ВК1.6(07)
Т13

Р. И. Тавастшерна

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ



621.643(07)

ББК 39.7
Т 13
УДК 621.644.07(075.32)

Рецензент — проф., канд. техн. наук, зав. кафедрой Всесоюзного заочного машиностроительного ин-та А. Н. Блинов.

Инв. № _____
отека УНИ 7

Тавастшерна Р. И.

Т 13 Изготовление и монтаж технологических трубопроводов: Учеб. для техникумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1986.—286 с., ил.

Даны общие сведения о технологических трубопроводах, их характеристики и классификация. Приведены сортаменты труб, деталей и других изделий, применяемых для изготовления и монтажа трубопроводов из различных материалов. Изложены индустриальные методы изготовления и монтажа трубопроводов различного назначения, описана технология монтажа трубопроводов из пластмассовых труб. Приведены правила техники безопасности при испытаниях трубопроводов.

Для учащихся техникумов, обучающихся по специальности «Монтаж и ремонт промышленного оборудования».

Т 3204000000—235 / 047(01)—86 161—86

ББК 39.7
6Т8

© Стройиздат, 1980
© Стройиздат, 1986, с изменениями

ВВЕДЕНИЕ

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, принятых на XXVII съезде КПСС, предусмотрено обеспечение существенного сокращения сроков строительства предприятий и объектов путем повышения уровня индустриализации, совершенствования организации строительного производства и повышения производительности труда. При строительстве предприятий нефтяной, химической, пищевой, металлургической и других отраслей промышленности значительный объем составляют работы по изготовлению и монтажу технологических трубопроводов.

Технологические трубопроводы — одни из наиболее ответственных и металлоемких сооружений любого промышленного объекта. Они осуществляют связь между машинами, аппаратами и производствами и обеспечивают непрерывность технологических процессов. По ним транспортируют различные продукты и материалы, в том числе токсичные, взрывоопасные и горючие вещества. Технологические трубопроводы чаще всего проектируют без резервных линий, и выход их из строя влечет за собой остановку агрегатов, установок и даже целых промышленных комплексов, поэтому очень важно обеспечить надежность работы трубопроводов, которая определяется такими факторами, как правильность расчета конструкций трубопровода и подбора материалов, деталей трубопроводов, трубопроводной арматуры, качество выполнения монтажных работ, своевременное и качественное проведение ревизий и ремонтных работ. В общем объеме строительно-монтажных работ стоимость монтажа технологических трубопроводов достигает 65% при строительстве предприятий нефтяной промышленности, 40% — химической, энергетической и пищевой, 25% — металлургической.

По трубопроводам транспортируют продукты с самыми различными физико-химическими свойствами. Многие продукты оказывают коррозионное и эрозионное воздействие на трубопроводы. Температура этих продуктов может быть от низких минусовых до чрезвычайно высоких, а давление — от глубокого вакуума до 250 МПа и более.

Сложные условия работы трубопроводов требуют от изготовителей и монтажников строгого соблюдения указаний при подборе материалов, предусмотренных проектом, выполнения и проверки специальных технологических требований.

Для сооружения технологических трубопроводов, особенно в нефтяной, химической и пищевой промышленности, все шире начали применять трубы из неметаллических материалов. Увеличение объемов и расширение области применения указанных труб объясняются их высокой коррозионной стойкостью, меньшей массой, технологичностью обработки и сварки, низкой теплопроводностью и как следствие — меньшими затратами труда на теплоизоляцию.

В нашей стране до 1950 года монтаж трубопроводов производился преимущественно путем изготовления, сборки и сварки линий непосредственно на месте монтажа. Такой способ требовал больших затрат труда при сравнительно низком качестве работ и удлинял сроки строительства.

Объединение в 1957 году всех ведущих монтажных организаций в Минмонтажспецстрой СССР создало необходимые условия для широкого внедрения индустриальных методов монтажа трубопроводов путем организации массового заводского изготовления. Сущность

индустриализации трубопроводных работ заключается в перенесении всех трубозаготовительных работ в заводские условия с целью превратить строительное производство в комплексно-механизированный процесс монтажа объектов из готовых узлов и блоков заводского изготовления.

Монтажные организации за последние годы добились значительных успехов в индустриализации и механизации работ по сооружению технологических трубопроводов. Усовершенствованы старые и внедрены новые технологические процессы массового изготовления деталей трубопроводов, значительно расширено и усовершенствовано централизованное изготовление узлов трубопроводов на поточно-операционных линиях, применяются все более прогрессивные приемы сборки и сварки. Улучшена технология монтажа внутрицеховых и межцеховых трубопроводов.

Применение готовых узлов, элементов и секций, централизованно изготовленных в трубозаготовительных цехах, позволяет значительно упростить технологию и организацию монтажа трубопроводов. Это в 2,5...3 раза снижает объем работ, выполненных непосредственно на монтажной площадке. Сроки монтажа трубопроводов сокращаются в 3 раза, так как их изготовляют параллельно с ведением строительных работ.

Централизованное изготовление узлов трубопроводов обеспечивает также значительный рост производительности труда, так как позволяет механизировать наиболее трудоемкие производственные операции, внедрить высокопроизводительные станки и машины, эффективнее использовать автоматические способы сварки. Трудоемкость монтажа трубопроводов готовыми узлами снижается примерно на 60% по сравнению с выполнением этих работ непосредственно на монтажной площадке.

Рост объемов работ и сложности строящихся предприятий, увеличение размеров и массы оборудования, повышение давлений и температуры транспортируемых продуктов и т. д. требуют от монтажников знаний технологии производства работ и четкого выполнения специальных технологических требований по изготовлению и монтажу трубопроводов. Книга может быть полезна для работников монтажных и проектных организаций, занятых монтажом и проектированием промышленных объектов.

ГЛАВА I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ

§ 1. Назначение и характеристика технологических трубопроводов

Трубопроводами называются устройства, которые служат для транспортирования жидких, газообразных и твердых сыпучих веществ. Трубопроводы состоят из плотно соединенных между собой прямых участков труб, деталей трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики, опор и подвесок, крепежных материалов (болтов, шпилек, гаек, шайб), прокладок и уплотнений, а также тепловой и антикоррозионной изоляции.

К технологическим трубопроводам относятся все трубопроводы, предназначенные для транспортирования в пределах промышленного предприятия или группы этих предприятий различных веществ (сырья, полуфабрикатов, реагентов, пара, воды, газа, промежуточных и конечных продуктов и др.), необходимых для ведения технологического процесса или эксплуатаци оборудования.

К технологическим трубопроводам не относятся трубопроводы ливневой канализации, отопления зданий, питьевой воды и другого сантехнического назначения.

Трубопроводы должны быть надежны и безопасны в эксплуатации, так как неисправность в какой-либо части трубопровода может привести к аварии или полной остановке производства или даже всего промышленного объекта.

В процессе работы трубопровод может находиться под давлением транспортируемого продукта от глубокого вакуума $1 \cdot 10^{-5}$ до 250 МПа и выше, под воздействием температур от —170 до 700°С и более, под постоянной нагрузкой от веса труб и деталей, арматуры, транспортируемого продукта, теплоизоляции, нагрузок теплового удлинения, вибрационных, ветровых и давления грунта. Кроме того, в элементах трубопрвода могут возникать периодические нагрузки от неравномерного нагрева, от защемления подвижных опор и чрезмерного трения в них.

