилиндрам и регулируют приборы автоматики при положении ручки коробки автоматики в положении «Работа».

ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Смонтированный компрессор испытывают вхолостую и под нагрузкой. При испытаниях проверяют качество сборки, регулируют узлы и системы компрессора, прирабатывают трущиеся детали.

Чтобы подготовить газомотокомпрессор к пуску, необходимо выполнить следующие работы:

заполнить систему охлаждения водой, тщательно осмотреть ее и убедиться в отсутствии подтеков как в наружных соединениях, так и внутри агрегата при полном рабочем давлении воды;

тщательно промыть картерную полость рамы керосином и протереть чистыми полотняными тряпками; убедиться в отсутствии посторонних предметов в картере и заполнить его фильтрованным маслом до верхней отметки на масломерном стекле; залить масло в лубрикаторы;

прокачать масляную систему маслопрокачивающим насосом и убедиться в подаче масла ко всем смазываемым точкам;

смазать опорные концы штанг и плотно закрыть люки;

заполнить маслом амортизатор регулятора и проверить затяжку сальника; заполнить маслом масленки;

проверить нажатием, не заедают ли газовпускные и пусковые клапаны;

накачать воздух в пусковой баллон (для 10 ГК давление равно 17 кгс/см²) и продуть из него конденсат; проверить положение магнето (максимальное запаздывание), состояние сеток фильтров.

Опробование агрегата на холостом ходу начинают с проверки работы пусковой и масляной систем. Для

этого, медленно открывая кран пускового воздуха, запускают агрегат и проверяют давление масла и топливного газа в системах. При этом следят, нет ли посторонних шумов в работе агрегата.

После того как давление масла на входе поднимется, рукоятку коробки автоматически переводят в положение «Пуск». Открывают рукояткой газовой кран и по манометру следят за давлением топливного газа, которое должно повыситься до рабочего ($1,5 \text{ кгс/см}^2$ для 10 ГК-1). При появлении в цилиндрах вспышки закрывают пусковую воздушную рукоятку. Затем включением рукоятки коробки автоматики в положение «Работа» увеличивают подачу газа. В течение 10—15 мин работы агрегата необходимо убедиться в нормальном нагреве всех цилиндров агрегата. Прогрев агрегата ведут на пониженной частоте вращения до тех пор, пока охлаждающая вода не нагреется до 45°C , а выходящее масло — до 40°C . После этого включают систему охлаждения воды. Необходимо помнить, что если двигатель не дал вспышек при открытом топливном кране, нужно немедленно закрыть газовый кран, выключить зажигание и продуть цилиндры путем многократного прокручивания газомотокомпрессора на сжатом воздухе. Только после продувки цилиндров выяснить причину, не позволившую пустить двигатель, устранить ее и приступить к повторному пуску.

ГЛАВА 8

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, АППАРАТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ

МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И АППАРАТОВ

К технологическому относится оборудование, предназначенное для выполнения основных и вспомогательных процессов на КС и НПС, не имеющее в отличие от основных и вспомогательных агрегатов движущихся частей.

Технологическое оборудование выполняется в виде сосудов, сборных конструкций или емкостей, постав-

ляется, как правило, в собранном виде. При его монтаже не требуется осмотра внутренних частей.

Если размеры цельной конструкции или сосуда превышают габариты железнодорожного и автомобильного транспорта, их изготавливают на заводе в виде транспортабельных блоков, которые при монтаже соединяют на сварке или болтами.

В связи с тем что технологическое оборудование имеет большую массу, для его транспортировки с места разгрузки до площадки КС или НПС необходимы специальные автотранспортные средства, а для монтажа — крановые средства большой грузоподъемности.

К технологическому оборудованию относятся пылеуловители, оборудование маслохозяйства пылеуловителей, испарительные и абсорбционные колонны, оборудование системы регенерации, ресиверы, емкости и др.

Выгружают технологическое оборудование с железнодорожных платформ и погружают его на автотранспортные средства, используя железнодорожные краны, трубоукладчики, автомобильные краны или краны на гусеничном ходу. В случае отсутствия крановых средств необходимой грузоподъемности тяжеловесное крупногабаритное оборудование разгружают такелажным путем, например, способом стаскивания на сооруженную на месте разгрузки железнодорожную эстакаду или непосредственно на транспортное средство — прицеп или полуприцеп (рис. 58).

К наиболее крупногабаритным и тяжеловесным аппаратам КС и НПС относятся адсорбционные и абсорб-

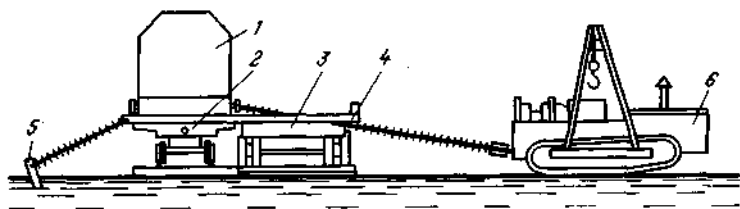


Рис. 58. Выгрузка тяжеловесного оборудования с железнодорожной платформы на автомобильный прицеп-тяжеловоз по способу стаскивания:

1 — груз; 2 — железнодорожная платформа; 3 — автомобильный прицеп-тяжеловоз; 4 — металлические баден, по которым осуществляют стаскивание; 5 — анкерное устройство; 6 — трактор (трубоукладчик)

ционные колонны массой 60 т и более и пылеуловители, которые имеют массу 36—40 т. До начала монтажа пылеуловителей планируют площадки, проверяют фундаменты, контролируя нивелиром их положение и струной — положение главных осей фундаментов и отверстий под фундаментные болты.

Для строповки пылеуловителей применяют стропы диаметром 32 мм. Пылеуловитель к месту монтажа подают двумя трубоукладчиками ТО-12-24 и трактором С-80.

Под головную часть пылеуловителя укладывают шпалы и упорный брус или металлический лист в месте упора пылеуловителя в фундамент. Пылеуловитель укладывают на шпалы, упирая его опорную часть в брус, и стропят «в петлю» к двум трубоукладчикам на расстоянии 2—2,5 м от верха пылеуловителя.

В 25—30 м по оси пылеуловителя по направлению подъема устанавливают тяговый трактор, фиксирующий трактор размещают на расстоянии 15—20 м со стороны, противоположной подъему. К обоим тракторам прикрепляют тросы, закрепленные в «обхват» за вершину пылеуловителя. Пылеуловитель поднимают обоими трубоукладчиками с одновременным натягиванием троса тяговым трактором. При подъеме на угол 45—50° тя-

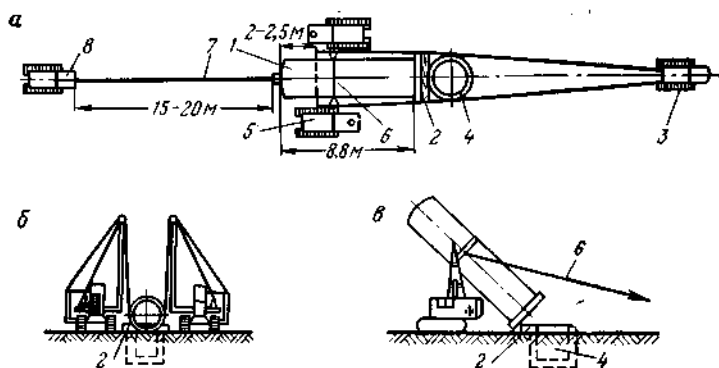


Рис. 59. Схема монтажа пылеуловителя трубоукладчиками и тракторами:

а — вид сверху; б — вид со стороны тягового трактора; в — момент подъема; 1 — пылеуловитель; 2 — опорный брус; 3 — тяговый трактор; 4 — фундамент под пылеуловитель; 5 — трубоукладчик; 6 — трос диаметром 28—32 мм; 7 — фиксирующий трос; 8 — фиксирующий трактор

говый трактор останавливается и включается в работу фиксирующий трактор. Вместе с фиксирующим трактором оба трубоукладчика сдерживают пылеуловитель при его посадке на фундамент (рис. 59). Установив пылеуловитель в положение совпадения отверстий в опоре с колодцами под фундаментные болты, проверяют вертикальность установки. Отклонения от вертикальности исправляют, заводя клинья под опорную часть пылеуловителя. Максимальное отклонение от вертикального положения не должно превышать 10 мм на общую длину пылеуловителя.

После выверки вокруг опорной части пылеуловителя устраивают опалубку и подливают опору бетонным раствором.

Окончив монтаж пылеуловителей, обвязочных коллекторов и шлейфов, проводят гидравлическое испытание на прочность и плотность одновременно всех обвязочных технологических трубопроводов компрессорной станции совместно с пылеуловителями или в отдельности. Целесообразно проводить испытание этих трубопроводов совместно с пылеуловителями.

МОНТАЖ ДЫМОВЫХ ТРУБ, ВОЗДУХОЗАБОРНОГО УСТРОЙСТВА И АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Монтаж дымовых труб и воздухозаборного устройства на КС с газотурбинным приводом начинается после приемки фундаментных опор под постамент дымовых труб, воздухозаборного устройства и аппаратов воздушного охлаждения (АВО).

Дымовые трубы поступают на монтажную площадку в виде отдельных секций, соединяемых болтами. Места соединений дополнительно проваривают изнутри электросваркой. После этого к трубам приваривают ступени лестницы и молниеотводы. К месту установки трубы доставляют двумя трубоукладчиками. Подъем и установку дымовой трубы выполняют при помощи крана на гусеничном или пневмоколесном ходу с вылетом стрелы 20—25 м и грузоподъемностью 8—10 т при минимальном вылете крюка (Э-1254, К-255, К-401). Трубу зачаливают тросом выше центра тяжести, к строповоч-

ным петлям крепят расчалки для обеспечения вертикального положения при подъеме трубы (рис. 60).

После подъема дымовую трубу выверяют в вертикальной плоскости двумя теодолитами, а затем закрепляют на постаменте болтами и приваривают электросваркой. После этого освобождают строп и расчалки.

Воздухозаборное устройство предназначено для очистки воздуха от механических примесей перед подачей его в осевой компрессор газотурбинной установки. В зависимости от климатических условий района компрессорной станции применяют либо ячейковые фильтры системы Рекк (очистка примесей до 20 мг/м^3), либо самоочищающиеся фильтры (очистка примесей свыше 20 мг/м^3).

Ячейковые фильтры состоят из металлической коробки и установочной рамы, заполненной рядами гофрированных сеток. При прохождении через сетки, смоченные маслом, отделяются механические примеси.

В масляных самоочищающихся фильтрах воздух освобождается от пыли, пройдя через непрерывно движущиеся фильтрующие сетчатые панели.

Применяемые в настоящее время воздухозаборные камеры (ВЗК) представляют из себя весьма громоздкое сооружение. На площадку камеры поступают в виде металлоконструкций, которые проходят сборку на монтажной площадке или непосредственно на постаменте. Наиболее рациональным является способ сборки воздухозаборного устройства на сборочной площадке.

Наиболее перспективны циклонные очистители воздуха. Эти очистители доставляют на площадку в со-

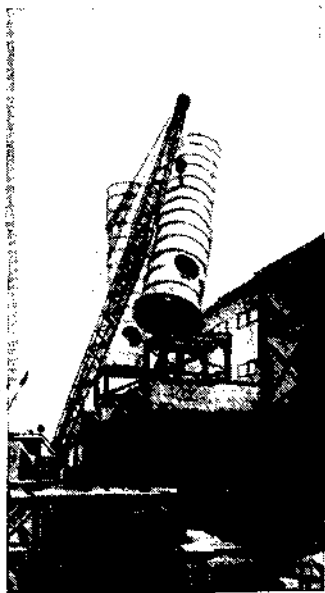


Рис. 60. Монтаж дымовой трубы на постаменте

бранном виде. Монтаж их заключается в установке на фундаментах и последующем подключении к компрессорам.

Аппараты воздушного охлаждения (АВГ) монтируют, как правило, после установки воздухозаборных устройств, используют трубоукладчик или кран К161. АВГ выверяют на фундаменте при помощи клиньев, а контроль за горизонтальностью установки ведется теодолитом. После установки рамы аппаратов воздушного охлаждения подливаются бетоном и обвязываются маслопроводом.

МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Технологические трубопроводы на КС и НПС предназначены для перекачки по магистралям газа и нефти, а также для транспортировки участвующих в технологических процессах рабочих агентов: масла, топлива, воды, пара, воздуха и отработавших в системах выхлопных газов.

На КС такие трубопроводы связывают магистральный газопровод с компрессорным цехом через системы пылеочистки и отдельные компрессорные агрегаты между собой. Кроме того, на КС имеются системы: топливного и пускового газа, маслопроводов, водопроводов (или воздухопроводов), охлаждения масла и т. д.

На НПС магистральных нефтепроводов в состав технологических трубопроводов входят камера приема и пуска скребка, трубопроводы, соединяющие резервуарный парк, камеру фильтров и насосы между собой и с магистральным нефтепроводом.

Технологические трубопроводы работают в сложных условиях: агрессивность транспортируемых продуктов, перепад температур, высокое давление и т. д. В связи с этим к качеству монтажа трубопроводов предъявляют высокие требования.

Монтаж трубопроводов — это комплекс трудоемких операций по сборке, установке и закреплению трубопровода на опорах, обработке и подготовке внутренних и наружных поверхностей, гидравлическому или пневматическому испытанию.

В связи с конструктивными особенностями степень сборности трубопроводов ниже, чем оборудования. По-

этому трудоемкость монтажа трубопроводов велика; доля трудовых затрат на монтаж трубопроводов составляет примерно $\frac{1}{3}$ всех трудозатрат, расходуемых на монтаж оборудования и трубопроводов КС.

Конструкции трубопроводов и применяемые материалы. Для транспортировки нефтепродуктов и газов обычно применяют круглые стальные трубы. Диаметр, толщину стенки трубопровода определяют расчетным путем в зависимости от параметров транспортируемых агентов: давления, температуры, расхода и скоростей протекания. Для транспортировки больших объемов рабочих агентов, имеющих невысокое давление, малые скорости (например, выхлопные газы после газовой турбины), применяют трубопроводы коробчатого сечения.

Для предотвращения излишней передачи тепла от рабочего агента внешней среде и наоборот служит тепловая изоляция, которая покрывает трубопровод с наружной или внутренней стороны. Для предохранения изоляционного покрытия применяют защитные кожухи. На компрессорных станциях тепловой изоляцией покрывают трубопроводы и воздухопроводы от камеры сгорания до турбины и от турбины до выхлопной трубы, а также воздухопроводы на входе и выходе из регенератора.

Для снижения уровня шума применяют звукоизоляцию. В качестве звукоизоляции используют специальную мастику, которой покрывают поверхность трубопровода с наружной стороны под теплоизоляционным слоем. На КС звукоизолирующим покрытием изолируют всасывающие патрубки осевого компрессора и трубопроводы технологической обвязки нагнетателя.

Для уменьшения пожароопасности маслопроводов из-за протечек масла участки маслопроводов повышенного давления, проходящие вблизи нагретых частей, помещают в защитные кожухи (на КС под маслопроводами изготавливают металлические поддоны с отверстием для слива масла в дренажную систему).

Собранный трубопровод устанавливают на опоры или подвешивают на подвески (рис. 61). Конструкции опор и подвесок выбирают в зависимости от массы трубопровода, формы его сечения и температуры транспортируемого по трубопроводу рабочего агента. Усилия

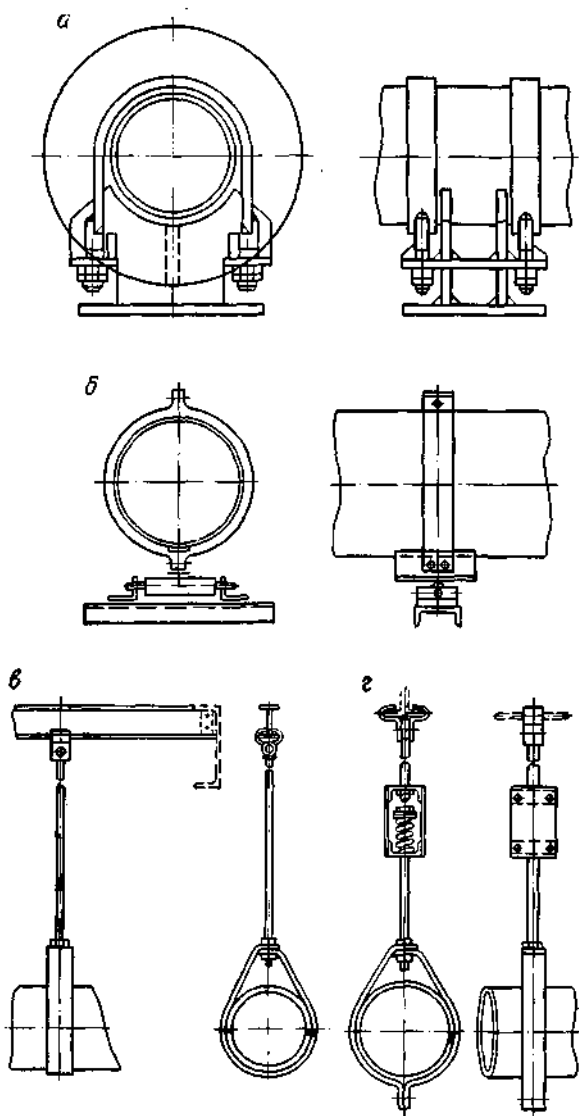


Рис. 61. Опоры и подвески для трубопроводов:

а — опора неподвижная; б — опора подвижная (скольжения); в — подвески жесткая; г — подвеска пружинная

от силы тяжести трубопровода не должны передаваться на агрегат, а должны восприниматься опорами и подвесками.

Для исключения напряжений в трубопроводе, возникающих от нагрева, и компенсации тепловых расширений применяют подвижные опоры и пружинные подвески. Так, например, для камер сгорания и регенераторов газотурбинных установок применяют подвижные опоры с шариковой пятой. Для снижения тепловых напряжений в трубопроводах и газоходах служат линзовые компенсаторы. Иногда для самокомпенсации тепловых расширений трубопровод собирается с предварительным холодным натягом (переходной патрубок камеры сгорания ГТУ).

В связи со сложностью условий работы технологических трубопроводов (высокое давление, температура и т. д.) применяются стальные, бесшовные и электроварные трубы. Бесшовные трубы в настоящее время выпускаются горячекатаными диаметром от 57 до 426 мм; сварные — диаметром от 529 до 1220 мм. Такие трубы изготавливаются из стали 20К.

Газовоздуховоды выполняются из листовой стали марки Ст2 или Ст10.

Монтаж газо- и нефтепроводов. Работы по монтажу газо- и нефтепроводов весьма трудоемки и требуют больших затрат времени. С целью снижения затрат ручного труда и повышения индустриализации трубопроводных работ стремятся к централизованному изготовлению узлов трубопроводов с арматурой в комплекте с гарнитурой и обслуживающими конструкциями (площадками, лестницами, мостками) в трубозаготовительных цехах и заводах. В этом случае после контроля качества прибывших узлов и секций остается лишь соединить их между собой, а также с опорами и подвесками.

При централизованном изготовлении технологических узлов создается возможность механизировать большую часть производственных операций, в том числе наиболее трудоемкие за счет внедрения высокопроизводительных станков и механизмов, сборочно-сварочных приспособлений, широкого применения механизированной газовой резки, автоматических способов сварки.

Для снижения общей трудоемкости монтажа на мон-

тажных площадках организуются участки укрупнительной сборки трубопроводов. Участок укрупнительной сборки оснащается плоскостным и пространственным стендами для сборки, автоматической сварки трубных узлов, кантователями для поворотной сварки, станком для газовой резки заготовок, площадками для контроля сварных стыков. При сборке повторяющихся пространственных узлов применяют способ плазирования. Один из однотипных агрегатов тщательно обвязывают трубопроводами и по этим трубопроводам, как по мерке, выверяют и устанавливают стойки станка — пространственного кондуктора. Трубопроводные узлы для остальных однотипных агрегатов собирают на этом кондукторе — на плазу. Такой способ обеспечивает высокую производительность труда и хорошее качество выполняемых работ.

Для автоматической сварки трубопроводных узлов используется станок (рис. 62), который состоит из вра-

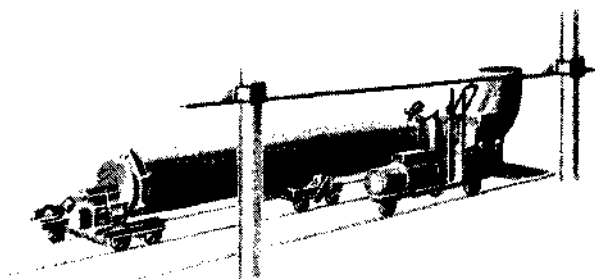


Рис. 62. Станок для сварки трубопроводов в среде углекислого газа

шателя тележки с роликовыми опорами и полуавтоматической сварочной головки. Тележка с роликовыми опорами может свободно перемещаться по рельсам и устанавливаться в различных точках в зависимости от размеров заготовок. На тележке предусмотрены пло-

шадка и воздухопровод, по которому подается сжатый воздух к пневмозубилу для зачистки кромок труб и очистки стыков от шлака.

Технология монтажа каждой отдельной линии трубопровода зависит от ее габаритов, конструкции и массы, наличия грузоподъемных средств. Обычно применяется следующий порядок сборки: подъем и установка узлов и блоков на временных креплениях со сборкой части фланцевых соединений; последовательная подгонка стыкуемых узлов и блоков трубопроводов; электродуговая прихватка монтажных стыков, разборка для сварки и окончательная установка со сборкой фланцев и постановкой прокладок и креплением на опорах. Перед установкой узлов, блоков и труб в проектное положение необходимо убедиться в надежном закреплении всех опорных конструкций.

Трубы, проходящие через стены, перегородки и другие строительные конструкции, устанавливаются в патроны (обрезки труб диаметром на 5—10 мм больше, чем диаметр трубопровода), выступающие за пределы строительных конструкций на 50—100 мм в каждую сторону. Участок трубопровода, заключенный в патрон, не должен иметь сварных стыков. Зазоры между трубопроводом и патроном с обоих концов заполняются негорючим материалом (асбестом).

Перед сборкой трубопровода под сварку подготавливают кромки труб, очищают поверхность свариваемых кромок и центруют стыки. Угол скоса кромки труб, изготовленных из малоуглеродистой и низколегированной сталей, зависит от способа сварки и при ручной электродуговой сварке составляет 30—35°. В условиях монтажа сварочные работы проводятся, как правило, в незакрытых помещениях при различных температурах.

В условиях низких температур скорость охлаждения расплавленного металла шва выше, что увеличивает его хрупкость.

Качество сварки в монтажных условиях обеспечивается следующими мероприятиями: защита брезентовыми зонтами, палатками мест сварки от дождя, ветра и снега; использование высококачественных электродов (электроды перед употреблением должны быть прокалены при температуре 140—300° в течение 2 ч); очистка

поверхности торцов от окалины и ржавчины.

Если необходимо вварить вставку, расстояние между сварными швами должно быть не менее 100 мм при диаметре труб до 150 мм и 200 мм при большем диаметре труб.

Технологический процесс сварки и порядок контроля, а также режимы и способы термической обработки сварных стыков определяются специальными инструкциями.

Сварные стыки подвергаются физическим методам контроля — гамма- или рентгеноскопии, а также магнитографирования; последний применяют при толщине стенки, не превышающей 10 мм. Число стыков, подвергаемых контролю физическими методами, зависит от категории трубопровода, его местонахождения и типа (поворотные или неповоротные).

Сварные швы патрубков, тройников, отводов и переходников подвергаются 100%-ному контролю, если на них нет соответствующих документов заводов-изготовителей (за исключением стыков труб диаметром менее 200 мм).

Смонтированный трубопровод подвергают испытанию на прочность и плотность. Испытания проводятся только водой и лишь в исключительных случаях воздухом с соблюдением особой предосторожности. Иногда применяют комбинированную опрессовку; одна часть трубопроводов испытывается водой, другая — воздухом.

Подсоединение технологических трубопроводов к нагнетателю осуществляется после монтажа и подливки всех опор станционного коллектора («гитары»), его опрессовки и чистки. Зазоры на монтажных стыках устанавливаются в соответствии с нормами. Концы труб монтажного стыка подгоняются центратором или струбиной (подгонка стыков ударами кувалдой запрещается). При сварке монтажных стыков необходимо контролировать центровку роторов при помощи двух индикаторов, устанавливаемых на полумуфте ротора нагнетателя со стороны привода.

Газопроводы топливного и пускового газа монтируют из секций и узлов с обвязкой их арматурой. Свеча турбодетандера у агрегата покрывается теплоизоляцией для предотвращения обмораживания рук обслуживающего персонала при работе турбодетандера.

Газовоздуховоды (рис. 63) вне компрессорного цеха монтируются трубоукладчиками или подвижными кранами малой грузоподъемности, а в самом цехе — при помощи мостового крана.

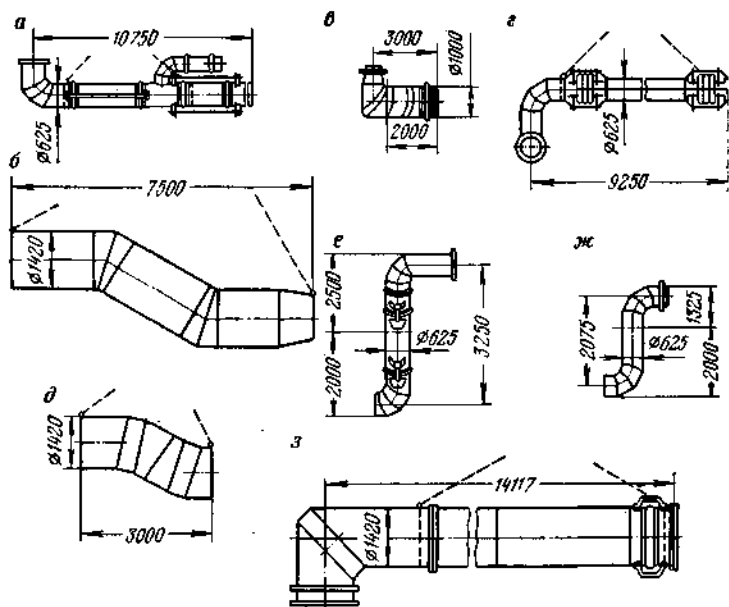


Рис. 63. Узлы газовоздуховодов газотурбинной установки с регенерацией тепла:

а, в — воздуховоды горячего воздуха к выхлопному патрубку осевого компрессора; б — газоход внутри цеха; в, е — соединительные; д, ж — газоходы; з — всасывающего воздуховода

При монтаже газовоздуховодов надо тщательно следить за качеством работ по установке опор под ними и за прилеганием газовоздуховодов к самим опорам.

Необходимо помнить, что от качества опор и степени прилегания к ним газовоздуховодов зависит стабильная работа турбоагрегата, так как при просадке опоры или плохом прилегании к ней может появиться расцентровка агрегата, возникнуть повышенная вибрация и произойти даже поломка агрегата.

По окончании монтажа газовоздуховоды испытывают на плотность. Воздуховоды вместе с регенератором

рами испытывают на плотность воздухом (см. рис. 47). Для этого отсоединяют воздухопроводы от камеры сгорания и осевого компрессора и заглушают специальными заглушками. Стыки воздухопроводов обмазывают мыльным раствором.

Сварные соединения, выполненные при монтаже газопроводов, испытывают на плотность при помощи керосина и водяного раствора мела. Для этого стыки снаружи обмазывают разведенным в воде порошком мела, а изнутри — керосином. Пятна на меловом покрытии свидетельствуют о неплотности сварных соединений.

По окончании испытаний, результаты которых оформляются актами, газопроводы очищают, окрашивают, осуществляют термо- и звукоизоляцию, устанавливают кожухи.

ГЛАВА 9

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Надежность работы нефтегазотранспортных систем в значительной степени зависит от нормального функционирования компрессорных и насосных станций (КС и НС).

Безаварийная работа КС и НС определяется надежностью не только технологических установок, но и систем энергоснабжения, контрольно-измерительных приборов и систем автоматизации (КИП и А), которые, в свою очередь, зависят от устанавливаемого оборудования и качества выполнения монтажных и пусконаладочных работ.

Организация монтажных работ складывается из пяти основных этапов: подготовительного, открытия ра-

бот, производства работ, сдачи выполненных работ, закрытия работ.

Подготовительный этап состоит из комплекса мероприятий и подразделяется на инженерно-техническую, материально-техническую и организационную подготовки.

Инженерно-техническая подготовка включает приемку, проверку и изучение проекта, разработку с участием линейных инженерно-технических работников проекта производства работ (ППР) в объеме, обеспечивающем полную предварительную заготовку необходимых монтажных изделий, конструкций, узлов и блоков, а также проведение монтажных работ наиболее прогрессивным методом.

Материально-техническая подготовка включает заготовку материалов, монтажных изделий, конструкций, узлов и блоков, изготовление нестандартных изделий и конструкций, комплектацию оборудования, доставку материалов, укрупненных узлов и блоков на место монтажа.

Организационная подготовка включает организацию приобъектных мастерских, прорабских и складских помещений, организацию необходимых транспортных средств, обеспечение работниками и доставку их на участки работ, контроль за строительными организациями, а также своевременного представления ими и монтажными организациями фронта работ, приемку от строительных организаций зданий и сооружений под монтаж.

Открытие монтажных работ возможно при наличии оформленного договора, проектно-сметной документации, ППР и согласованных графиков выполнения монтажных работ, необходимых материалов и оборудования у заказчика; при строительной и технологической готовности объекта к монтажным работам в соответствии со СНиП III-33—76; при условии предоставления генподрядчиком производственных, складских и бытовых помещений, организации их охраны и предоставления необходимого жилья для командированных рабочих.

Когда все эти условия будут выполнены, оформляют акт готовности объекта к производству работ и открывают монтажные работы. При этом рабочие допускают-

ся к монтажным работам в соответствии со СНиП III-A.