Надежность и безопасность работы технологических трубопроводов зависят от большого числа факторов, основные из которых:

прочностные характеристики применяемых материалов, из которых изготовлен трубопровод (прочность, пластичность, ползучесть и др.);

характер нагрузок, действующих на трубопровод (статические, динамические, механические, тепловые и др.);

характер напряжений, возникающих в трубопроводе (растяжение, сжатие, изгиб, кручение и др.);

рабочие параметры транспортируемого продукта (температура и давление);

физико-химические свойства продукта (токсичность, коррозионное и эрозионное действие, пожаро- и взрывоопасность и др.), физическое состояние транспортируемого продукта (жидкость, газ, пар, твердое тело);

условия и длительность эксплуатации;

механические повреждения.

Большое влияние на повышение надежности оказывают также соблюдение технологии и качество выполнения строительно-монтажных работ.

В соответствии с основными понятиями теории надежности для технологических трубопроводов приняты следующие основные определения.

Надежность трубопроводов — свойство обеспечивать транспортирование продукта с заданными параметрами (давлением, расходом, скоростью, температурой) в течение требуемого промежутка времени. Надежность трубопровода обусловливается безотказностью, долговечностью и ремонтопригодностью.

Безотказность — способность трубопровода работать в заданных условиях в течение определенного времени без вынужденных перерывов.

Отказ — нарушение работоспособности трубопровода, т. е. полная или частичная потеря герметичности, изменение параметров транспортируемого продукта и т. п.

Долговечность — способность трубопровода сохранять работоспособность до предельного состояния при необходимом техническом обслуживании, в том числе и ремонтах. Предельное состояние трубопровода определяется невозможностью или нецелесообразностью его дальнейшей эксплуатации либо требованиями безопасности. Наиболее характерный показатель долговечности — срок службы трубопровода — календарная продолжительность его эксплуатации до предельного состояния.

Ремонтопригодность — свойство трубопровода, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Одним из показателей оценки надежности является вероятность безотказной работы $P(t)$ трубопровода, т. е.

вероятность того, что в течение заданного промежутка времени при заданных условиях эксплуатации произойдет отказ трубопровода.

Вероятность безотказной работы — это убывающая функция времени, изменяющаяся от 1 до 0:

$$P(t) = P(T > t),$$

где T — время работы трубопровода от его включения до первого отказа, год;

t — время, в течение которого необходимо определить вероятность безотказной работы трубопровода.

Для достижения требуемой надежности трубопроводов необходимо:

при проектировании трубопровода учесть все условия, влияющие на прочность, выбрать необходимые коррозионно-стойкие материалы и их защитные покрытия, установить оптимальную скорость потока рабочего продукта, исключить контакты разнородных металлов, рационально подобрать и разместить средства для его крепления по всей трассе;

обеспечить правильное конструктивно-технологическое изготовление деталей, узлов и секций трубопроводов и тщательный контроль всех изделий и материалов, поступающих на сооружение трубопровода;

качественно выполнить монтажные работы с безусловным соблюдением требований нормативно-технической документации;

исключить любые технологические очаги коррозии (вмятины, забоины, задиры и т. п.);

обеспечить доступ ко всем элементам трубопровода для их осмотра, обслуживания и профилактического ремонта;

обеспечить нормальные условия эксплуатации трубопровода без нарушения режимов и превышения параметров, установленных проектом.

Надежность трубопровода в значительной степени определяется его коррозионной стойкостью, поэтому для изготовления трубопроводов или защитных покрытий применяют коррозионно-стойкие материалы. Однако стоимость трубопровода $C_{пр}$ из таких материалов выше, чем из углеродистой стали, поэтому при экономической оценке надежности трубопровода необходимо учитывать как первоначальные затраты, так и затраты в период эксплуатации трубопровода:

$$C_{пр} = C_э + K_н c_{тр},$$

где $C_{пр}$ — суммарные приведенные годовые затраты, р/год;
$C_э$ — среднегодовая стоимость эксплуатации трубопровода, р/год;
$c_{тр}$ — капитальные вложения на изготовление и монтаж трубопровода, р.;
$K_н$ — нормативный коэффициент эффективности вложений, год$^{-1}$.

С увеличением надежности трубопровода первое из слагаемых обычно убывает, а второе увеличивается. Эти зависимости могут быть в общем виде представлены графиками (рис. 1). Из графика следует, что при некотором среднем времени безотказной работы $T_{ср}$ суммарные затраты минимальны. Уровень надежности, отвечающий этому минимуму, является оптимальным. При рассмотрении нескольких вариантов повышения надежности трубопроводов приведенные годовые затраты $C_{пр}$ рассчитывают для каждого из них и путем их сопоставления определяют наиболее эффективный вариант.

При изготовлении и монтаже технологических трубопроводов пользуются терминами, отражающими специфику этих работ.

Линия — участок трубопровода для транспортирования продукта, рабочие параметры которого постоянны. Каждая линия трубопровода имеет в проекте свой индекс.

Узел (рис. 2) — часть линии трубопровода (сборочная единица), ограниченная транспортными габаритами, которая по размерам и конфигурации может быть установлена в проектное положение или подлежит последующей укрупнительной сборке в блоки. Узел трубопровода состоит из одного или нескольких элементов и арматуры. Узлы подразделяются на *плоские и пространственные.*

Блок — линия или часть линии трубопровода, состоящая из одного или нескольких узлов, арматуры и отрезков труб, собранных на разъемных и неразъемных соединениях, которая по размерам и конфигурации может быть установлена в проектное положение без предварительного укрупнения.

Элемент (рис. 3) — часть узла трубопровода (сборочная единица), не имеющая разъемных соединений. Элемент трубопровода состоит из сваренных между собой отрезков труб и деталей или нескольких деталей, все сварные стыки которого расположены в плоскости, перпендикулярной его основной продольной оси.

Деталь — часть линии трубопровода, предназначенная для соединения его отдельных участков с изменением и без изменения его направления или проходного сечения (отвод, переход, тройник, заглушка, фланец) и крепления (опора и подвеска).

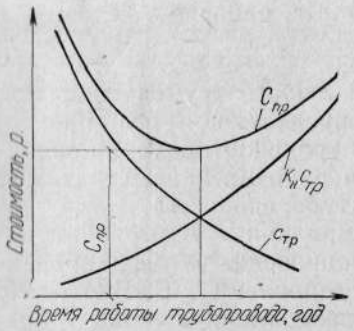


Рис. 1. График приведенных затрат строительства и эксплуатации трубопровода

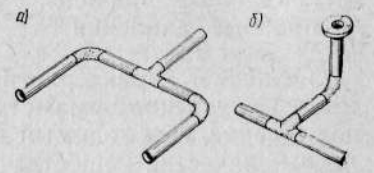


Рис. 2. Узел трубопровода
а — плоский; *б* — пространственный

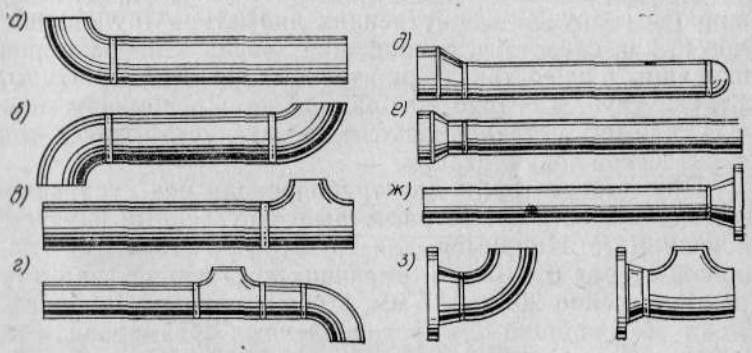


Рис. 3. Элементы трубопроводов
а — труба и отвод; *б* — отвод, труба и отвод; *в* — труба и тройник; *г* — труба, тройник, труба и отвод; *д* — эксцентрический переход, труба и заглушка; *е* — концентрический переход и труба; *ж* — труба и фланец; *з* — фланец и отвод; *и* — фланец и тройник

Плеть — линия или часть линии трубопровода, состоящая из нескольких сваренных между собой секций трубопроводов. Плети обычно собирают и сваривают на месте прокладки трубопровода.