Электромонтажные работы и монтаж КИП и А на КС и НС осуществляются в две стадии.

На первой стадии выполняют все подготовительные работы: проверяют наличие закладных частей и проемов в строительных конструкциях и элементах здания, наличие отборов на технологическом оборудовании и трубопроводах, размечают трассы и устанавливают несущие конструкции для проводок, закладывают стальные трубы под заливку бетоном, обеспечивают пуск мостового крана по временной схеме (питание по подводящему кабелю) и т. д. Одновременно вне монтажной зоны ведут работы по заготовке конструкций, узлов и блоков, их укрупненную сборку и пр.

Работы первой стадии производят одновременно с общестроительными работами, но после определения строительной готовности.

На второй стадии прокладывают трубные и электрические проводки по установленным конструкциям, монтируют полностью укомплектованные узлы (например, управления кранами и пр.) и блоки электрооборудования, устанавливают щиты и пульты, а также приборы и средства автоматизации; подключают трубные и электрические проводки.

Монтажные работы второй стадии в электротехнических сооружениях (трансформаторной подстанции, ЦСУ, аккумуляторной), как и монтаж КИП и А (главный щит управления, аппаратная), проводят после полного окончания строительно-отделочных и других специализированных работ и после приемки помещения под монтаж.

В производственных помещениях электромонтажные работы и монтаж КИП и А на второй стадии выполняются одновременно с работами других специализированных монтажных организаций по совмещенному или сетевому графику.

Врезку в трубопроводы бобышек, штуцеров для приборов и средств автоматизации, фланцев для диафрагм и регулирующей аппаратуры, а также монтаж поставляемой заказчиком арматуры (клапанов, ротаметров, диафрагм и т. д.), устанавливаемой на трубопроводах, выполняет организация, монтирующая трубопроводы.

Разметку врезок (если они не указаны в проекте) осуществляет заказчик с привлечением организации, монтирующей КИП и А. Наладку смонтированного высоковольтного электрооборудования, включая высоковольтные двигатели и регуляторы к ним, комплектные трансформаторные подстанции (КТП), выпрямительные устройства, щиты постоянного тока, щиты собственных нужд, осуществляют специализированные управления электромонтажной организации, а наладку оборудования КИП и А, агрегатных щитов (АЩСУ), щитов двигателей вспомогательных механизмов и всего остального низковольтного оборудования выполняют пусконаладочные управления по КИП и А.

Организации, монтирующие КИП и А, прокладывают электропроводку к приборам и средствам автоматизации, включая цепи технологического контроля, управления и сигнализации. Все остальные электропроводки выполняют электромонтажные организации.

Все возникающие в процессе монтажа отступления от рабочих чертежей должны быть согласованы с заказчиком, оформлены им в соответствующих проектных органах и зарегистрированы монтажной организацией на рабочих чертежах, один экземпляр которых по окончании монтажных работ на объекте передается генподрядчику.

Приборы, средства автоматизации, щиты, шкафы и прочее оборудование принимают в монтаж от заказчика только в монтажной зоне и оформляют накладной с надписью «оборудование без оплаты» и актом приемки оборудования в монтаж.

При приемке в монтаж проверяют соответствие технических характеристик проектным спецификациям, комплектности аппаратуры спецификациям проекта и комплектовочным ведомостям, наличие протоколов стендовой проверки приборов и полного комплекта заводской документации.

На все скрытые работы, выполняемые при монтаже, оформляются соответствующие акты, которые являются неотъемлемой частью акта окончания монтажных работ.

К скрытым работам при производстве электромонтажных и монтажных работ по КИП и А на КС и НС относятся:

прокладка кабеля в траншеях и лотках;

укладка защитных трубопроводов для электрических проводок в элементы зданий и сооружений;

установка измерительных дроссельных органов всех типов и размеров;

установка регуляторов, сигнализаторов и измерителей уровня, помещенных внутри технологических аппаратов;

установка первичных приборов на трубопроводах, аппаратах и агрегатах, заключаемые в общие термоизоляционные кожухи, и др.

Дополнительные работы, возникающие в процессе монтажа, должны быть зафиксированы в проекте и на их производство должен быть выдан наряд-заказ генподрядчиком или заключено с управлением дополнительное соглашение к основному договору.

Приборы, средства автоматизации, щиты, пульты, аккумуляторные батареи и прочее оборудование могут быть смонтированы только после письменного разрешения генподрядчика. Сохранность смонтированного оборудования до их сдачи по акту гарантируется генподрядчиком.

Сдача выполненных работ. После полного окончания монтажа трубные проводки подвергают внешнему осмотру и испытаниям на прочность и плотность (без участия представителей Госгортехнадзора СССР). Затем проводят индивидуальное опробование смонтированных КИП, средств автоматизации, проводок на неработающем технологическом оборудовании, с помощью которого устанавливается соответствие выполненных монтажных работ рабочим чертежам проекта, правильность и надежность реагирования проверяемых приборов и средств автоматизации на искусственно подаваемые сигналы.

К сдаче предъявляются полностью смонтированные щиты, пульты, приборы, оборудование, средства автоматизации, трубные и электрические проводки.

Окончание (закрытие) работ по монтажу оформляют актом.

К акту должны быть приложены рабочие чертежи проекта с изменениями, внесенными в процессе монтажа; документы, разрешающие отступления от рабочих чертежей; акты на скрытые работы; протоколы различных электрических измерений; протоколы и акты испы-

таний трубных проводок; протоколы стендовой поверки приборов и средств автоматизации; ведомость смонтированного оборудования, приборов и средств автоматизации; паспорта, инструкции и чертежи заводов-изготовителей, полученные от заказчика, и прочие документы согласно вышеуказанным СНиП.

После оформления акта окончания монтажных работ прораб (мастер) сверяет полученное и смонтированное оборудование, приборы и средства автоматизации. Отсутствие задолженности также оформляется актом.

За 20 дней до окончания работ прораб (мастер) сообщает в управление о высвобождающемся оборудовании, инструментах, приспособлениях, механизмах и автотранспорте. Внутри участка оборудование перемещают по указанию старшего прораба, а вне участка — по указанию управления.

ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Под индустриализацией монтажных работ понимается совокупность организационно-технических мероприятий, направленных на выполнение возможно большей доли заготовительных работ на монтажно-заготовительных участках (МЗУ) и промышленных предприятиях в целях повышения производительности труда, снижения себестоимости и повышения качества монтажных работ.

Полносборный монтаж. При полносборном монтаже магистральные трубные проводки собирают в блоки и поставляют на объект в готовом для монтажа виде (рис. 64). Операторные, аппаратные, аккумуляторные и прочие энергетические объекты монтируют в заводских условиях в отдельно стоящих блочно-комплектных устройствах БКУ (рис. 65). Отдельно стоящие щиты и шкафы поставляют на монтажную площадку с полной трубной и электрической обвязкой установленной аппаратуры и приборов (рис. 66), а средства автоматизации монтируют на унифицированных конструкциях с полной электрической и трубной обвязками (рис. 67). Различные монтажные узлы поставляют на объект в законченном виде (рис. 68).

Полносборный монтаж выполняется в две стадии. На первой стадии осуществляют организационно-

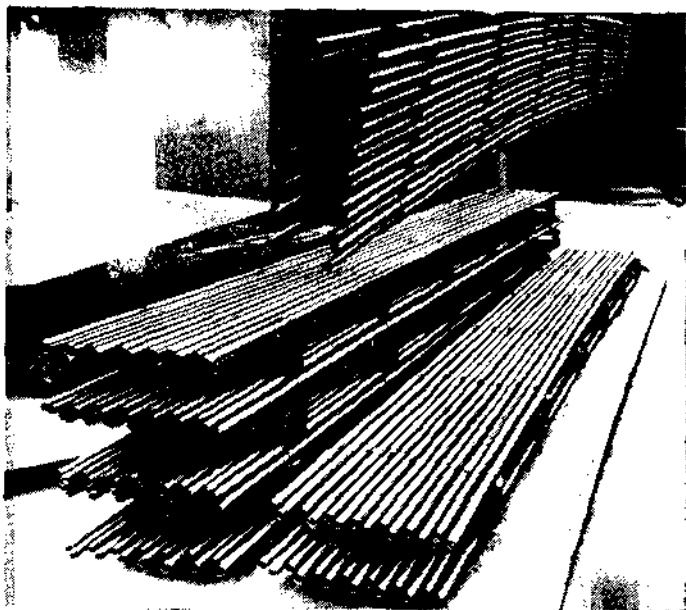


Рис. 64. Изготовленные на монтажно-заготовительном участке трубные блоки перед отправкой на объект

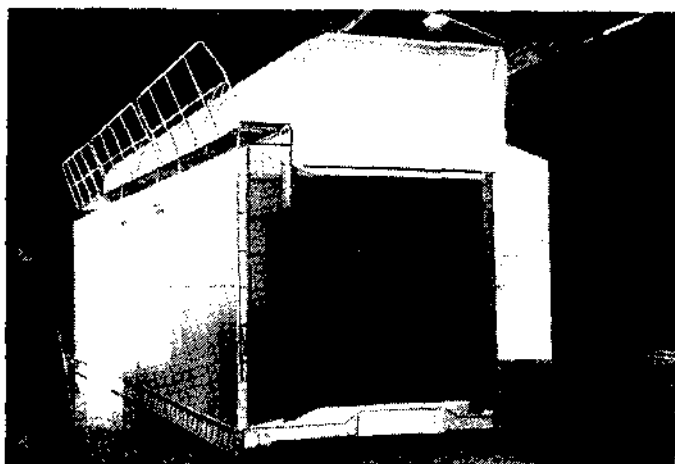


Рис. 65. Монтаж оборудования в блок-боксе

подготовительные и заготовительные работы; изучают проектно-сметную документацию; составляют ППР; проверяют наличие закладных частей и проемов в строительных конструкциях, наличие отборных уст-

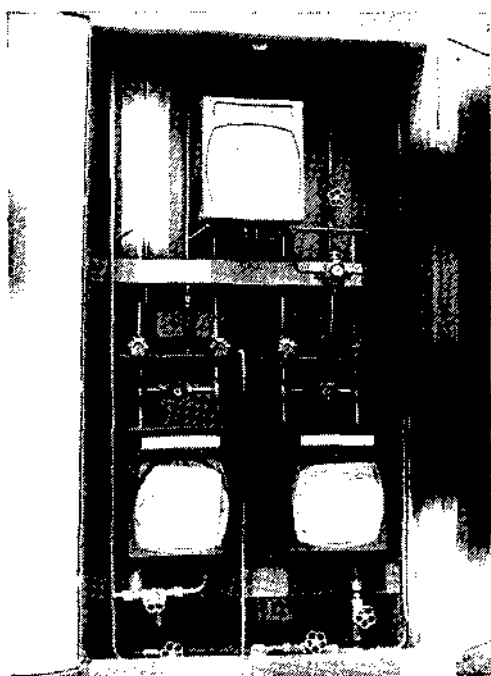


Рис. 66. Утепленный шкаф с расходомерами, изготовленный на монтажно-заготовительном участке

ройств на технологическом оборудовании и трубопроводах; размечают трассы и устанавливают несущие конструкции проводок.

Работы первой стадии выполняются одновременно с производством основных строительных и механомонтажных работ. В это же время на МЗУ выполняются заготовительные работы (заготовка узлов, блоков, их укрупненная сборка).

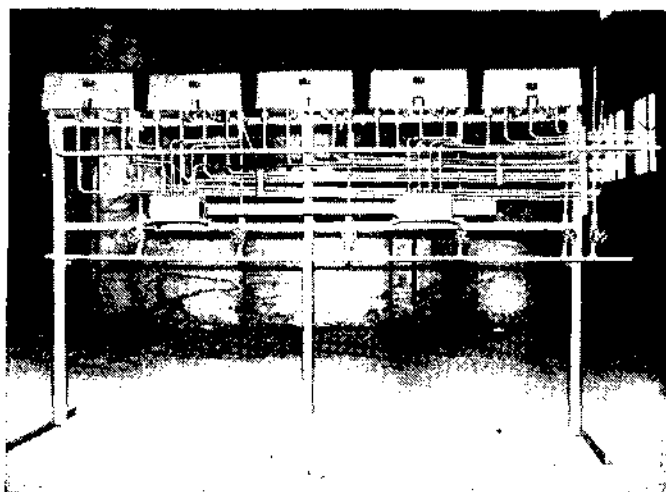


Рис. 67. Конструкция узла управления кранами

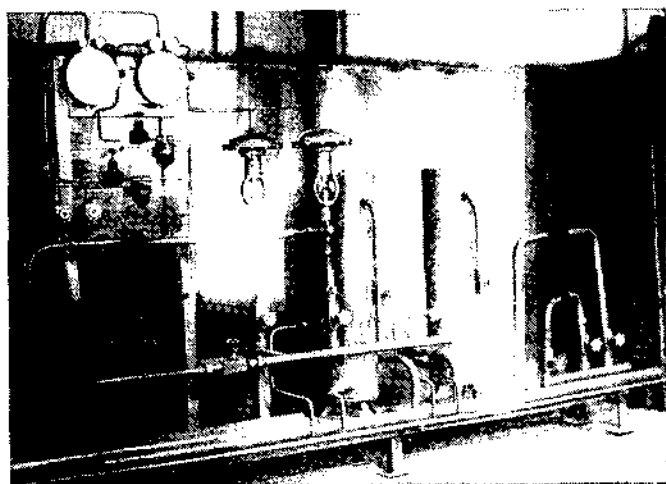


Рис. 68. Узел редуцирования воздуха КИП перед поставкой на объект

На второй стадии ведут монтажно-сборочные работы непосредственно на монтажной площадке. Они сводятся к монтажу блочных трубных и электрических проводок и их подключению к установленным на проектных отметках БКУ, укрупненным узлам, отдельно стоящим шкафам, аппаратуре, приборам и отборным устройствам.

Работы второй стадии следует производить при 90—95%-ной строительной и 75—80%-ной механомонтажной готовности объекта, только при такой степени готовности объекта эффективно применение метода полносборного монтажа.

При полносборном монтаже меняется традиционная схема материального потока и комплектации монтируемого объекта. Материалы и оборудование, требуемые для укрупнительной сборки, завозят в МЗУ, а остальные — непосредственно на объект.

При полносборном монтаже особая роль принадлежит участкам подготовки производства (УПП), которые состоят из группы монтажно-технологической подготовки, проектно-сметной группы и группы комплектации.

Группа монтажно-технологической подготовки осуществляет проверку проектной документации (наличие полного комплекта рабочих чертежей, соответствие их выполняемому профилю работ и т. п.); приемку заказов и выдачу заданий на разработку ППР (с указанием объектов, разработчика, сроков исполнения и т. п.); подготовку и выдачу заказов МЗУ в соответствии с проектами производства работ; выдачу заявок и комплектовочных ведомостей на материалы, изделия и оборудование; связь с заказчиками по выполнению заказов на нестандартизированное оборудование, контроль за внедрением ППР.

Проектно-сметная группа занимается изучением проектной документации с привлечением наладчиков и монтажников (линейных ИТР); привлечением проектных организаций для доработки проектов; разработкой проектов производства работ; проверкой смет; разработкой рекомендаций по унификации и типизации монтажных изделий, конструкций и узлов.