§ 2. Условные проходы. Условные, рабочие и пробные давления

Основной характеристикой любого трубопровода является внутренний диаметр, определяющий его проходное сечение, необходимый для транспортирования заданного количества вещества при рабочих параметрах эксплуатации (давление, температура, скорость).

Условный проход D_y — номинальный внутренний диаметр присоединяемого трубопровода. Унифицированный ряд условных проходов установлен СТ СЭВ 254—76. Для технологических трубопроводов наиболее часто применяют условные проходы, мм: 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600. Этот ряд условных проходов введен для ограничения числа применяемых при проектировании и сооружении внутренних диаметров трубопроводов и, как следствие, сокращения числа типоразмеров входящих в их состáв соединительных деталей, арматуры, а также труб. Для труб этот ряд является рекомендуемым и D_y для них устанавливают в проекте, стандартах или технической документации.

При выборе трубы для трубопровода под условным проходом понимают ее расчетный округленный внутренний диаметр. Например, для труб с $D_н$=219 мм и толщиной стенки 6 и 16 мм, имеющих внутренний диаметр соответственно 207 и 187 мм, в обоих случаях D_y принимают ближайший из установленных размеров, т. е. 200 мм. Известно, что механическая прочность трубопровода, в том числе соединительных деталей и арматуры при определенных интервалах температур транспортируемого по трубопроводу вещества или окружающей среды снижается.

Понятие условное давление введено для учета изменений прочности соединительных деталей и арматуры трубопроводов под действием температуры транспортируемого вещества или окружающей среды.

Условное давление P_y — наибольшее избыточное давление при температуре вещества или окружающей среды 20°С, при котором допустима длительная работа арматуры и деталей трубопровода, имеющих заданные размеры, обоснованные расчетом на прочность при выбранных материалах и характеристиках их прочности, соответствующих этой температуре. Например, для арматуры и деталей трубопроводов из стали марки 20,

работающих при избыточном давлении 4 МПа и транспортирующих вещества при температуре 20 и 350°С, в первом случае P_y=4 МПа, а во втором P_y=6,3 МПа.

Унифицированный ряд условных давлений установлен ГОСТ 356—80 для сокращения числа типоразмеров арматуры и деталей трубопроводов, МПа: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 160; 250.

Рабочее давление $P_р$ — наибольшее избыточное давление, при котором обеспечивается заданный режим эксплуатации арматуры и деталей трубопроводов.

Пробное давление $P_{пр}$ — избыточное давление, при котором должно проводиться гидравлическое испытание арматуры и деталей трубопроводов на прочность и плотность водой при температуре не менее 5 и не более 70°С.

Пробное давление

$$P_{пр} = KP_р [\sigma^{20}]/[\sigma],$$

где $[\sigma^{20}]/[\sigma]$ — допускаемые напряжения материала при температуре 20°С и наибольшей температуре транспортируемой среды, МПа;

K — коэффициент, принимаемый соответственно:

$P_р [\sigma]^{20}/[\sigma]$	До 20 вкл.	Свыше 20 до 56 вкл.	Свыше 56 до 65 вкл.	Свыше 65
K	1,5	1,4	1,3	1,25

Для трубопроводов, работающих при $P_р$<0,1 МПа, пробное давление $P_{пр}=P_р+0{,}1$ МПа, а при вакууме $P_{пр}$=0,15 МПа.

На трубопроводы и трубы ГОСТ 356—80 не распространяется и является рекомендуемым, P_y и $P_{пр}$ для них устанавливаются проектом, стандартами или технической документацией.

§ 3. Классификация трубопроводов

Основными классификационными признаками технологических трубопроводов является род транспортируемого продукта и его рабочие параметры, материал труб, степень агрессивности среды, территориальное расположение, категория и группа.

Технологические трубопроводы в зависимости от рода транспортируемого продукта разделяют на нефте-, газо-, паро-, мазуто-, бензо-, кислото-, щелочепроводы

и пр., а также трубопроводы специального назначения: густой и жидкой смазки, с обогревом и т. д.

В зависимости от условного давления перекачиваемого продукта трубопроводы разделяют на вакуумные, работающие при давлении ниже атмосферного; низкого давления — до 10 МПа; высокого давления — свыше 10 МПа и безнапорные, работающие без избыточного давления.

В промышленном строительстве распределение трубопроводов в зависимости от $P_у$ по массе таково:

$P_у$, МПа	До 1	1,6	2,5	4	6,3...10	Свыше 10
Масса, %	77,5	10	5	2	1,5	4

В зависимости от рабочей температуры $t_р$ транспортируемого продукта различают трубопроводы холодные (температура продукта ниже 0°С), нормальные (1...50°С) и горячие (51°С и выше).

По материалу, из которого изготовлены трубы, различают трубопроводы: стальные (из углеродистой, легированной и высоколегированной стали), из цветных металлов и их сплавов (медные, латунные, титановые, свинцовые, алюминиевые), чугунные, неметаллические (полиэтиленовые, поливинилхлоридные, винипластовые, фторопластовые, стеклянные и др.), футерованные резиной, полиэтиленом, фторопластом, эмалированные, биметаллические и др.

В промышленном строительстве применяют трубопроводы из различных материалов. Их соотношение по массе, %:

углеродистая и низколегированная сталь	94,5
легированная и высоколегированная сталь	4
цветные металлы и их сплавы	0,5
неметаллические материалы	1

По территориальному признаку технологические трубопроводы разделяют на внутрицеховые (рис. 4), соединяющие аппараты и машины в пределах одной технологической установки или цеха и размещенные внутри здания или на открытой площадке, и межцеховые (рис. 5), соединяющие технологические установки, аппараты, емкости, находящиеся в разных цехах.

Примерный количественный состав материалов, деталей и арматуры трубопроводов, полученный на основании статического анализа многочисленных проектов строящихся объектов различных отраслей промышленности приведен в табл. 1.

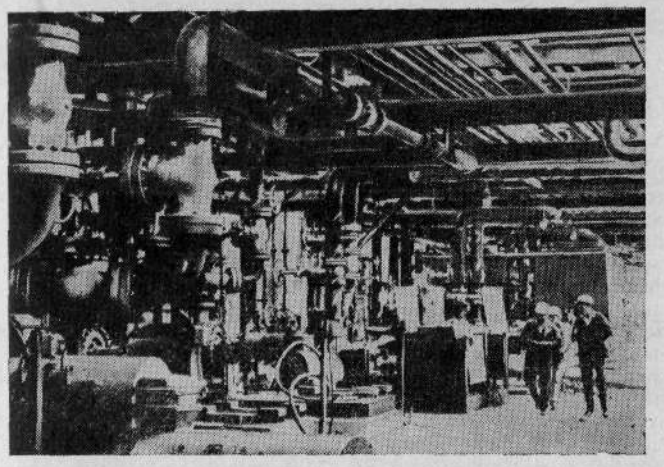


Рис. 4. Технологические внутрицеховые трубопроводы

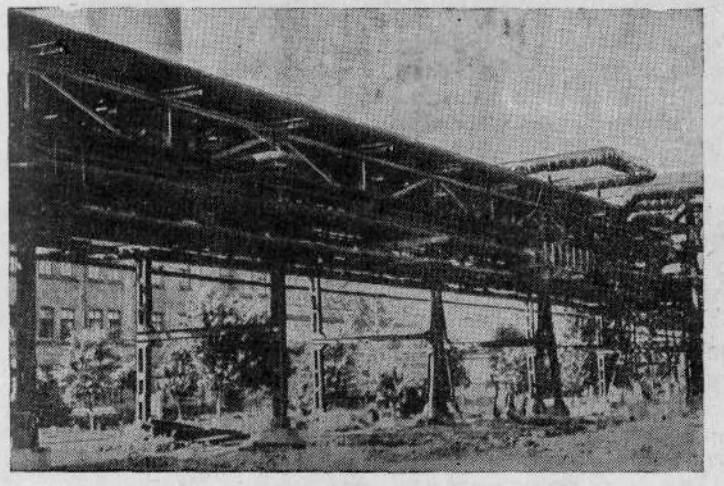


Рис. 5. Технологические межцеховые трубопроводы

Внутрицеховые трубопроводы имеют сложную конфигурацию, большое число деталей, арматуры и сварных соединений. На каждые 100 м длины таких трубо-