Группа комплектации принимает оборудование и материалы от заказчика в соответствии с комплектовочными ведомостями и заявками, в том числе для

комплектации заказов МЗУ; передает приборы наладчикам для выполнения их стендовой поверки; комплектует заказы МЗУ необходимыми материалами, изделиями, оборудованием и контролирует их исполнение (качество, количество и комплектность укрупненных конструкций, узлов и блоков); комплектует монтируемые объекты готовыми изделиями, узлами, блоками (включая приборы и аппаратуру) и материалами в соответствии с комплектовочными ведомостями; отгружает и транспортирует готовые изделия, узлы и блоки на монтируемый объект.

УПП является организационно-обособленным структурным подразделением монтажного управления, возглавляется старшим прорабом и подчиняется непосредственно главному инженеру.

Создание УПП дает возможность изменить характер работы специалистов по монтажу (ИТР), которые значительную часть времени тратят на устранение отдельных недостатков, выявленных при производстве работ и связанных с недостаточной их подготовкой, а также освободить линейный персонал от вопросов материально-технического снабжения, сосредоточить его внимание на руководстве работами и подготовке монтажа очередного объекта.

Рассмотрим выполнение монтажных работ полно-сборным методом при сооружении унифицированных блочно-комплектных промежуточных насосных станций (БКНС). Все блочные конструкции БКНС (в том числе энергообъекты и операторная) имеют идентичные внешние габариты и для увеличения полезной площади могут быть соединены в различных вариантах.

Установленные на проектные отметки БКУ энергетического оборудования, где расположены закрытые распределительные устройства (ЗРУ-10 кВ), щиты станций управления (ЩСУ), КТП 2×630, КТП 2×400 ЩСУ и два БКУ операторной, а также комплектные установки и сооружения: два блока основной и вспомогательной комплектной дизельной подстанции на 500 кВт; один блок реакторов и разъединителей 10 кВ наружной установки; пять прожекторных мачт; два комплекта отдельно стоящих молниеприемников соединяются электрическими и трубными проводками между собой и с установленным отдельно стоящим оборудова-

нием, приборами, шкафами, отборными устройствами и т. д.

Внутриплощадочные трубопроводы и кабельные коммуникации прокладываются преимущественно в кабельных каналах и по эстакадам.

МЕХАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Под механизацией работ подразумевается не только замена ручного труда машинами, но и широкое использование усовершенствованных механизированных инструментов и приспособлений, которые сокращают ручной труд, облегчают его и способствуют общему повышению производительности *труда*.

Рассмотрим некоторые механизмы и приспособления для производства монтажных работ на объекте.

Монтажный поршневой пистолет ПЦ-52-1 (рис. 69) предназначен для выполнения креплений различных конструкций и деталей путем забивания дюбелей в бетонные и железобетонные (до марки 400 вкл.) стальные (с пределом прочности до 45 кгс/мм²), кирпичные, шлакобетонные и другие строительные основания.

С помощью пистолета ПЦ-52-1 можно выполнять несъемные крепления — путем непосредственной «пристрелки» дюбелями-гвоздями к строительному основанию (без предварительного выполнения отверстий) деталей и конструкций, изготовленных из стали толщиной от 1 до 6 мм, а также из алюминия и его сплавов, дерева и древесноволокнистых, пластмассы и т. п. и съемные крепления — путем предварительной забивки дюбелей-винтов с последующим закреплением на гайках деталей и конструкций.

В отличие от ранее выпускаемого образца строительно-монтажного пистолета СМП-3М в пистолете ПЦ-52-1 забивка дюбеля 1, находящегося в направлятеле 2, осуществляется ударом поршня 3, который разгоняется по стволу 4 давлением пороховых газов. Разгон поршня под давлением происходит на участке 23—35 мм до скорости 20—90 м/с, после чего пороховые газы через рассекатель 5 сбрасываются в расширительные полости муфты 6.

С применением пистолета можно крепить электро- и сантехническое оборудование, а также гидро-, звуко-

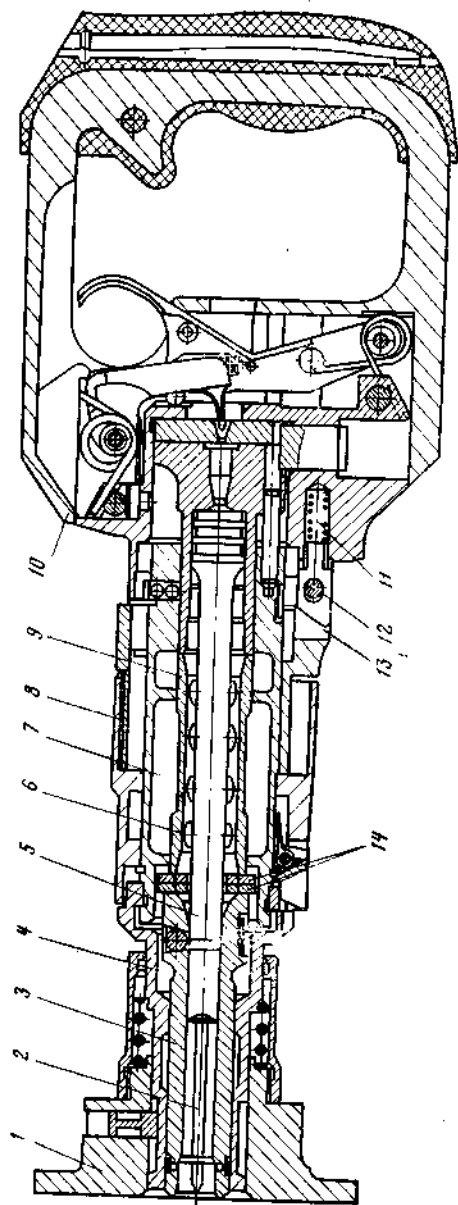


Рис. 69. Монтажный поршневый пистолет ПЦ-52-1:
 1 — прижим; 2 — дробель; 3 — направлятель; 4 — наконечник; 5 — поршень; 6 — расщепитель; 7 — полость муфты; 8 — кожух муфты; 9 — ствол; 10 — рукоятка; 11 — пружина упора; 12 — ось упора; 13 — упор; 14 — амортизаторы

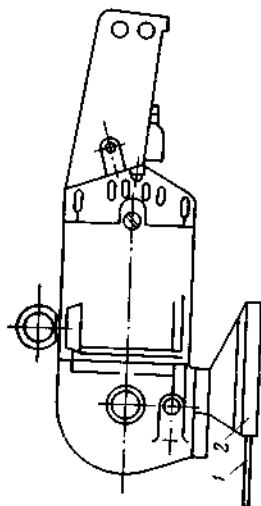


Рис. 70. Электрошофировальная машинка

и теплоизоляционные материалы. Кроме того, пистолет можно использовать при прокладке трубо- и воздухопроводов.

Масса пистолета не более 3,6 кг, техническая производительность — 50 выстрелов/ч, габариты с наконечником № 1 — $385 \times 65 \times 135$ мм.

Гарантийная долговечность: для пистолета не менее 25000 выстрелов, для каждого поршня — не менее 1000 выстрелов.

Электрошлифовальные машинки Э-2102 и Э-21103 (рис. 70), состоящие из шлифовального круга 1 (диаметром 180 или 230 мм), наполовину закрытого защитным кожухом 2, очень удобны для механизированной резки труб и сортового металла.

Малогабаритный пресс (рис. 71) при производстве монтажных работ широко используется для продавливания отверстий диаметром 22, 28, 34, 49 мм. Диаметр предварительно просверленного или вырезанного газосваркой отверстия должен быть не менее 14,5 мм. Пресс

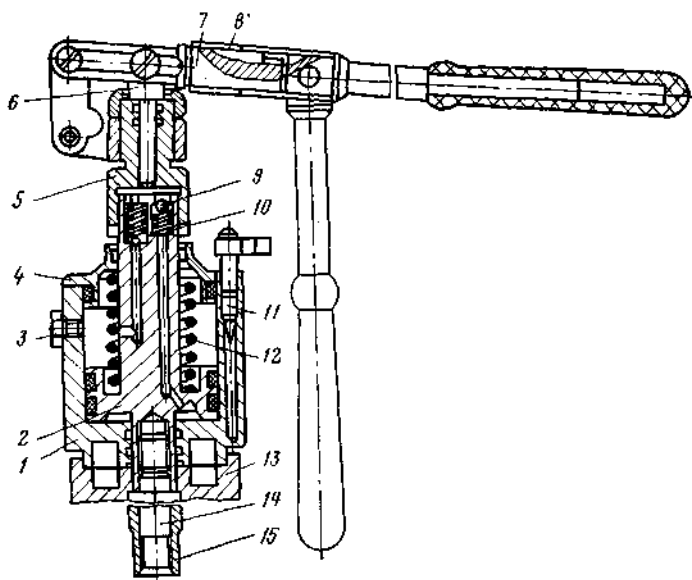


Рис. 71. Малогабаритный пресс для продавливания отверстий в листовом металле

состоит из цилиндрического корпуса 1, внутри которого расположен поршень 2, выполненный заодно с верхней направляющей. На направляющей имеются масляные каналы и обратные клапаны, работающие на всасывание 10 и нагнетание 9.

Внутри корпуса плунжера 5 расположен плунжер 6, перемещающийся от силового рычага 7, который с помощью втулки 8 может принимать рабочее и транспортное положение. При движении плунжера вверх засасывается масло из верхней полости цилиндра в корпус плунжера через клапан 10. При движении плунжера вниз масло через клапан 9 нагнетается в нижнюю полость цилиндра и поршень 2 поднимается вверх. Нижняя часть поршня 2 через хвостовик 14 передает движение вверх пуансону 15 в сторону металлического листа и матрицы 13. Возвратно-поступательные движения плунжера 6 перемещают поршень на величину, необходимую для продавливания отверстия. В исходное положение поршень возвращается с помощью пружины при открытом перепускном клапане 11.

Ручной гидравлический трубогиб, предназначенный для гнутья стальных труб диаметром до 2" при наибольшем угле изгиба труб до 100° показан на рис. 72.

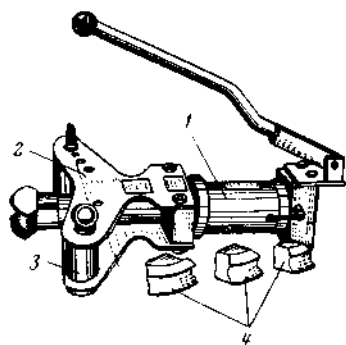


Рис. 72. Ручной гидравлический трубогиб

Трубогиб состоит из поршневого масляного насоса 1, траверсы 2 с упорными роликами 3 и трех сменных секторов 4 (для различных диаметров изгибаемых труб).

Для изгиба трубы помещают на сектор. Затем устанавливают упорные ролики в зависимости от угла

изгиба трубы. При создании поршневым насосом давления шток, на конце которого установлен сектор, выдвигается из цилиндра и изгибает трубу. Затем открывают вентиль и шток возвращается в первоначальное положение, снимают упорные ролики и извлекают изогнутую трубу.

Чтобы не допускать гофр в месте изгиба и не смять трубу при гнутье стальных труб в холодном состоянии, минимальный радиус внутренней кривой изгиба должен быть не менее четырех наружных диаметров, а для медных труб — не менее двух диаметров.

Универсальная развальцовка, состоящая из корпуса и конуса-пуансона, используется для развальцовки медных труб. Конец трубы зажимают между губками в отверстии соответствующего диаметра. Затем ввертывают винт с пуансоном, который нажимает на конец трубы. Пуансон имеет угол конусности 60° .

В качестве средств малой механизации и рациональных приспособлений при производстве монтажных работ широко применяются облегченные рычажные лебедки 0,5—3 т, портативные механические и гидравлические домкраты, всевозможные насадки для дрелей и т. п.

МОНТАЖНО-ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК (МЗУ)

На монтажно-заготовительном участке в основном изготавливают нестандартные монтажные детали и конструкции, собирают укрупненные узлы и блоки, а также изготавливают щиты и пульты.

Остальные монтажные детали, щиты, пульты и конструкции, изготавливаемые большими партиями и широко применяемые при производстве монтажных работ, необходимо изготавливать на промышленных предприятиях, где организовано поточное механизированное производство.

МЗУ управления по монтажу КИП и А имеет в своем составе следующие основные отделения: слесарно-заготовительное, трубозаготовительное, механическое, сварочно-сборочное, окрасочное, коммутационное, сборочное. МЗУ электромонтажных организаций имеет дополнительно отделение по обработке шин.

Слесарно-заготовительное отделение предназначено

для обработки листового и сортового проката. Металл со склада поступает в слесарно-заготовительное отделение. Листовой металл разрезают на гильотинных ножницах, размечают и вырубают отверстия на прес-сах или специальных станках для вырубки отверстий, изгибают на листогибочных кривошипных прессах или машинах с поворотной гибкой балкой. Профильный (сортовой) прокат разрезают на комбинированных пресс-ножницах (табл. 32), на которых также проби-

Таблица 32

Основные данные комбинированных пресс-ножниц

Тип	Наибольшие размеры разрезаемого металла, мм				
	толщина листа	ширина и толщина полосы	диаметр круга	сторона квадрата	уголок
ПН-1	10 (при фасонной резке под углом 45, 90 и 135°)	300×15	30	—	75×75×10
ПН-1	То же	200×12	30	—	75×75×9
С-229А	13	140×20	40	34	60×60×8

вают отверстия в сортовом и листовом металле и делают фасонную резку.

Трубозаготовительное отделение предназначено для обработки труб и сборки трубных блоков. Трубы подают к трубоотрезным механизмам и станкам (табл. 33), где их режут на заготовки необходимой

Таблица 33

Трубоотрезные механизмы и станки

Наименование	Тип	Диаметр отрезаемых труб
Трубоотрезной станок	ВМС-35	1/2—2 ² / ₁ "
То же	ВМС-34М	1/2—2"
» »	ВМС-32	1/2—2 ¹ / ₂ "
Станок трубоотрезный	СТ-20-108МА	20—108 мм
Маятниковая дисковая пила	ПМС-80, ПДМ-75	до 70 мм
Трубоотрез переносной	ПТВ-32-60П]	32—60 мм

длины. Переносные труборезы чаще применяют в производственных мастерских. Трубные заготовки подаются к резьбонарезным (трубонарезным) (табл. 34) и трубогибным механизмам (табл. 35).