1. Состав стальных технологических трубопроводов, кг

Наименование	Тип трубопровода				В среднем	
	внутрицеховой		межцеховой			
	на 1 т	на 100 м	на 1 т	на 100 м	на 1 т	на 100 м
Трубы	810	1620	968	1936	889	1778
Отводы	97	194	9,7	19,4	53,3	106,6
Тройники бесшовные	5	10	0,5	1	2,8	5,6
Переходы	5,5	11	0,5	1	3	6
Заглушки	2,3	4,6	0,2	0,4	1,3	2,6
Фланцы	48	96	4,8	9,6	26,4	52,8
Болты, гайки, шпильки, шайбы	12	24	1,2	2,4	7,2	14,4
Прокладки	1,5	3	0,2	0,4	0,9	1,8
Опоры и подвески	18	36	15	30	16,5	33
Арматура трубопроводная	178	356	17,8	35,6	97,9	215,6

проводов приходится до 80...120 сварных стыков. Масса деталей, включая арматуру, в таких трубопроводах достигает 37% общей массы трубопровода.

Межцеховые трубопроводы, наоборот, характеризуются довольно длинными прямыми участками (длиной до нескольких сот метров), сравнительно небольшим числом деталей, арматуры и сварных соединений.

Общая масса деталей в межцеховых трубопроводах (включая арматуру) составляет 5%, а П-образных компенсаторов — около 7%.

По совокупности технических требований, предъявляемых к проектированию, изготовлению, монтажу, ремонту и эксплуатации стальных трубопроводов, их разделяют на категории группы (табл. 2).

Категория устанавливается в зависимости от рабочих параметров транспортируемого продукта (температура и давление).

Группа устанавливается в зависимости от класса опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1.005—76 и ГОСТ 12.1.007—76 и показателей пожарной опасности веществ по ГОСТ 12.1.004—76.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества разделяют на четыре класса опасности: 1 — чрезвычайно опасные, 2 — высокоопасные, 3 — умеренно опасные, 4 — малоопасные.

По пожарной опасности вещества разделяют на негорючие НГ, трудногорючие ТГ, горючие ГВ, горючую жидкость ГЖ, легковоспламеняющуюся жидкость ЛВЖ, горючий газ ГГ и взрывоопасные ВВ.

2. Обобщенная классификация технологических трубопроводов

Группа	Транспортируемый продукт	Категория									
		I		II		III		IV		V	
		$p_р$, МПа	$t_р$, °С	$p_р$, МПа	$t_р$, °С	$p_р$, МПа	$t_р$, °С	$p_р$, МПа	$t_р$, °С	$p_р$, МПа	$t_р$, °С
По СН 527-80											
А	Вредный:										
	а) 1 и 2-й класс опасности	Независимо		—	—	—	—	—	—	—	—
	б) 3-й класс опасности	Св.1,6 до 10	Св. 300	До 1,6	До 300	—	—	—	—	—	—
Б	Взрыво- и пожароопасный: а) взрывоопасные вещества (ВВ); горючие газы (ГГ), в том числе сжиженные	Св.2,5 до 10	Св.300	До.2,5	До.300	—	—	—	—	—	—
	б) легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ)	Св. 2,5 до 10	Св.300	Св.1,6 до 2,5	Св. 120 до 300	До.1,6	До.120	—	—	—	—
	в) горючие жидкости (ГЖ) и вещества (ГВ)	Св. 6,3 од 10	Св.350	Св.2,5 до 6,3	Св.250 до 350	Св.1,6 до 2,5	Св.120 до 250	До.1,6	До.120	—	—
В	Трудногорючие (ТГ) и негорючие (НГ) вещества	—	—	Св. 6,3 до 10	Св.350 до 450	Св. 2,5 до 6,3	Св.250 до 350	Св.1,6 до 2,5	Св.120 до 250	До 1,5	До 120
	По «Правилам для трубопровода пара и горячей воды» Госортехнадзора СССР										
—	Перегретый водяной пар	Св.3,9	До 450	Св. 2,2 до 3,9	До 350	Св. 1,6 до 2,2	До 250	Св. 0,7 до 1,6	Св.115 до 250	—	—
		Не зависит	Св. 450	До.3,9	Св.350 до 450	До 2,2	Св.250 до 350	—	—	—	—
—	Горячая вода и насыщенный водяной пар	Св: 8	Св. 115	Св:3,9	Св.115	Св. 1,6 до 3,9	Св.115	До 1,6	Св.115	—	—

Согласно «Инструкции по проектированию технологических стальных трубопроводов на P_y до 10 МПа» (СН 527-80), утвержденной Госстроем СССР, трубопроводы разделяют на пять категорий — I...V и три группы — А, Б и В.

Пожароопасные вредные вещества 1, 2 и 3-го классов опасности относят к группе А и 4-го класса опасности — к группе Б. Трудногорючие и негорючие вещества 4-го класса опасности относят к группе В.

Стальные трубопроводы на давление свыше 10 МПа относят к I категории, за исключением трубопроводов систем густой смазки и гидравлики, относящихся ко II категории при давлении свыше 6,3 МПа.

Трубопроводы, транспортирующие водяной пар с рабочим давлением более 0,07 МПа или горячую воду с температурой свыше 115°С, согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», утвержденным Госгортехнадзором СССР, разделяют на четыре категории.

Трубопроводы из полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида согласно «Инструкции по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб» (СН 550-82), утвержденной Госстроем СССР, применяют для транспортирования веществ, к которым материал труб химически стоек или относительно стоек и классифицируют по категориям и группам аналогично стальным трубопроводам. При этом трубопроводы из пластмассовых труб не применяют для транспортирования вредных веществ 1-го класса опасности, взрывоопасных веществ ВВ и сжиженных углеводородных газов СУГ.

Трубопроводы из пластмассовых труб, по которым транспортируют: вредные вещества 2 и 3-го классов опасности относят ко II категории и группе А, легковоспламеняющиеся жидкости ЛВЖ, горючие газы ГГ, горючие вещества ГВ, горючие жидкости ГЖ относят к III категории и группе Б, а трудногорючие ТГ и негорючие НГ — к IV или V категории и группе В.

В промышленном строительстве распределение (ориентировочно) трубопроводов в зависимости от категории по массе таково:

Категория трубопровода	I	II	III	IV	V
Масса, %	5	10	15	45	25

§ 4. Определение диаметра и толщины стенки труб

При монтаже технологических трубопроводов часто возникает необходимость в применении временных трубопроводов для гидравлических или пневматических испытаний смонтированных линий трубопроводов. В таких случаях необходимо определить диаметр временного трубопровода и произвести расчет его на прочность.

Внутренний (расчетный) диаметр трубопровода при заданном расходе жидкости и скорости ее течения

$$d_{вн} = \sqrt{4Q/(3600\,\pi\,V)},$$

где Q — расход жидкости, м³/ч;
V — скорость течения жидкости в трубопроводе, м/с.

Скорость течения жидкости или газа в трубопроводе обычно принимают:

для воды и маловязких жидкостей (спирт, ацетон, бензин, слабые растворы кислот и щелочей и пр.) 1 ... 2,5 м/с;

для жидкостей с большой вязкостью (масла, суспензии и пр.) 0,5 ... 1,5 м/с;

для сжатого воздуха и насыщенного пара 20 ... 30 м/с;

для перегретого пара и газов высокого давления 30 . . . 60 м/с.

Пример. Дано: расход воды в трубопроводе 100 м³/ч. Определить внутренний диаметр трубопровода.

Решение. Принимаем скорость течения воды в трубопроводе $V = 2{,}5$ м/с. Подставляя в формулу данные, получаем:

$$d_{вн} = \sqrt{4 \cdot 100/(3600 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}5)} \approx 0{,}12 \text{ м}.$$

Принимаем $d_{вн} = 120$ мм.

Расчет толщины стенки труб, находящихся под внутренним давлением, для трубопроводов пара и горячей воды, подконтрольных Госгортехнадзору СССР, производят в соответствии с ОСТ 108.031.02—75 «Нормы расчета трубопроводов пара и горячей воды на прочность».

Толщина стенки труб

$$s = \frac{pD_н\,(1 + A)}{2\,\varphi\,\sigma_{доп} + p}.$$

Формула справедлива при

$$S/[D_н(1 + A)] \leqslant 0{,}25,$$

Инв. №
Библиотека ТГТУ

где p — расчетное давление в трубопроводе, МПа;

$D_н$ — наружный диаметр трубы, мм;

$\sigma_{доп}$ — допускаемое напряжение на растяжение, МПа, в зависимости от температуры транспортируемого продукта (табл. 3);

φ — коэффициент прочности продольного шва (для бесшовных и электросварных труб с термообработкой при контроле качества шва по всей длине неразрушающими методами $\varphi=1$; для труб, соединяемых автоматической и ручной электросваркой при частичном контроле качества швов, $\varphi=0{,}85$; для других случаев ручной электрической и газовой сварки труб $\varphi=0{,}7$);

A — коэффициент, зависящий от минусового допуска по толщине стенки трубы и принимаемый равным 0,18 при минусовом допуске 15%; 0,14 — при 12,5%; 0,11 — при 10% и 0,05 — при 5%.

3. Допускаемые напряжения для труб, МПа

Расчетная температура, °С	Марки стали труб							
	Вст2сп	10	ВСт3сп	20	10Г2	17ГС	12Х1МФ	12Х18Н10Г, 10Х17Н13М2Т
20	130	130	140	147	177	170	173	147
250	86	106	107	132	156	145	166	125
300	70	93	96	119	144	133	159	120
400	—	67	—	92	113	107	145	111
450	—	54	—	59	63	62	138	107

Во всех случаях номинальная толщина стенки трубы должна быть, мм, не менее:

для труб диаметром до 38 мм	1,75
до 51 мм	2
70 »	2,5
90 »	3
108 »	3,5

Пример. Дано: расчетное давление воды в трубопроводе $P=12$ МПа, температура $t=130$°С, наружный диаметр трубопровода $D_н=133$ мм, материал трубы — сталь марки 20, труба бесшовная с минусовым допуском по толщине стенки 12,5%.

Определить расчетную толщину стенки трубопровода.

Решение. Принимаем $\varphi=1$ и определяем по табл. 3 для стали марки 20 при температуре $t=130$°С $\sigma_{доп}=147$ МПа и $A=0{,}14$.

Подставляя в формулу все эти данные, получаем:

$$S = 12 \cdot 133\,(1 + 0{,}14)/(2 \cdot 147 + 12) = 5{,}95 \text{ мм}$$

Принимаем $s=6$ мм.

Расчет толщины стенки труб, находящихся под внутренним давлением, для трубопроводов общего назначения производят в соответствии с «Указаниями по

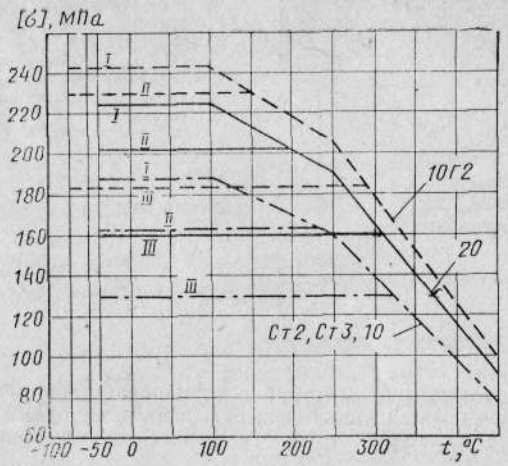


Рис. 6. Допускаемые напряжения для труб из углеродистой стали и стали марки 10Г2

I — инертные жидкости; *II* — инертные газы, токсические, взрывоопасные и горючие жидкости; *III* — токсические, взрывоопасные и сжиженные газы

расчету стальных трубопроводов различного назначения» (СН 373-67).

Толщина стенки труб определяется по формулам:

при $R_2^н m_3/(R_1^н m_2) \geqslant 0{,}75$ $\quad S = npD_н/[2\,(R_1\varphi + np)]$,

при $R_2^н m_3/(R_1^н m_2) < 0{,}75$ $\quad S = npD_н/[2\,(0{,}9\,R_2^н \gamma m_3 + np)]$,

где $D_н$ — наружный диаметр, см;

p — расчетное давление в трубопроводе, МПа;

n — коэффициент перегрузки рабочего давления в трубопроводе, равный 1,2;

R_1 — расчетное сопротивление материала труб и их соединений, МПа, определяется по графикам (рис. 6 и 7);

$R_1^н$ — нормативное сопротивление, равное наименьшему значению предела прочности при растяжении, принимаемое по стандартам или техническим условиям на трубы, МПа;

$R_2^н$ — нормативное сопротивление, равное наименьшему значению предела текучести при растяжении, сжатию и изгибе материала труб и сварных соединений, принимаемое по стандартам или техническим условиям на трубы, МПа;

m_2 — коэффициент условий работы трубопровода для токсичных, горючих, взрывоопасных и сжиженных газов, $m_2=0{,}6$; для инертных газов (азот, воздух, пар и т. п.) или токсичных, взрывоопасных и горючих жидкостей, $m_2=0{,}9$;

m_3 — коэффициент условий работы материала труб (табл. 4);

φ — коэффициент прочности продольного шва (для бесшовных

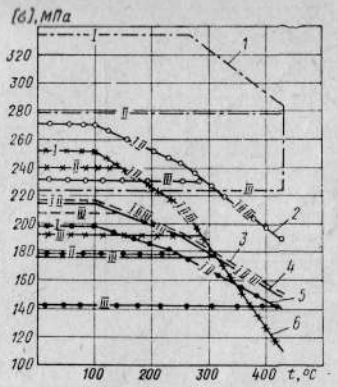


Рис. 7. Допускаемые напряжения для труб из легированной стали
1 — 15Х5М-У; *2* — 08Х22Н6Т; *3* — 12Х1МФ; *4* — 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т; *5* — 15Х5М; *6* — 17ГС; *I* — инертные жидкости; *II* — инертные газы, токсические, взрывоопасные и горючие жидкости; *III* — токсические, взрывоопасные и горючие газы

и электросварных труб с термообработкой при контроле шва по всей длине неразрушающими методами $\varphi=1$, для электросварных труб, сваренных односторонним швом $\varphi=0{,}8$).