Таблица 34

Основные резьбонарезные механизмы

Наименование	Тип	Диаметр нарезаемой резьбы, дюймы
Механизм резьбонарезной	ВМС-2	$1/2$ — $2 1/2$
Механизм трубонарезной	С-225	$1/2$ — $2 1/2$
Механизм для накатки и нарезки резьбы	ВМС-5	$1/2$ —2

Таблица 35

Трубогибочные механизмы и станки

Наименование	Тип	Диаметр изгибаемых труб	Радиус изгиба труб, мм
Трубогибочный станок	ВМС-23	$1/2$ " ; $3/4$ " ; 1" ; $1 1/4$ "	49; 63; 87; 114
То же	ТГС-2	1" ; $1 1/4$ " ; $1 1/2$ " ; 2"	130; 165; 190; 240
Трубогибочный механизм	ГСТМ-21-М	1—3"	85—350
Трубогиб с ручным гидроприводом	ТГР- $3/4$	$1/4$ " ; $3/8$ " ; $1/2$ " ; $3/4$ "	3D
То же	ТГР-2	1" ; $1 1/4$ " ; $1 1/2$ " ; 2"	3D
» »	ТГР-16-32	16—32 мм	100—200

Для резки и изгиба труб и нарезки резьбы применяют построочный механизм ВМС-12. Он снабжен карданным валом и может быть использован для привода трубогиба 2-ТТ. Диаметр обрабатываемых труб — $1/2$ —2", мощность электродвигателя 1,7 кВт, масса — 243 кг.

Механическое отделение предназначено для механической обработки деталей, входящих в узлы обвязки приборов, трубные узлы и блоки, стенды датчиков и прочие изделия. Крупные листовые заготовки проходят механическую обработку непосредственно в заготови-

тельном. отделении. Оборудование в механическом отделении (токарно-винторезные, сверлильные, точильные и фрезерные станки) располагают в порядке технологической последовательности операций.

Сварочно-сборочное отделение предназначено для выполнения сварочно-сборочных работ. Детали щитов и пультов, отдельные монтажные заготовки поступают из заготовительного и механического отделений на специальные стенды, где сваривают корпуса щитов, конструкции и различные изделия.

Окрасочное отделение предназначено для подготовки изделий под окраску и для окраски изделий. Изделия, поступающие в окраску, сначала обезжиривают (в агрегате обезжиривания), затем в камере окраски окрашивают с помощью ручных краскораспылителей. Сушат лакокрасочные покрытия в сушильной электротерморадиационной камере. В подкрасочную и сушильную камеры изделия доставляют на специальных тележках или ручными талями, установленными на монорельсе. Сжатый воздух для работы краскораспылителей подается от центральной компрессорной (при наличии таковой) или от передвижных компрессоров.

Коммутационное отделение предназначено для выполнения электрической и трубной коммутации щитов и пультов. Щиты и пульты из окрасочного отделения подают в коммутационное отделение, которое оборудовано специальными стендами.

Отделение укрупненной сборки предназначено для сборки блоков щитов, узлов обвязок приборов и испол-

Наименование оборудования	Краткая техническая характеристика Сечение шин, мм
Станок для правки шин ВПС-140	120×12
Пресс-ножницы С-229А	140×20
Шиногиб ручной ШР-4	50×6
Универсальный шинотрубогиб УШТМ-2	100×10
Установка для обработки контактной поверхности шин ЗШ-120	120×12
Пресс кривошинный К 124А	P=40 т
Вертикально-сверлильный станок 2118А	Диаметр сверления 18 мм

нительных механизмов, узлов отборных устройств и т. п. Участок оснащен соответствующим оборудованием и стендами для сборки блоков и узлов.

Отделение по обработке шин имеет следующее оборудование (см. стр. 196).

МОНТАЖ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ

Трубные проводки, прокладываемые при сооружениях КС и НС, в зависимости от места монтажа подразделяются на внутренние, прокладываемые внутри закрытых помещений, наружные, прокладываемые снаружи зданий и между ними, внутрищитовые, прокладываемые внутри щитов и пультов.

По назначению различают следующие виды трубных проводок:

импульсные — передающие воздействия контролируемой или регулируемой среды на чувствительные органы первичных измерительных приборов, датчиков или регуляторов непосредственно или через разделительные среды;

командные — передающие командные импульсы к приборам и средствам автоматизации;

питающие — подводящие газ, жидкость или воздух к средствам автоматизации в качестве вспомогательной энергии;

выбросные (сливные) — отводящие отработанные жидкости, конденсат, продукты продувки трубных проводок и т. п.;

обогревные — подводящие и отводящие теплоносители для обогрева трубных проводок, отборных устройств, приборов, щитов и т. п.;

защитные — защищающие электрические проводки от механических повреждений, атмосферного влияния и различного рода наводок.

В зависимости от способа монтажа и количества прокладываемых труб трубные проводки подразделяются на одиночные и групповые.

Групповые трубные проводки можно прокладывать по месту и готовыми блоками и пакетами.

Наибольшее распространение при монтаже приборов и средств автоматизации на КС и НС получили следующие трубы:

стальные водогазопроводные по ГОСТ 3262—75 диаметром условного прохода 15 ($1\frac{1}{2}$ "), 20 ($3\frac{1}{4}$ "), 25 (1"), 40 ($1\frac{1}{2}$ ") и 50 мм (2") — в качестве импульсных, питающих, сливных, обогревных и защитных трубопроводов;

стальные бесшовные холоднотянутые и холоднокатанные из углеродистых сталей по ГОСТ 8734—75 с наружным диаметром 8, 10, 14 и 22 мм — для импульсных, питающих и командных проводок;

медные по ГОСТ 617—72 наружным диаметром 6 и 8 мм с толщиной стенки не менее 1 мм — для импульсных и командных проводок;

полиэтиленовые из полиэтилена низкой плотности размером 6×1 , $8 \times 1,6$ мм по техническим условиям заводов-изготовителей — в качестве командных проводок;

трубный кабель (пневмокабель), по техническим условиям заводов-изготовителей, выполненный из полиэтиленовых трубок размером 6×1 и $8 \times 1,6$ мм в поливинилхлоридной оболочке, броне или без нее с числом трубок 7 и 12. Основные требования к качеству монтажа трубных проводок можно разделить на конструктивные, эстетические и эксплуатационные.

Конструкционные требования обеспечивают прочность и плотность проводок и соединений, надежность закрепления труб и несущих конструкций.

К эстетическим требованиям относится внешнее оформление трассы трубных проводок. Проводки должны быть собраны в симметричные пакеты, прокладывать их следует параллельно стенам, междуэтажным перекрытиям, колоннам, эстакадам и т. д.

Расстояния между крепежными, опорными и соединительными элементами на одной трассе должны быть по возможности одинаковыми. Расположение «уток» или фитингов для соединения трубных блоков может быть «елочкой», «веером» или шахматным. В местах ват их следует параллельно стенам, междуэтажным перекрытиям и не иметь вмятин и складок.

Выполнение эксплуатационных требований должно обеспечивать правильность работы приборов и средств автоматизации, а также возможность доступа к проводкам, соединительной и запорной арматуре в процессе эксплуатации и при испытаниях трубных проводок. Трубные проводки всех назначений, как правило, про-

кладывают на расстоянии 25—30 мм от стен, перекрытий и других элементов зданий, параллельно им по кратчайшим расстояниям между соединяемыми приборами и установками.

Однако при этом прокладываемые трубные проводки должны иметь минимальное число поворотов, пересечений и проходить в местах, где нет резких колебаний температуры окружающего воздуха, не подверженных сильному нагреванию и охлаждению, возможно дальше от технологических установок, агрегатов и электрооборудования, а также от мест, где возможны сотрясения, вибрации или механические повреждения.

Для обеспечения стока конденсата и отвода воздуха или газов трубные проводки устанавливают с определенным уклоном. Величина уклона указывается в рабочих чертежах проекта.

Импульсные линии расходомеров пара, жидкости и газа, регуляторов уровня и сливные линии должны иметь минимальный уклон 1 : 10. К манометрам, тягомерам, газоанализаторам, пневматическим регуляторам уклон должен быть не менее 1 : 50. Трубные проводки, заполняемые сухим газом или воздухом, прокладываются без уклона.

При измерении давления и разрежения на линиях к газоанализаторам уклон должен быть в сторону сборника конденсата или отбора газа. При измерении расхода жидкостей и пара — в сторону дифманометра; при измерении расхода воздуха или газов — в сторону сужающего устройства; в трубопроводах, заполненных газом, — в сторону движения газа; в трубопроводах, заполненных жидкостью, — в сторону, противоположную движению жидкости.

В самых низких точках трубных проводок, заполненных воздухом или газом, устанавливают устройства для спуска конденсата. В самых высоких точках линий, заполняемых жидкостями, располагают газосборники для сброса воздуха или выделяющихся из жидкостей газов.

Минимально допустимый радиус внутренней кривой изгиба труб должен быть: для медных труб — не менее двух наружных диаметров; для стальных труб, изгибаемых в холодном состоянии, — не менее четырех, а изгибаемых в горячем состоянии — не менее трех наружных диаметров, для полихлорвиниловых труб — не менее

трех наружных диаметров; для труб из полиэтилена низкой плотности — не менее шести наружных диаметров; из полиэтилена высокой плотности — не менее десяти наружных диаметров.

Радиус изгиба защитных водогазопроводных или электросварных труб должен быть не менее четырех диаметров при открытой прокладке и не менее десяти наружных диаметров при скрытой прокладке в случае, когда вскрытие защитного трубопровода в процессе эксплуатации представляет особые затруднения. При скрытой прокладке защитных труб в каналах и туннелях, имеющих доступ, допускается радиус изгиба защитных труб, равный шести наружным диаметрам.

Минимальный радиус внутренней кривой изгиба пневмокабелей из полиэтиленовых труб должен быть не менее десяти наружных диаметров (при температуре до -40°C) и не менее 20 диаметров в местах, где температура окружающей среды может быть ниже -40°C . Расстояния между крепежными элементами трубных проводок должны быть:

для трубопроводов из цветных металлов на горизонтальных участках — 0,6—0,8 м, на вертикальных — 1 м;

для трубопроводов из стальных труб диаметром от 8 до 14 мм на горизонтальных участках — 0,75 м, на вертикальных — 1—1,5 м;

для трубопроводов из стальных труб диаметром от 22 до 35 мм на горизонтальных участках — 2,0—3,0 м, на вертикальных — 3—4 м; от 35 до 60 мм — 3—4 м и 4—5 м соответственно.

К крепежным элементам трубных проводок относятся скобы однолапковые СО, двухлапковые СД, безлапковые БС₂, безлапковые пакетные БСП, полосы монтажные перфорированные с продольной ППр и поперечной ППо перфорацией. При креплении труб в местах ответвлений необходимо трубы закреплять скобами на расстоянии не более 200 мм от соединительных частей.

В помещениях пожаро- и взрывоопасных установок трубные проводки прокладываются таким образом, чтобы пожаро- и взрывоопасные смеси не могли проникнуть по этим проводкам или вдоль них в другие помещения. Поэтому при переходе в помещения с непожаро- и взрывоопасными смесями трубные проводки прокла-

дываются через уплотненные проходы в стенах или разделительные мембраны. При этом стальную плиту (мембрану) устанавливают в проеме стены симметрично (относительно толщины стены) и уплотняют с обеих сторон бетоном марки 300 с облицовкой с каждой стороны мокрым торкретом из цементного раствора толщиной 40 мм с добавкой битумной эмульсии или жидкого стекла. Ширина заделки плиты бетоном должна быть не менее 150 мм по периметру плиты.

Проводки из металлических труб прокладывают вдали от сильных электрических полей. Если это требование выполнить нельзя, трубные проводки заземляют на обоих концах, а в местах разъемных соединений устанавливают перемычки из стальной или медной проволоки, обеспечивающие надежную электрическую цепь на обе стороны соединения. Металлические трубы, входящие в пожаро- и взрывоопасные помещения снаружи, заземляют перед вводом в помещение.

Проводки из пластмассовых труб могут быть внутренними и наружными. Проводки из поливинилхлоридных труб допускается прокладывать в помещениях и на установках всех классов, а проводки из полиэтиленовых труб — только в помещениях с взрыво- и пожаробезопасной средой.

Пластмассовые трубные проводки, как правило, прокладывают на КС и НС в металлических коробках и в лотках из перфорированного профиля. Открытая прокладка пластмассовых труб в коробках разрешается только в том случае, когда по ним транспортируется воздух.

Совместно прокладывать пластмассовые трубные проводки с электропроводами допускается только в помещениях с взрыво- и пожаробезопасной средой при условии прокладки их в отдельные каналы многоканальных коробов.

При прокладке пластмассовых труб на сборных кабельных конструкциях, укрепленных на элементах здания или установленных на стенках каналов, их следует монтировать на отдельных полках ниже электрических кабелей на расстоянии не менее 150 мм. При прокладке по дну каналов пластмассовые трубные проводки следует располагать на расстоянии не менее 150 мм от электрических кабелей.

Пневмокабели в основном применяют для прокладки магистральных проводок большой протяженности.

Прокладка и крепление пневмокабеля выполняется так же, как прокладка электрического кабеля.

Небронированный пневмокабель прокладывают на перфорированных кабельных полках, металлических конструкциях, в коробах и лотках.

Бронированный пневмокабель, как правило, прокладывают на конструкциях. Броня бронированных пневмокабелей, а также металлические конструкции, короба и лотки, предназначенные для прокладки небронированных пневмокабелей, должны быть заземлены. При температуре окружающей среды 40°C и более небронированные пневмокабели на горизонтальных участках прокладывают на сплошных поверхностях.

На прямолинейных участках трассы, у соединительных коробок и щитов пневмокабель крепят жестко, а в остальных местах крепления должны допускать смещение пневмокабеля при изменении его длины в зависимости от температуры.

Крепить пневмокабель на поворотах нельзя. Вершина поворота пневмокабеля должна лежать на свободной опоре. На расстоянии 0,5—0,7 м от вершины поворота осуществляют свободное крепление пневмокабеля.

Расстояния между точками крепления пневмокабеля не должны превышать на горизонтальных участках 0,5—0,7 м, на вертикальных — 1 м.

В системах автоматизации импульсные трубные проводки, присоединяемые к технологическим трубопроводам, в соответствии с классификацией относятся к тем же категориям, что и технологические трубопроводы (в зависимости от свойств и параметров заполняющего их продукта).

Перед прокладкой трубы тщательно осматривают, так как при наличии трещин, свищей, плены, рванины, вмятины (глубиной более 0,5 мм) и овальности (свыше 10% диаметра) их нельзя применять для монтажа приборов и средств автоматизации. Затем трубы, проверенные на прямолинейность и проходимость сжатым воздухом, подвергают дальнейшей обработке.

Для правки стальных труб используются механизмы или приспособления с электрическим, гидравлическим

или пневматическим приводом, а также ручные приспособления.

После этого трубы очищают от ржавчины и грязи. Для очистки применяют ершники с электро- или пневмоприводом, а также вращающиеся щетки.

Трубы размечают на стеллажах. При разметке стальных труб, подлежащих огневой резке, необходимо учитывать припуск 3—4 мм на каждую трубу.

При резке труб необходимо выполнять следующие требования:

- обрез трубы должен быть без заусенцев (заусенцы снимают зенкерами и напильниками), а при газопламенной резке — без наплывов;

- труба должна быть отрезана под заданным углом к оси трубы, отклонение от которой не должно превышать 0,5 мм на диаметре;

- при резке труб нельзя допускать изломов;

- после резки ручными труборезами концы труб не должны иметь завальцовки.

Резьбу на водогазопроводных трубах нарезают на трубонарезных стенках резьбонарезными тангенциальными плашками или вручную клуппами.

Изгибают трубы на трубогибочных станках и ручных трубогибах. На изогнутой трубе не должно быть складок, трещин или иных дефектов. Овальность сечения труб в местах изгиба, определяемая отношением разности между наибольшим и наименьшим наружным диаметром изогнутой трубы к наружному диаметру трубы до гибки, не должна превышать 10%.

Наружные поверхности трубных проводок защищают от коррозии при помощи защитных покрытий или применяют трубы из коррозионностойких материалов. Несущие конструкции, по которым прокладывают трубные проводки, должны быть защищены от коррозии теми же покрытиями, что и трубные проводки. В качестве защитных покрытий, в зависимости от температуры и характера окружающей среды, могут быть применены: краска эмалевая для наружных покрытий (пентафталевая), лак каменноугольный (кузбасслак) ГОСТ 1709—75, лак № 67 ГОСТ 312—73, лак № 411 ГОСТ 1347—77, нитроэмаль ДМ, эмали перхлорвиниловые ПХВ-14, ПХВ-15, ПХВ-23, ПХВ-26, ПХВ-10 и др.

Соединения трубных проводок в зависимости от условий их работы бывают разъемные и неразъемные.

Неразъемные соединения можно разобрать, только разрушая целостность материала трубы. В условиях монтажа КС и НС неразъемные соединения чаще всего выполняют газовой сваркой. Разъемные соединения выполняются при помощи nipple'ных соединительных гаек, муфт, угольников, тройников, фитингов, соединителей с торцевым уплотнением и соединителей, приспособленных под разбортовку трубы, — для соединения труб из цветных металлов.

По окончании монтажа трубные проводки тщательно осматривают и испытывают на прочность и плотность.

При внешнем осмотре устанавливают соответствие смонтированных трубных проводок проекту и качество выполненных работ требованиям СНиП. Затем каждую трубную проводку (независимо от ее назначения) до проведения испытаний продувают сжатым воздухом, чтобы удалить твердые частицы и пыль. При этом сжатый воздух должен быть осушен и очищен от масла и пыли. Продувку следует сопровождать легким постукиванием молотка по трубам, чтобы сбить имеющуюся внутри них окалину и ржавчину. Воздух подают через открытые запорные вентили и вентили, установленные на ответвлениях.

Прочность смонтированных трубных проводок, заполняемых жидкостями, а также негорючими и нетоксичными газами, определяют гидравлическими испытаниями.

Трубные проводки, заполняемые горючими газами, должны подвергаться дополнительным испытаниям на плотность с определением падения давления во всех случаях, когда это предусмотрено проектом.

При наружном диаметре труб до 10 мм и пробном давлении до 2,5 кгс/см² прочность и плотность прилегания трубных проводок к приборам и средствам автоматизации допускается проверять только пневматическими испытаниями.

Желательно по согласованию с заказчиком и организацией, монтирующей технологическое оборудование, проводить испытание трубных проводок совместно с технологическими трубопроводами.

Перед проведением испытаний трубные проводки от-

соединяют от приборов и отборных устройств и закрывают заглушками, конструкция которых должна обеспечить невозможность их срыва при пробных давлениях.

Зимой при температуре воздуха ниже -5°C применяют водные растворы хлористого кальция или масла промышленных марок 12; 20 или 20В, не замерзающие при температуре до -30°C .

Пробное давление $p_{пр}$, создаваемое в трубных проводках, как правило, должно быть при рабочих давлениях до 5 кгс/см^2 — 1,5 рабочего давления p_r , но не менее 2 кгс/см^2 ; при рабочих давлениях свыше 5 кгс/см^2 — 1,25 рабочего давления p_r , но не менее $p_r + 3 \text{ кгс/см}^2$.

При гидравлических испытаниях металлические трубные проводки выдерживают в течение 5 мин, затем давление снижают до рабочего и тщательно осматривают трубные проводки с простукиванием труб молотком массой не более 0,5 кг.

Трубные проводки считаются годными для эксплуатации, если при гидравлических испытаниях не было падения давления, а при осмотре не выявлено выпучин, трещин, течей и запотеваний.

По окончании испытания из трубных проводок спускают жидкость и продувают их сжатым воздухом.

При пневматических испытаниях воздух должен быть осушен и очищен от масла и пыли.

При пневматическом испытании на прочность давление в трубной проводке поднимают до пробного в течение 5 мин. После этого пробное давление снижают до рабочего, осматривают трубы и выявляют дефекты. Окончательный осмотр трубных проводок проводится при рабочем давлении и совмещается с испытанием их на плотность.

Для выявления дефектов в процессе осмотра необходимо применять пенообразующие растворы. Можно пользоваться мыльной водой, которой смачивают все стыки и соединения. Образование мыльных пузырей указывает на неплотность, которую следует устранить. Испытания повторяют до тех пор, пока не будут устранены все неплотности.

Во время пневматических испытаний нельзя обстукивать молотком трубные проводки, находящиеся под

давлением. В зоне испытаний запрещено пребывание посторонних лиц.

Трубные проводки считаются годными для эксплуатации, если в процессе пневматических испытаний не наблюдалось падения давления, а при осмотре и применении пенообразующих растворов не были выявлены выпучины, трещины и течи.

По окончании гидравлических и пневматических испытаний составляют протокол испытаний по установленной форме.

Полностью смонтированные проводки вначале осматривают и устанавливают соответствие их проекту, а также соответствие качества выполненных работ требованиям СНиП.

Прочность и плотность смонтированных пластмассовых трубных проводок определяют пневматическими испытаниями путем создания в них пробного давления.

Испытанию подвергают всю линию от места отбора импульсов до прибора. В отдельных случаях, по согласованию с заказчиком, допускается испытывать линию по частям.

Испытания следует начинать не ранее чем через 2 ч после выполнения последнего сварного шва.

Проводки из полиэтиленовых или поливинилхлоридных труб, предназначенные для рабочих давлений до $1,4 \text{ кгс/см}^2$, испытывают пневматическим способом на давление 3 кгс/см^2 , а свыше $1,4 \text{ кгс/см}^2$ — гидравлическим давлением, равным 1,5-кратному рабочему давлению.

Трубные проводки, проложенные рядом, испытывают одновременно. Для этой цели их соединяют с источником сжатого воздуха при помощи трубной «гребенки».

Пневмокабели в соответствии с техническими условиями на их изготовление должны быть испытаны заводом-изготовителем. Однако их рекомендуется испытывать так же, как и обычные полиэтиленовые трубы, проложенные рядом. По окончании испытаний должен быть составлен протокол по установленной форме.

МОНТАЖ СИЛОВЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

Правильно проложенный и смонтированный кабель является надежным элементом канализации электрической

энергии и при надлежащей эксплуатации работает без аварий в течение десятков лет. Но при транспортировке и прокладке кабели можно легко повредить, причем эти повреждения во многих случаях остаются незамеченными.

Поэтому необходимо строгое соблюдение правил транспортировки и прокладки кабелей. Руководство и надзор за работами по монтажу кабелей поручают наиболее квалифицированным и опытным специалистам, хорошо знающим технологию и правила производства кабельных работ. При сооружении КС и НС электропроводки различают по месту прокладки — наружные и внутренние, а по способу исполнения электропроводки — прокладываемые в земле (траншеях), трубах, защитных коробах, лотках, по кабельным конструкциям в каналах и на эстакадах, на роликах и изоляторах, на тросах.

Кабельные линии монтируют так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации в кабелях не возникали механические напряжения и не было случаев их повреждений.

При прокладке в грунте кабели укладывают на глубину заложения при напряжении линии до 20 кВ не менее 0,7 м и до 35 кВ не менее 1 м, с запасом по длине (1 — 3%) для компенсации возможного смещения почвы и температурных деформаций.

При прокладке по конструкциям, стенам, перекрытиям кабели закрепляют в конечных точках у концевых заделок; с обеих сторон их закрепляют на изгибах и у соединительных муфт.

При вертикальной прокладке по конструкциям и стенам кабели должны быть закреплены так, чтобы не деформировались оболочки и не нарушились соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей. На практике придерживаются следующих расстояний между точками креплений: для бронированных и небронированных силовых кабелей при горизонтальной прокладке — 1 м, при вертикальной прокладке — 1—2 м, для бронированных и небронированных контрольных кабелей на горизонтальных участках — 0,8 м, на вертикальных участках — 1 м. В местах, где возможны механические повреждения, кабели должны быть за-

щищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле.

При открытой прокладке кабели должны быть защищены от непосредственного воздействия солнечных лучей и от теплоизлучения других источников тепла.

Радиус внутренней кривой изгиба жил кабелей при их разделке и подключении должен быть не меньше, чем десятикратный диаметр жилы с бумажной изоляцией и трехкратный диаметр жилы с резиновой изоляцией.

Открыто проложенные кабели, а также все муфты и заделки должны быть снабжены бирками с указанием на них марки, напряжения, сечения и обозначения, а на бирках соединительных муфт и концевых заделок — даты монтажа и фамилии мастера, выполнившего работу по монтажу. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды.

Допустимые радиусы изгиба кабелей

Кратность допустимого радиуса изгиба кабеля к наружному диаметру кабеля

Силовые на напряжение до 35 кВ с бумажной изоляцией, бронирование и небронирование:	
в алюминиевой оболочке	
многожильные	25
в свинцовой оболочке	
многожильные	15
Силовые с пластмассовой изоляцией и оболочкой на напряжение 6—10 кВ, бронированные и небронированные	15
Силовые с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной или резиновой оболочке:	
бронированные	15
небронированные	10
Контрольные с резиновой или пластмассовой изоляцией в поливинилхлоридной или резиновой оболочке, бронированные одной стальной профилированной лентой	7

Допустимые минимальные расстояния (в м) при сближении кабелей, прокладываемых в земле: до фундамента здания — 0,6; между силовыми кабелями до 10 кВ — 0,1; между кабелями выше 10 кВ и кабелями до 35 кВ — 0,25; до стволов деревьев — 2; до параллельных трубопроводов — 0,5; до нефте- и газопроводов — 1; до теплопроводов — 2.

Допустимые минимальные расстояния сближения кабелей при пересечениях с другими кабелями должны быть не менее 0,5 м, с трубопроводами — 0,5 м.

Кабели, прокладываемые внутри помещений и в специальных кабельных сооружениях (каналах), не должны иметь внешних защитных покровов из горючих веществ.

Минимально допустимые расстояния между полками в двусторонних кабельных каналах для силовых кабелей напряжением до 10 кВ и числе кабелей 2—4 должны составлять 200 мм, а для контрольных кабелей — 100 мм. В односторонних туннелях для силовых кабелей числом более четырех расстояние между полками должно составлять не менее 0,6 длины кабельной полки.

Во всех случаях расстояния в свету между силовыми кабелями на полках должны быть 35 мм, но не менее диаметра кабеля.

В кабельных каналах для силовых кабелей напряжением до 10 кВ минимальное расстояние между полками должно составлять 150 мм, а для контрольных кабелей — 100 мм. В односторонних каналах расстояние между полками для силовых кабелей не менее 0,6 l , где l — длина кабельной полки.

Без прогрева все работы с кабелями (размотка, переноска, прокладка) могут выполняться в тех случаях, когда температура окружающей среды в течение 24 ч до начала работ не снижалась хотя бы временно: для силовых бронированных и небронированных кабелей с бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке не ниже 0°C; для силовых кабелей с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке не ниже —20°C, а в резиновой или поливинилхлоридной не ниже —15°C и с волокнистым защитным покровом не ниже —7°C; для контрольных кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией: для небронированных в резиновой или поливинилхлоридной оболочке, а также для бронированных

одной стальной оцинкованной профилированной лентой не ниже -15°C , а для остальных бронированных не ниже -7°C .

Кратковременные в течение 2—3 ч понижения температуры (ночные заморозки) во внимание не принимаются при условии положительной температуры в предыдущий период времени.

Для подогрева кабелей перед прокладкой используют следующие способы. Прогрев кабелей внутри отапливаемых помещений требует длительного времени, кроме того, помещение должно быть вблизи от места прокладки кабеля. Прогрев кабелей в тепляках с помощью тепловоздуховок или печей менее эффективен и, кроме того, требует выполнения специальных противопожарных мероприятий. Прогрев в помещении или тепляке при температуре в них от 5 до 10°C должен продолжаться не менее трех суток, при температуре от 10 до 25°C — 1,5 суток, а при температуре от 25 до 40°C — не менее 18 ч. Температуру наружного покрова кабеля определяют термометром, конец которого в месте прилегания к оболочке кабеля утепляют. Часто применяют в полевых условиях, при отсутствии отапливаемых помещений и тепляков, прогрев кабеля электрическим током подсоединением его к сварочному трансформатору.

Длительность прогрева, допускаемые значения тока и напряжения, схемы подсоединения кабеля к сварочному трансформатору приведены во многих справочниках.

Прогрев прекращают при достижении температуры покрова кабеля 20°C при температуре -10°C наружного воздуха и соответственно 30°C — при температуре наружного воздуха от -10 до -25°C .

После прогрева кабеля его необходимо проложить в сжатые сроки: при температуре от 0 до -10°C не более 1 ч, при температуре от 10°C до -20°C — не более 40 мин, при температуре от -20°C и ниже не более 30 мин. Если невозможно выдержать указанные сроки, работу выполняют с перерывами, во время которых кабель подлежит дополнительному подогреву. При температуре окружающего воздуха ниже -40°C прокладка кабелей не допускается.

При отрицательных температурах не допускается прокладка всех типов кабелей методом снятия петли

кабеля с барабана. Кабель не должен подвергаться изгибу с радиусом меньше допускаемого, его укладываютмейкой с запасом (3—4) % по длине. Кабель засыпают немедленно после его прокладки.

Для прокладки по эстакадам применяют кабели без наружного покрова с противокоррозийным покрытием. В открытых эстакадах предусматривается защита кабелей от солнечной радиации.

Раскладку кабеля по эстакадам желательно выполнять механизированно, для этого может быть успешно применен специально оборудованный автомобиль, в кузове которого на домкрате установлен барабан с кабелем и направляющее устройство в виде наклонного рольганга с двумя рядами валиков.

Для уменьшения трения при раскатке кабелей по эстакадам в начале, конце и на поворотах трассы устанавливают направляющие желоба из швеллерной стали № 10—12 в виде сектора с углом 120° и радиусом 900—1000 мм.

Внутри зданий применяются кабели без наружного джуто-битумного покрова. При переходе подземного кабеля в сооружение джуто-битумный покров на участке прокладки внутри сооружения удаляется. При низких температурах перед прокладкой кабели прогревают.

При монтаже КС и НС широко распространен способ прокладки кабеля на лотках и в коробах. Расстояние между опорными конструкциями для лотков и мостов составляют не более 2 м при горизонтальном расположении и 1,5 м при вертикальном.

Кабели на лотках, как правило, укладываются в один ряд.

Допускается прокладывать кабели без зазора между ними, а также пучками вплотную друг к другу в 2—3 слоя (в пучке).

Наружный диаметр пучка должен быть не более 100 мм. Пучки кабелей должны быть скреплены бандажами на горизонтальных прямолинейных участках трассы через расстояние не более 4,5 м, а на вертикальных — не более 1 м.