4. Значение коэффициента m_3

Марки сталей	Рабочая температура в трубопроводе, t, °С			
	от —70 до 40	от —39 до 100	250	430
Ст2, Ст3	—	1	0,85	0,75*
10, 20	—	1	0,85	0,45
09Г2С, 10Г2С1, 10Г2, 17ГС, 14ХГС, 16ГС, 17Г2СФ	1	1	0,85	0,45
15Х5, 15Х5М, 15Х5ВФ, 08Х13, 12МХ, 12Х1МФ, 12Х11Н10Т, 08Х22Н6Т, 10Х17Н13М2Т, 06Х17Н15М3Т	1	1	0,9	0,7

* Значение коэффициента соответствует максимально допустимой температуре для данных сталей 300°С.

Пример. Дано: расчетное давление воздуха в трубопроводе $P=10$ МПа, температура $t=20$°С, наружный диаметр трубопровода $D_н=159$ мм, материал трубы сталь марки 20, труба бесшовная.

Определить толщину стенки трубопровода.

Решение. Принимаем для стали 20 по ГОСТ 1050—74 $R_1^н=420$ МПа и $R_2^н=250$ МПа; $m_2=0{,}75$; $m_3=1$; $n=1{,}2$; $\varphi=1$ и определяем по графику (см. рис. 6) для стали 20 при температуре $t_р=20$°С $R_1=225$ МПа.

Определяем условие применения формулы

$$R_2^н m_3/(R_1^н m_2)=250/(420\cdot 0{,}75)=0{,}79.$$

Подставляя в формулу, отвечающую этому условию, найденные значения, получаем:

$$S=1{,}2\cdot 10\cdot 15{,}9/[2\ (225+1{,}2\cdot 10)]=0{,}4\ \text{см}.$$

Принимаем $s=4$ мм.

ГЛАВА II. ТРУБЫ И ДЕТАЛИ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 5. Стальные трубы и их применение для технологических трубопроводов

Большое разнообразие физико-химических свойств и рабочих параметров транспортируемых по трубопроводам продуктов вызывает необходимость применения стальных труб, изготовленных различными способами из различных сталей. По способу изготовления стальные трубы подразделяют на бесшовные и сварные (прямошовные и спиральные).

К бесшовным трубам относятся горячедеформированные и холоднодеформированные, а к сварным относятся прямошовные, полученные электросваркой сопротивлением, индукционной, радиочастотной или дуговой сваркой в среде защитных газов и под слоем флюса; спиральные, изготовленные дуговой сваркой под флюсом; водогазопроводные, изготовленные методом печной сварки встык или электросваркой.

В нашей стране выпускается большое число типоразмеров бесшовных и электросварных труб из разных марок углеродистой, низколегированной, легированной и высоколегированной стали. Применение ограниченных сортаментов труб упрощает проектирование трубопроводов, обеспечивает сокращение типоразмеров комплектующих изделий (соединительных деталей арматуры и др.), способствует организации из массового изготовления, а также упрощает комплектование строительных организаций трубами и изделиями.

Для сокращения типоразмеров и марок сталей труб «Инструкцией по проектированию стальных технологических трубопроводов на $P_у$ до 10 МПа» (СН 527-80), утвержденной Госстроем СССР, а также ведомственными нормативными документами установлены основные типы труб и пределы их применения для внутрицеховых и межцеховых технологических

5. Стальные трубы для технологических трубопроводов на $P_y \leqslant 10$ МПа

ГОСТ, ТУ, группа поставки	Марка стали	Размеры, мм: толщина стенки s	Размеры, мм: наружный диаметр, $D_н$	Рабочие параметры: P_y, МПа	Рабочие параметры: $t_р$, °С
Сварные					
ГОСТ 10705—80, группа В	20	До 10	14...530	2,5	—40...300
ГОСТ 10706—76, группа В	ВСт2пс2, ВСт3пс2-5	До 10	426 1420	2,5	—20...300
ГОСТ 20295—74	20	До 12	159...377	4,0	—40...400
	16 ГС	До 16	159...820	4,0	—60...400
ГОСТ 8696—74, группа В	ВСт2пс2	До 10	159 1420	0,6	—20...300
	ВСт3пс5, 17 ГС	До 10	159 1420	0,6	—40...300
ГОСТ 3262—75 легкие и обыкновенные	Не зависит	До 4,5	17...165	1,6	0...175
	10, 20	До 4,5	17...165	1,6	—20...200
ГОСТ 11068—81	12Х18Н10Т	До 4	15 89	1,6	—70...450
Бесшовные					
ГОСТ 8732—78, ГОСТ 8731—74, группа В	10, 20	До 18	25...426	10	—40...450
	10Г2	До 18	25...426	10	—50...450
ГОСТ 8734—75, ГОСТ 8733—74, группа В	10, 20	До 6	14...108	10	—40...450
	10Г2	До 6	14...108	10	—70...450
ГОСТ 550—75	20	До 18	14 . . .426	10	—40...450
	10Г2	До 18	14 . . .426	10	—70...450
	15Х5М, 15Х5М-У	До 18	14 . . .426	10	—40...450
ТУ 14-3-460-75	12Х1МФ	До 18	14 . . .426	10	—40...450
ГОСТ 9940—81	12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т	До 16	57...325	10	—70...450
	08Х22Н6Т	До 12	15...220		—40...300

трубопроводов (табл. 5). Для технологических трубопроводов используют преимущественно сварные трубы. Трубы второго сорта применять для технологических трубопроводов не допускается.

§ 6. Основные требования к трубам для трубопроводов пара и горячей воды и тепловых сетей

В соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», утвержденными Госгортехнадзором СССР, пределы применения труб должны соответствовать табл. 6.

Для трубопроводов пара и горячей воды, подконтрольных Госгортехнадзору СССР, каждая труба (бесшовная и электросварная) должна на заводе-изготовителе подвергаться гидравлическому испытанию. Все электросварные трубы дополнительно к гидроиспытанию на заводе-изготовителе должны проходить 100%-ный контроль сварных швов неразрушающими методами дефектоскопии и испытания механических свойств сварного соединения.

Механические испытания проводятся заводом-изготовителем от каждой партии труб, за исключением труб для паропроводов I категории с $D_н > 114$ мм, испытание которых производится потрубно. Все трубы из легированной стали должны применяться только после их термообработки.

Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов по ТУ 14-3-460-75 изготовляют из катаной, кованой, ободранной, сверленой или несверленой заготовок, выплавляемых в электрических и мартеновских печах, а также с применением обработки жидким синтетическим шлаком в ковше.

Трубы изготовляют из стали марок, приведенных в табл. 6, причем их химический состав должен соответствовать нормам, приведенным в этих ТУ, которые отличаются от соответствующих стандартов меньшим содержанием серы и фосфора. Трубы подвергают на заводе-изготовителе испытанию механических свойств с определением предела прочности и текучести, относительного удлинения и сужения и ударной вязкости. Кроме этого, трубы испытывают на сплющивание, загиб, а также проводят исследование макро-и микро-

6. Трубы для трубопроводов пара и горячей воды

Тип	ГОСТ, ТУ группа поставки	Марки стали	Предельные параметры	
			t р, °С	P у, МПа
Бесшовные	ТУ 14-3-460-75	20, 15ГС	450	Не ограничено
		15ХМ	550	
		12Х1МФ	570	
		15Х1М1Ф	575	
		12Х11В2МФ	580	
		12Х18Н12Т	610	
	ГОСТ 8731—74, ГСТ 8733—74, группа В	10 и 20	425	4
		ВСт2сп, ВСт3сп	300	4
Электросварные	ГОСТ 20295—74	17Г1С, 17ГС, 14ХГС	350	2,5
	ГОСТ 10706—76 Группа В	10Г2С1	350	2,5
		ВСт2сп, ВСт3сп	300	
	ГОСТ 10705—80, группы А и В	ВСт2кп, ВСт3кп	200	1,6
		08, 10,20, ВСт3пс, ВСт3сп, Ст2сп. Ст3сп, ВСт2сп	300	1,6
	ГОСТ 8696—74 Группы А и В	ВСт2кп	200	1,6
		ВСт2сп, ВСт3сп, Ст2сп, Ст3сп	300	2,5
		10Г2С1	350	
Водогазопроводные	ГОСТ 3262—75 усиленные	ВСт2, ВСт3	200	1,6
	обыкновенные	Ст2, Ст3	200	1

структуры металла и гидравлические испытания.