При горизонтальной установке лотков кабели не крепят, при установке лотков в вертикальной плоскости интервал крепления кабелей не должен превышать 1 м. В местах поворота трассы или ответвления кабели

должны быть закреплены на расстоянии не более 0,5 м до и после поворота или ответвления.

В коробах кабели допускается прокладывать многослойно с произвольным взаимным расположением. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.

Кабели, прокладываемые в коробах и на лотках, должны иметь маркировку в начале и конце лотков и коробов, на поворотах трассы и на ответвлениях, а также в местах подключения их к оборудованию.

Приемо-сдаточная документация по монтажу кабельных линий должна содержать: акты приемки траншей, каналов, тоннелей, эстакад под монтаж кабелей; акты на скрытые работы по прокладке труб; протоколы заводских испытаний барабанов с кабелем, а при их отсутствии — протоколы испытаний кабелей до прокладки на монтажной площадке; протоколы осмотра и проверки изоляции кабелей на барабанах перед прокладкой; протоколы прогрева кабелей на барабане перед прокладкой при низких температурах; акты осмотра кабельной канализации в траншеях и каналах перед закрытием; акты (журналы) разделки кабельных муфт напряжением выше 1000 В (кроме соединительных эпоксидных муфт); контрольно-учетные паспорта на соединительные эпоксидные муфты напряжением свыше 1000 В; протоколы испытания повышенным напряжением выпрямленного тока силовых кабелей после монтажа; протоколы измерения сопротивления изоляции кабелей после монтажа; протоколы измерения сопротивления изоляции кабелей перед включением; схему кабельной линии с указанием заводских номеров барабанов проложенных кабелей и их длины, последовательности укладки барабанов и нумерации соединительных муфт при прокладке кабелей в траншее (для кабельных линий напряжением выше 1000 В).

МОНТАЖ БЛОЧНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

Распределительные устройства (РУ) и подстанции на напряжение 6—10 кВ поставляют заводы-изготовители в виде комплектных распределительных устройств (КРУ)

КРУН, КСО и др.) или комплектных трансформаторных подстанций (КТП, КТПН).

До монтажа КРУ и КСО в помещении заканчивают все отделочные работы. Помещение сушат, чтобы изоляция монтируемого оборудования не могла увлажняться. При установке шкафов закрепляют направляющие швеллера для катков тележки на уровне чистого пола, чтобы обеспечить качение тележки без толчков и заеданий. Если позволяют местные условия, доставляют на место монтажа блоки, скомплектованные из трех шкафов. В противном случае в шкафах КРУ снимают скобы для крепления тележек на время транспортировки, выкатывают тележки из шкафов, снимают болты, скрепляющие шкафы между собой, и доставляют каждый шкаф в отдельности.

При монтаже шкафов КРУ из них выкатывают тележки, устанавливают крайний шкаф и после проверки правильности его установки приступают к установке следующего шкафа. Установленные шкафы скрепляют болтами, но так, чтобы не появились перекосы. Крепят шкафы к закладным металлическим конструкциям и приступают к монтажу сборных шин распределительного устройства. Контактные соединения сборных шин промывают бензином, покрывают их тонким слоем вазелина и соединяют болтами, если заводом-изготовителем не предусмотрена сварка шин. Нельзя зачищать контактные поверхности шин напильником или наждачной шкуркой, так как они покрыты на заводе сплавом олова с цинком для защиты против коррозии.

В каждом шкафу в двух местах приваривают шины заземления и присоединяют их к контуру заземления.

После установки сборных шин всей секции затягивают болты в контактных соединениях. Затем прокладывают магистральные шинки вторичных цепей, присоединяют силовые и контрольные кабели, вкатывают тележки в шкафы КРУ, проверяя при этом совпадение контактов тележки низкого напряжения с контактами, установленными на релейном шкафу; совпадение высоковольтных штепсельных контактов; совпадение заземляющих контактов тележки с контактами заземления корпуса, а также работу шторок (шторки должны подниматься и опускаться без заеданий и перекосов) и действие механической блокировки.

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) состоят из понижающих трехфазных трансформаторов, вводных шкафов высокого напряжения и шкафов распределительного устройства на напряжение до 1000 В, которые разделяются на вводные, секционные и фидерные и состоят из шинной и коммутационной частей. В качестве коммутационных аппаратов применяют автоматические воздушные выключатели выдвижного исполнения и блоки предохранитель — выключатель. Для удобства присоединения к распределительному устройству эти трансформаторы обычно выполняются с боковыми выводами.

В зависимости от числа шкафов распределительное устройство внутренней установки поступает на монтаж в полностью собранном виде или отдельными блоками в упаковке (деревянные ящики, обшитые с внутренней стороны влагонепроницаемым материалом). Шкафы распределительных устройств наружной установки типа КТПН отправляются транспортными блоками с упаковкой разъемных проемов. Трансформаторы поступают в отдельной упаковке. КТП и КТПН монтируют в следующем порядке. Собирают подстанции, при этом выводы трансформатора соединяют с распределительным устройством, устанавливают автоматы, монтируют заземление. Шины соединяют при помощи сжимных плит (контактную поверхность шин нельзя зачищать стальными щетками и наждачной шкуркой во избежание повреждения имеющего на ней противокоррозийного покрытия). Для очистки контактной поверхности ее протирают чистой тканью, смоченной в бензине.

Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин и подъемные скобы с опорных швеллеров. Установочные швеллеры шкафов отдельных блоков соединяют между собой перемычками из полосовой стали сечением 40×4 мм.

Выдвижные автоматические выключатели низкого напряжения проверяют на совпадение вертикальных и горизонтальных осей втычных контактов и ножей, определяют с помощью динамометра усилие нажатия, которое у каждого втычного контакта должно быть порядка 10—12 кгс. Кроме того, проверяют совпадение осей симметрии подвижных и неподвижных вспомога-

тельных контактов. Эти контакты должны иметь провал в 1,2—2 мм. Для вкатывания и выкатывания автоматических выключателей применяют специальное устройство, поставляемое заводом.

Монтаж завершается проверкой исправности проводов и приборов, надежности крепления болтовых соединений, исправности электрической изоляции, присоединением кабелей высокого напряжения к трансформаторам и кабелей отходящих линий.

Трансформаторы, заполненные автолом, являющимся токсичным материалом, монтируют, соблюдая при этом специальные правила техники безопасности. Внутреннему осмотру эти трансформаторы не подвергают. Герметичность трансформатора проверяют по наличию избыточного давления или вакуума, для чего открывают кран, разобщающий бак трансформатора с мановакуумметром (этот кран на время транспортировки перекрывают).

Готовность реле давления к действию проверяют, снижая давление или вакуум до нуля через специальную пробку; временную стальную заглушку над реле давления заменяют стеклянной диафрагмой. Уровень автола проверяют по температурной отметке на указателе уровня и при необходимости производят доливку автола или сливают его излишки. Проверяют электрическую прочность автола: она должна быть не менее 30 кВ/мм при температуре автола 65°C.

Сухие трансформаторы осматривают, проверяют надежность контактных соединений, протирают изоляторы и тщательно продувают трансформатор сжатым воздухом. Проверяют также сопротивление изоляции обмоток и сопротивление изоляции шпилек, прессирующих ярмо трансформатора, коэффициент трансформации на всех ступенях напряжения, надежность действия всей аппаратуры, установленной для защиты трансформатора.

При необходимости сухие трансформаторы подвергают сушке в вакуумшкафу с обогревом, с помощью воздухоудовки с применением фильтров и искрогасительных камер, в камере с обогревом с естественной тягой для удаления испаряющейся влаги или методом короткого замыкания.

МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ УСТАНОВОК

Класс взрывоопасности помещения и наружных установок определяется проектирующей организацией.

Согласно правилам устройств электроустановок (ПУЭ) взрывоопасные помещения и наружные установки КС и НС можно классифицировать следующим образом.

К л а с с В-І. К этому классу относятся помещения, в которых выделяются горючие газы или пары в таком количестве и обладающие таким свойством, что они могут образовать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании горючих жидкостей и т. д.

К л а с с В-Іа. К этому классу относятся помещения, в которых при нормальной эксплуатации образование взрывоопасных смесей горючих паров или газов с воздухом или другими окислителями невозможно, только в результате аварии или неисправностей могут образоваться такие смеси.

К л а с с В-Іб. К этому классу относятся такие же помещения, что к классу В-Іа, но отличающиеся одной из следующих особенностей:

горючие газы в этих помещениях обладают высоким нижним пределом взрываемости (15% и более), резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях (например, машинные залы аммиачных компрессорных);

образование в аварийных случаях в помещении общей взрывоопасной концентрации по условиям технологического процесса исключается, а возможна лишь местная взрывоопасная концентрация;

горючие газы и легковоспламеняющиеся горючие жидкости имеются в помещениях в небольших количествах, не создающих общей взрывоопасной концентрации, и работа с ними не требует применения открытого пламени.

Наружные установки класса В-Іг. К ним относятся наружные установки, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся

жидкости (например, газгольдеры, емкости, сливо-наливные эстакады и т. д.).

Взрывоопасными считаются следующие зоны:

20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива (эстакады с открытым сливом и наливом) легковоспламеняющихся жидкостей;

до 5 м по горизонтали и вертикали для закрытого технологического оборудования с дыхательными и предохранительными клапанами;

до 3 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасного закрытого технологического оборудования.

Помещения, смежные со взрывоопасными, которые не содержат технологического оборудования со взрывоопасными веществами и где вероятность образования взрывоопасных веществ до нижнего предела взрываемости меньше, чем во взрывоопасном, относятся к взрывоопасным, но на класс ниже смежного взрывоопасного помещения.

Проектная документация на производство электро-монтажных работ во взрывоопасных установках (в помещениях и наружных) должна содержать ряд дополнительных сведений.

На планах и разрезах должны быть указаны классы взрывоопасных помещений. Для наружных установок должны указываться границы взрывоопасных зон. В чертежах указываются также вертикальные и горизонтальные привязки устанавливаемого взрывозащищенного электрооборудования, электропроводок в трубах и кабелей, вводов в аппараты. На чертежах трубных и кабельных проводок предусматриваются решения по устройству прохода электропроводок сквозь стены и перекрытия, а также по устройству переходов через температурные и осадочные швы. Кроме того, даются рекомендации по выполнению вводов кабелей и изолированных проводов во вводные устройства взрывозащищенных аппаратов, указываются места установки разделительных уплотнений и их типы.

Разъемы присоединительных трубопроводов выполняются с применением стандартного сгона, ввернутого на короткой резьбе в вводное устройство электрооборудования и соединенного с трубопроводом муфтой с контргайкой. Первое крепление подводимого к аппарату

трубопровода выполняют с помощью скоб, хомутов и т. п. не далее 0,8 м от вводного устройства.

Во взрывоопасных помещениях классов В-I и В-Iа электропроводки выполняются проводом и кабелем с медными жилами. В помещениях класса В-Iб и наружных установках В-Iг допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами, для искробезопасных целей применение кабелей и проводов с алюминиевыми жилами не допускается.

При всех видах исполнения взрывозащищенного электрооборудования, кроме искробезопасного (если этого не требуют условия эксплуатации — механическая прочность, агрессивная среда), провода прокладываются в трубах. Для кабелей возможна трубная и беструбная прокладка. Использовать многожильные кабели для совместной проводки в одном кабеле искробезопасных и искроопасных целей нельзя.

В трубопроводах электропроводок для выполнения протяжки проводов и кабелей, их соединений и ответвлений должны применяться фитинги серии Ф, а также коробки серии У-500.

Соединение труб различных диаметров между собой или соединение труб с вводными устройствами аппаратов, электродвигателей и т. д., имеющих диаметр вводного отверстия, отличный от диаметра вводимой трубы, следует выполнять переходными муфтами на соединительные части из ковкого чугуна с цилиндрической резьбой для трубопроводов.

Все резьбовые соединения труб и их присоединения к электрооборудованию должны быть выполнены с подмоткой на резьбу пенькового волокна, пропитанного разведенным на олифе суриком (железным или свинцовым), или ленты ФУМ шириной 10—15 мм и толщиной 0,08—0,12 мм из фторлона марки 4Д.

Отдельные трубы и потоки труб, выходящие из взрывоопасных помещений, должны заделываться в местах прохода сквозь стену, полы и межэтажные перекрытия цементным раствором или другими негорящими материалами по всей толщине стены или перекрытия так, чтобы газы, пары и пыль через щели и зазоры не проникали в соседние помещения или наружу.

Если сквозь стену проходит большое количество труб, могут применяться металлические диафрагмы. На место монтажа их поставляют с наваренными на один конец каждой трубы фитингами ФПЗ со стороны взрывоопасного помещения. Проходы группы кабелей и труб должны выполняться по чертежам проекта.

Для предотвращения перехода взрывоопасной смеси из одного помещения в другое или наружу и ограничения объемов взрывозащитного электрооборудования устраиваются разделительные уплотнения в непосредственной близости от места выхода труб во взрывоопасную зону, но не далее 200 мм: при выходе трубопроводов из взрывоопасных зон высшего класса во взрывоопасные зоны низших классов — со стороны зон высшего класса; при выходе трубопроводов из одних взрывоопасных зон в другие одинаковых классов, имеющие взрывоопасные смеси других категорий или групп, — со стороны зоны, имеющей взрывоопасную смесь более высокой категории или группы; при выходе трубопроводов из взрывоопасных зон классов В-I, В-Ia в невзрывоопасные помещения или наружу — со стороны взрывоопасной зоны.

Установка каких-либо соединительных частей на участке трубопровода между разделительным уплотнением и местом выхода трубы из пола, стены и т. д. во взрывоопасную зону запрещается.

Разделительные уплотнения на трубопроводах с проводами или кабелем во взрывоопасных помещениях должны быть испытаны в течение 3 мин на плотность сжатым воздухом с избыточным давлением — $2,5 \text{ кгс/см}^2$, при этом допускается падение давления в разделительном уплотнении не более чем до 2 кгс/см^2 .

Сами же трубопроводы во взрывоопасных зонах испытанию не подлежат. Взрывозащищенные светильники, электроаппараты и электродвигатели, включая вводные устройства, испытанию не подлежат.

Концевые заделки кабелей следует размещать только внутри вводимых устройств электрооборудования или других защитных оболочек.

ГЛАВА 10

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ И МОНТАЖНЫХ РАБОТ

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

К мероприятиям по технике безопасности, входящим в ППР, входят:

- способы, обеспечивающие безопасное ведение работ;
- отбор существующих и разработка новых приспособлений для безопасного выполнения работ, в том числе и по эксплуатации строительных машин и механизмов;
- размещение строительных машин с учетом их безопасной эксплуатации;

- разработка устройств и приспособлений, исключающих возможность поражения электрическим током;

- способы погрузки и разгрузки крупноразмерных конструкций, тяжелых и громоздких грузов, их хранение и строповка;

- выделение опасных зон;

- освещение строительной площадки и отдельных рабочих мест;

- обеспечение санитарно-бытовыми помещениями;

- устройство проездов дорог;

- решение вопросов о складских помещениях и площадках и способах хранения легковоспламеняющихся и горючих материалов;

- грозозащита опасных помещений и объектов.