Трубы для трубопроводов тепловых сетей при рабочем давлении пара выше 0,07 МПа (изб.) и температуре воды выше 115°С (независимо от давления) должны применяться в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» Госгортехнадзора СССР.

Для трубопроводов тепловых сетей при рабочем давлении пара 0,07 МПа (изб.) и ниже и температуре воды

115°С и ниже применяют стальные электросварные трубы с дополнительными требованиями по СНиП II-36-73 (II-Г. 10-73) «Тепловые сети».

При этом электросварные трубы по ГОСТ 10705—80, ГОСТ 10706—76, ГОСТ 20295—74 и ГОСТ 3262—75 должны проходить 100%-ный контроль качества сварных швов неразрушающими методами дефектоскопии, испытание основного металла труб и сварных соединений на загиб.

§ 7. Приварные детали трубопроводов

При изготовлении и монтаже стальных технологических трубопроводов используют приварные детали (табл. 7), которые предназначены для изменения направления потоков транспортируемого продукта (отводы) или диаметра трубопровода (переходы), устройства ответвлений (тройники, седловины и тройниковые соединения), закрытия свободных концов трубопроводов (заглушки).

Отводы по конструкции и способу изготовления подразделяются на бесшовные крутоизогнутые или гнутые, крутоизогнутые штампосварные и сварные (секционные) (рис. 8).

Отводы бесшовные крутоизогнутые имеют малый радиус изгиба (1 ... 1,5) D_y, одинаковую толщину стенки на выпуклой и вогнутой образующей, небольшие габариты. Их применение обеспечивает компактное расположение трубопроводов и оборудования и как следствие — экономию производственной площади. Такие отводы изготовляют из бесшовных труб без прямых участков на концах способом горячей протяжки по рогообразному сердечнику на специализированных гидравлических прессах или штамповкой.

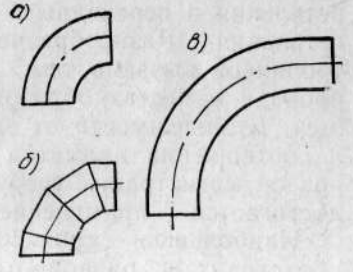


Рис. 8. Отводы
а — бесшовный крутоизогнутый; *б* — сварной; *в* — бесшовный гнутый

Крутоизогнутые отводы можно устанавливать на технологических трубопроводах всех категорий.

Отводы гнутые изготовляют из бесшовных и сварных труб гибкой на трубогибочных станках в холодном и горячем состоянии. Для уменьшения утонения стенок в процессе гибки такие отводы изготовляют с радиусом изгиба не менее $2D_н$. Гнутые отводы имеют на концах прямые участки, это вызвано технологией гибки.

Гнутые бесшовные отводы можно устанавливать на технологических трубопроводах всех категорий. Поскольку изготовление гнутных отводов более трудоемко, чем крутоизогнутых, их рекомендуется применять на трубопроводах, для которых отсутствуют крутоизогнутые (для трубопроводов из легированных сталей, трубопроводов специального назначения), а также когда по проекту требуется большой радиус изгиба.

Отводы сварные (секционные) изготовляют из бесшовных и электросварных труб путем вырезки отдельных секций и их последующей сборки и сварки. Радиус сварных отводов обычно небольшой (1 ... 1,5) $D_у$. Такие отводы рекомендуется применять в трубопроводах с $P_у < 6{,}3$ МПа и только в тех случаях, когда отсутствуют крутоизогнутые или гнутые отводы. Для трубопроводов пара и горячей воды, подконтрольных Госгортехнадзору СССР, сварные отводы допускается применять только для III и IV категорий.

Отводы штампосварные изготовляют из листовой стали путем штамповки полуотводов на прессах с последующей сборкой и сваркой двух продольных швов. Такие отводы применяют для трубопроводов с $D_у = 600$ мм и более вместо сварных секционных.

Тройники и ответвления по конструкции подразделяют на равнопроходные — без уменьшения диаметра ответвления и переходные — с уменьшением диаметра ответвления. Разнообразие конструкций ответвлений и тройников вызвано тем, что прочность участка трубопровода в местах образования отверстия резко снижается. В зависимости от запаса прочности трубопровода и соотношения диаметра ответвления к диаметру основной магистрали требуется его местное усиление, что достигается применением укрепляющих элементов.

Наибольшее снижение прочности трубопроводов происходит в равнопроходных сварных ответвлениях, получаемых путем врезки без укрепляющих элементов

7. Стандартизованные приварные детали трубопроводов на $P_у < 10$ МПа

Наименование	ГОСТ, ОСТ на детали	Марки стали	Рабочие параметры	
			$D_у$, мм	$P_у$, МПа
Отводы: бесшовные крутоизогнутые под углом 45, 60 и 90°	ГОСТ 17375—83	20, 10Г2, 09Г2С	40...600	10
гнутые под углом 15, 30, 45, 60 и 90°	ОСТ 36—42—81	10, 20, 10Г2, ВСт2сп, ВСт3сп	10...400	10
сварные под углом 30, 45, 60 и 90°	ОСТ 36—43—81 ОСТ 36—21—77	ВСт3сп	150...400 500...1400	6,3 2,5
штампосварные под углом 90°	ОСТ 36—20—77	ВСт3сп	600...1400	2,5
Тройники: бесшовные	ГОСТ 17376—83	20, 10Г2, 09Г2С	40...400	10
сварные	ОСТ 36—41—81 ОСТ 36—46—81	10, 20, 10Г2, ВСт2сп, ВСт3сп	65...400	10
штампосварные	ОСТ 36—23—77	ВСт3сп	500...1400	2,5
сварные отверстия	ОСТ 36—41—81 ОСТ 36—45—81	10, 20, 10Г2 ВСт2сп, ВСт3сп	15...400	10
Седловины накладные	ГОСТ 17377—83	20, 10Г2, 09Г2С	100...300	10

Продолжение табл. 7

Наименование	ГОСТ, ОСТ на детали	Марки стали	Рабочие параметры	
			D_y, мм	P_y, МПа
Переходы: бесшовные	ГОСТ 17378—83	20, 10Г2, 09Г2С	40...400	10
	ОСТ 36—44—81	10, 20, 10Г2, ВСт2сп, ВСт3сп	15..80	10
сварные лепестковые	ОСТ 36—44—81		100...500	1,6
			250...400	10
сварные вальцованные	ОСТ 36—44—81			
штампосварные	ОСТ 36—22—77	ВСт3сп	500...1400	2,5
Заглушки: эллиптические бесшовные	ГОСТ 17379—83	20, 10Г2, 09Г2С	25...500	10
эллиптические сварные	ОСТ 36—25—77	ВСт3сп	600...1400	2,5
плоские	ОСТ 36—47—81	10, 20, 10Г2	40...250	10
плоские ребристые	ОСТ 36—48—81	ВСт2сп, ВСт3сп	300...500	4

Рис. 9. Ответвления и тройники
а — врезка без укрепляющих элементов; *б* — врезка с усиленным штуцером; *в* — врезка с усиленным корпусом (сварной тройник); *г* — врезка с накладным воротником; *д* — штампованный тройник; *е* — отбортованный в трубе штуцер; *ж* — врезная седловина; *з* — накладная седловина

Рис. 10. Переходы
а — бесшовный концентрический; *б* — бесшовный эксцентрический; *в* — сварной штампованный или вальцованный; *г* — сварной лепестковый

(рис. 9, *а*). Такие соединения применяют обычно на $P_y < 2{,}5$ МПа, а для более высоких давлений соединения врезкой можно применять только для переходных ответвлений или с укрепляющими элементами: усиленными толстостенным штуцером (рис. 9, *б*), усиленным толстостенным корпусом (рис. 9, *в*) или накладным воротником (рис. 9, *г*). Врезки с усиленным корпусом обычно изготовляют в виде отдельных сварных тройников на $P_y > 4$МПа.