В процессе строительно-монтажных работ на объекте возникают опасные зоны, т. е. участки, на которых пребывание людей становится опасным. Опасные зоны могут быть постоянными и временными. К постоянным относятся опасные зоны при монтаже цехов, работах на высоте, монтаже ЛЭП, зоны действия грузоподъемных машин. Временными считаются опасные зоны, возникающие в процессе производства работ продолжительностью до одной рабочей смены (например, зона монтажа

крана). При работах на высоте опасной зоной считается участок, расположенный внизу под рабочей площадкой, граница которого отстоит от проекции рабочей площадки на поверхность на расстояние, превышающее на 30% высоту площадки, но не менее чем на 2 м.

Опасной зоной при работе башенного крана является часть территории стройплощадки, ограниченная линиями, параллельными оси кранового пути и отстоящими от него на расстоянии наибольшего вылета стрелы. Опасная зона автомобильных и гусеничных кранов — часть территории, ограниченная окружностью с радиусом, равным наибольшему вылету стрелы. В местах прохождения временных электрических сетей опасной зоной считается пространство, в пределах которого работающий может коснуться проводов устанавливаемыми конструктивными элементами или переносимыми длинномерными предметами. Опасная зона при этом определяется длиной элемента плюс 1 м.

При земляных работах, связанных с рытьем траншей и котлованов, опасная зона — предел обрушения плюс 1 м.

При прохождении на строительной площадке высоковольтных ЛЭП охранная зона выделяется по обе стороны линии шириной 10 м от крайнего провода при напряжении до 10 кВ включительно, 15 м — до 35 кВ, 20 м — до 110 кВ.

Все работы в охранной зоне ЛЭП могут выполняться только по специальному разрешению эксплуатирующей организации. В некоторых случаях ширину опасной зоны можно уменьшить путем применения защитных козырьков или сплошных настилов.

Если опасная зона не ограждена, то по границе ее выставляют сигнальщиков с красными флажками или свистками из расчета 1 сигнальник на 25 м границы опасной зоны.

Современная строительная площадка немыслима без электроэнергии, механизмов и инструментов с электроприводом. Нарушение правил электробезопасности создает опасность поражения человека током. Характерными причинами несчастных случаев являются случайные прикосновения людей к оголенным и оторванным проводам воздушной сети под напряжением, выполнение работ на электроустройствах без отключения

напряжения, неудовлетворительное ограждение токоведущих частей, работы на воздушных сетях под напряжением, неудовлетворительное заземление электроустановок, несоблюдение правил техники безопасности при электросварочных работах, применение переносных ламп напряжением более 36 В, несоблюдение элементарных требований техники безопасности при электропрогреве бетона, грунта и др.

Защитой от поражения током при переходе напряжения на металлические части служит защитное заземление. При помощи стального и медного провода электроустановки соединяют с заземлителями, непосредственно соприкасающимися с землей. Сопротивление периодически проверяемого заземления не должно превышать 10 см.

Средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током разрабатываются применительно к видам работ.

Также применительно к каждому виду работ разрабатываются специальные правила техники безопасности.

Все вновь поступающие рабочие допускаются к работе лишь после вводного инструктажа и инструктажа по технике безопасности непосредственно на рабочем месте. Инструктаж на рабочем месте проводится при каждой перемене рабочего места. Проведение инструктажей оформляется записью в специальном журнале за подписью рабочего и мастера или прораба. Рабочие сложных профессий (машинисты, сварщики, шоферы) допускаются к работе лишь при наличии специальных прав, выдаваемых квалификационными комиссиями после окончания специальных школ и курсов. Периодически, 1 раз в год, рабочие комплексных бригад проходят обучение безопасным методам работы по 6—10 часовой программе.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ПРИ МОНТАЖЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ

Монтаж технологического оборудования и трубопроводов проводят на вновь строящихся объектах, а также на территориях действующих предприятий, например, при сооружении компрессорных цехов вторых и треть-

их очередей магистральных газопроводов. Возможны случаи, когда монтажные работы проводятся непосредственно в действующем цехе.

Монтаж оборудования, как правило, проводится на открытых неогражденных опорах, на объектах, которые не имеют полной строительной готовности. Это ведет к совмещению монтажа технологического оборудования с выполнением других монтажных и строительных работ, что создает стесненные условия труда и повышает опасность при производстве работ. Условия работы усложняются в осеннее и зимнее время из-за холодов, изморози и сильного ветра. Наибольшее количество случаев травматизма относится к начальному периоду монтажа, когда проводится такелаж оборудования.

Для предупреждения случаев травматизма перед началом монтажных работ намечают мероприятия, которые являются составной частью проекта производства работ.

В составе ППР предусмотрены требования по безопасным способам производства в цехах действующих предприятий.

Мероприятия по технике безопасности разрабатывают в календарных планах или сетевых графиках, технологических картах и схемах производства работ.

Технологические карты на отдельные, как правило, наиболее сложные процессы являются основными документами ППР, в которых разрабатывают все мероприятия безопасной организации труда, например, безопасные способы монтажа оборудования, способы строповки, усиления грозоподъемных механизмов перед подъемом (при необходимости), наиболее рационального расположения механизмов и приспособлений.

При производстве такелажных работ необходимо помнить, что использование металлических и железобетонных конструкций зданий при подъеме оборудования допускается только после проверки расчетом прочности этих конструкций и при наличии разрешения проектной организации и строительно-монтажной организации, производившей монтаж конструкций, а в действующих цехах — также и заказчика.

Стальные канаты для грузозахватных приспособлений выбирают в зависимости от веса поднимаемого груза и угла его наклона к вертикали.

Натяжения ветви стропа S определяют по формуле

$$S = m \frac{Q}{n},$$

где Q — вес поднимаемого груза; n — число ветвей стропа; m — коэффициент, равный $1/\cos \alpha$, где α — угол наклона ветви стропа к вертикали.

Прочность стальных канатов проверяют по формуле

$$\frac{P}{S} > k,$$

где P — разрывное усилие каната, принимаемое по сертификату, кгс; S — наибольшее натяжение ветви стропа в кгс с учетом угла его наклона к вертикали; k — коэффициент запаса прочности.

При производстве работ под монтируемым оборудованием или на оборудовании, установленном на домкратах или подвешенном на канатах, необходимо подводить страховочные шпальные клетки, скрепленные болтами или скобами, либо иные прочные опоры, рассчитанные на вес оборудования.

Перед началом монтажа трубопроводов на месте их расположения должны быть установлены постоянные средства крепления (кронштейны, консоли, опоры, подвески и т. д.). Уложенные на опоры узлы и примыкающие к ним секции трубопроводов должны быть надежно закреплены постоянными средствами крепления. Временное крепление трубопроводов запрещается.

Технологическое оборудование, установки и трубопроводы испытывают в строгом соответствии с проектом, с соответствующими главами СНиП и правилами Госгортехнадзора СССР и Госгазинспекции.

При гидравлическом или пневматическом испытании трубопроводов давление в системе следует увеличивать равномерно без толчков и ударов и постоянно контролировать показания приборов и работу испытываемой системы. Трубопроводы осматривают проинструктированные рабочие после снижения испытательного давления до рабочего. При осмотре трубопровода поднимать давление запрещается. При продувке трубопроводов после их испытания у концов труб должны быть установлены прочные щиты для защиты рабочих от окали-

ны и посторонних предметов. Лица, занятые испытанием и продувкой трубопроводов, должны находиться в безопасных местах.

При производстве пусконаладочных работ, персонал, занятый на этих работах, должен пройти обучение по утвержденной программе и специальный инструктаж по технике безопасности. Персонал должен знать свойства природного газа; правила ведения работ в местах, опасных в отношении загазованности; приемы эвакуации из газоопасной зоны лиц, пострадавших от газа, и способы оказания им первой помощи, а также приемы пользования кислородным прибором и шланговым противогазом.

При проведении пусконаладочных работ должна действовать приточно-вытяжная вентиляция. Огневые работы в помещении нагнетателей, насосов в машинном зале должны быть запрещены.

Надзор за выполнением мероприятий по охране труда осуществляет администрация предприятия и общественные организации.

На монтажном участке за технику безопасности отвечает производитель работ (начальник участка, прораб, мастер), он же руководит работами по охране труда и проводит мероприятия по снижению и предупреждению производственного травматизма на руководимом им участке.

Общественный надзор за охраной труда возлагается на общественного инспектора, который выбирается на каждом участке членами бригады.

Ежедневно перед началом работы производитель работ совместно с общественным инспектором проверяет состояние техники безопасности на всех рабочих местах, в проходах и проездах, состояние лесов, подмостей, защитных приспособлений, ограждений опасных зон.

В случае обнаружения каких-либо нарушений прораб организует их устранение. В том случае, если нарушения не могут быть устранены силами участка и при этом имеется опасность для работающих, прораб обязан немедленно остановить работу и срочно доложить об этом вышестоящему руководителю.

При выдаче задания бригаде мастер участка проверяет допущенные нарушения техники безопасности за прошедший день и доводит до сведения рабочих прика-

зы и распоряжения по устранению допущенных нарушений.

Широкое распространение при производстве монтажных работ приобрел метод трехступенчатого контроля состояния охраны труда и техники безопасности. Суть этого метода заключается в том, что ежемесячно состояние техники безопасности контролируется мастером и бригадиром совместно с общественным инспектором по охране труда; вторичный контроль за состоянием техники безопасности проводится не реже 1 раза в две недели начальником участка; третья ступень контроля осуществляется представителем администрации монтажной организации (главным инженером, инженером по технике безопасности) 1 раз в два месяца.

Все выявленные нарушения заносятся в журнал трехступенчатого контроля с указанием срока исправления и ответственного исполнителя.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЕ ПРИ МОНТАЖЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

При выполнении специальных работ (монтаж кабельных и воздушных линий, распределительных устройств и т. д.) рабочий должен пройти специальное обучение в объеме программы, утвержденной главным инженером предприятия, проверку знаний и получить удостоверение на право выполнения данного вида работ. К специальным работам допускаются лица, удовлетворяющие ряду специальных требований, характерных для данного вида работ.

При выполнении отдельных видов работ следует руководствоваться основными правилами.

Кабельные работы. Погрузка и выгрузка барабанов с кабелем должна проводиться при помощи механизмов и приспособлений. Запрещается сбрасывать барабаны с машины на землю. При прокладке кабеля вручную необходимо надевать брезентовые рукавицы.

Вес кабеля при прокладке, приходящийся на одного мужчину, не должен превышать 35 кг, а на подростка или женщину — 20 кг.

Запрещается: приближать руки к отверстию, через которое протягивается кабель; работать с лестницы около и над вращающимися механизмами и вблизи неогражденных токоведущих частей, а также над открытыми проемами; поднимать кабели с приставных лестниц; применять для переносного освещения места работ напряжение выше 36 В; принимать пищу во время работы с эпоксидным компаундом; передавать ковш с расплавленным припоем из рук в руки.

При монтаже кабельных линий следует:

монтаж кабеля на высоте более 2 м выполнять только с прочного настила;

строго соблюдать правила при работе с эпоксидным компаундом;

соблюдать общие правила такелажа и перемещения кабелей и др.

Монтаж трансформаторов. Трансформаторы монтируют в соответствии с проектом производства работ и технологическими картами. Запрещается: производить работы с огнем вблизи рабочего места; находиться при перемещении трансформаторов между ними и лебедкой.

Необходимо строго соблюдать заводские инструкции по монтажу, хорошо знать и соблюдать правила такелажных работ по перемещению и установке трансформаторов на фундамент, а также соблюдать правила техники безопасности при ревизии, монтаже и сушке.

Монтаж распредустройств. Запрещается вести работы по монтажу в действующих установках без оформления наряда-допуска.

Следует строго соблюдать правила техники безопасности при производстве работ в действующих электроустановках, следить за транспортировкой механизмов и электрических аппаратов через действующие открытые распредустройства и под линиями электропередачи.

Монтаж силовых, контрольных и осветительных электрических сетей. При производстве указанных работ запрещается: работать неисправным инструментом; пользоваться случайными лестницами и подмостями; работать при дыропробивных работах без защитных средств; производить работы в помещениях, не сданных под монтаж.

Следует строго выполнять правила техники безопасности при работе на высоте при монтаже газовых труб, проводов электроаппаратуры, щитов, пультов и т. д.; неукоснительно выполнять правила техники безопасности при электро-газосварочных работах, при работе с электрофицированным инструментом, строительномонтажным пистолетом и при выполнении термитной сварки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.* М., Металлургия, 1972.
2. *Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.* М., Энергия, 1970.
3. *Строительство и монтаж насосных и компрессорных станций / В. Л. Березин, П. П. Бородавкин, С. Я. Куриц, Е. И. Трушин, М., Энергия, 1974.*
4. *Строительные нормы и правила СНиП III-34—74, часть III, Правила производства и приема работ, гл. 34, Система автоматизации.* М., Стройиздат, 1976.
5. *Строительные нормы и правила СНиП-33—76, часть III, Правила производства и приемки работ, гл. 33, Электротехнические устройства.* М., Стройиздат, 1977.
6. *Строительные нормы и правила, СНиП III-A-11—70, часть III, раздел А, гл. II, Техника безопасности в строительстве.* М., Стройиздат, 1971.
7. *Таманов Г. Н., Канцыбко И. П. Монтаж систем контроля и автоматики в нефтехимической промышленности.* М., Стройиздат, 1974.
8. *Техника безопасности и производственная санитария в строительстве.* М., Стройиздат, 1974.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Общие сведения о перекачивающих станциях	5
Назначение и состав перекачивающих станций	5
Устройство компрессорных станций	8
Устройство нефтеперекачивающих станций	15
Устройство систем энерго- и водоснабжения НПС и КС	18
Здания и сооружения НПС и КС	19
Пути совершенствования НПС и КС	25
Глава 2. Организация строительства НПС и КС	33
Проект организации строительства	33
Проект производства работ	36
Технологические карты	37
Прогрессивные формы организации работ	40
Глава 3. Организация и технология производства строительных работ	43
Состав строительных работ	43
Подготовка строительного производства	43
Сдача выполненных работ	44
Механизация и комплексная механизация строительных работ	45
Технология земляных работ	46
Технология бетонных работ	59
Технология свайных работ	70
Технология монтажа строительных конструкций	74
Технология отделочных работ	82
Технология благоустройства и дорожных работ	88
Особенности технологии строительных работ в зимнее время	91
Глава 4. Производство монтажных работ	92
Периоды монтажных работ	92
Механизация и химизация монтажных работ	104
Глава 5. Технология монтажа газотурбинных установок (ГТУ)	112
Приемка и подготовка фундаментов под монтаж	113
Монтаж турбогруппы газотурбинных установок отечественных заводов-изготовителей	116
Выверка агрегатов	118
Ревизия подшипников и роторов. Центровка	123
Монтаж камеры сгорания и вспомогательного оборудования	135
Подливка бетоном и закрытие цилиндров	138
Монтаж системы маслоснабжения газотурбинного агрегата	140
Монтаж газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-6,3	142