Высокая прочность и надежность соединения обеспечиваются за счет бесшовного сопряжения горловины ответвления. Конструкции таких соединений получают с помощью штампованных тройников (рис. 9, *д*), отбортовкой штуцеров в трубах (рис. 9, *е*), врезных (рис. 9, *ж*) и накладных (рис. 9, *з*) седловин.

Штампованные бесшовные тройники наиболее целесообразно применять при соотношении диаметра основного трубопровода (магистрали) и ответвления 1 ... 0,7, а седловины и отбортовку горловин в трубах — от 0,6 и менее. Бесшовные тройники изготовляют из труб горячей штамповкой в многоручьевых штампах или холодной гидромеханической торцовой осадкой в штампе. Штампосварные тройники изготовляют из листовой стали способом горячей штамповки с отбортовкой горловины и последующей сваркой продольного шва на корпусе.

Переходы по конструкции подразделяют на концентрические и эксцентрические (рис. 10, *а*, *б*,).

Концентрические переходы преимущественно применяют для линий трубопроводов, расположенных вертикально, а эксцентрические — для расположенных горизонтально.

Применение эксцентрических переходов позволяет избежать образования так называемых мешков в трубопроводе, облегчает удаление продуктов из трубопровода при его отключении.

Переходы бесшовные изготовляют из труб путем обжима или раздачи, а также из листовой стали штамповкой с последующей пробивкой отверстия и его отбортовкой или вальцовкой.

Сварные переходы изготовляют из листовой стали штамповкой из двух половин или вальцовкой с последующей сваркой продольного стыка (рис. 10, *в*), а также лепестковыми (рис. 10, *г*) из труб путем вырезки на концах клиньев с последующей их подгибкой и сваркой.

Заглушки по конструкции подразделяют на эллиптические, плоские и плоские ребристые (рис. 11). Заглушки эллиптические изготовляют из листовой стали холодной или горячей вытяжкой в штампах. Заглушки плоские и плоские ребристые изготовляют вырезкой из листовой стали с последующей сваркой на месте монтажа трубопровода.

Фланцы являются наиболее распространенным видом разъемного соединения трубопроводов. Они имеют

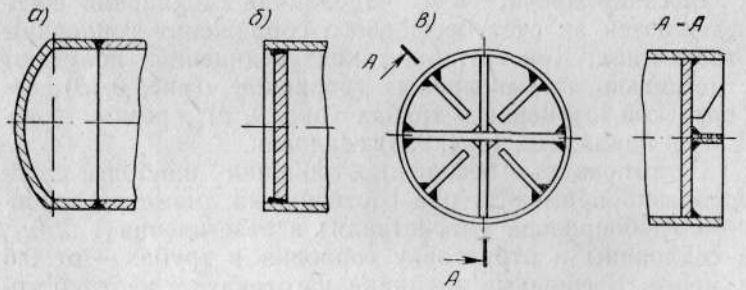


Рис. 11. Заглушки
а — эллиптическая; *б* — плоская; *в* — плоская ребристая

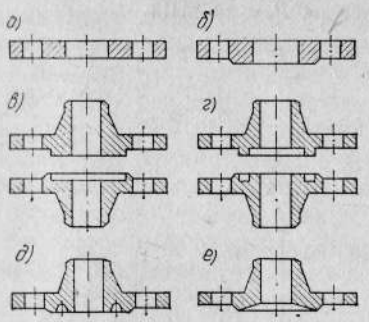


Рис. 12. Уплотнительные поверхности фланцев
а — без выступа; *б* — с соединительным выступом; *в* — с выступом и впадиной; *г* — с шипом и пазом; *д* — под прокладку овального сечения; *е* — под линзовую прокладку

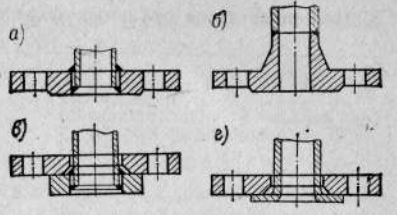


Рис. 13. Типы фланцев
а — плоский приварной; *б* — приварной встык; *в* — свободный на приварном кольце; *г* — свободный на отбортованной трубе

простую конструкцию, легко собираются и разбираются. Недостатком фланцевых соединений по сравнению со сварными являются более высокая трудоемкость и стоимость изготовления и меньшая надежность в эксплуатации, так как при колебаниях температуры или давления транспортируемого продукта возможна их разгерметизация и как следствие — возникновение утечки. В связи с этим использование фланцевых соединений в трубопроводах ограничивают и применяют их только для присоединения к фланцевой арматуре, к штуцерам оборудования, для трубопроводов, требующих периодической разборки для очистки внутренней полости.

Тип фланцев и конструкции уплотнительных поверхностей принимают в зависимости от рабочих параметров и физико-химических свойств транспортируемого продукта (табл. 8).

Чтобы создать необходимую герметичность фланцевого соединения трубопровода, между фланцами устанавливают прокладку, а соприкасающимся уплотнительным поверхностям придают специальную форму. В зависимости от давления и свойств транспортируемого продукта предусмотрено шесть типов уплотнительных поверхностей (рис. 12).

Фланцы плоские приварные (рис. 13, *а*) получили широкое применение в технологических трубопроводах. По своему конструктивному оформлению плоские приварные фланцы подразделяются на круглые и квадратные (наружная образующая фланца выпол-

8. Основные типы стальных фланцев на $P_y<20$ МПа

Тип фланца и уплотнительная поверхность	ГОСТ	D_y, мм	Предельные параметры	
			P_y, МПа	t_p, °С
Плоский приварной:				
с соединительным выступом	12820—80	10...1600	0,25	450
		10...1000	0,6	
		10...600	1,6	
		10...500	2,5	
с выступом или впадиной		10...800	0,6	
		10...600	1,6	
		10...500	2,5	
Приварной встык:				
с соединительным выступом		10...1600	2,5	
		10...1200	6,3	
с выступом или впадиной и с шипом или пазом	12821—80	10...800	4	600
		10...600	6,3	
		10...400	10	
		10...300	16	
		15...250	20	
под прокладку и под линзовую прокладку		10...400	10	
		10...300	16	
		15...200	20	
Свободный:				
с соединительным выступом и с выступом или впадиной на приварном кольце	12822—80	10...500	2,5	300
на отбортованной трубе	ТУ заводов-изготовителей	10...500	0,6	

нена в виде квадрата). Плоские приварные (круглые) фланцы с $D_y<200$ мм изготовляют штамповкой на прессах и молотах. Для изготовления плоских приварных (круглых) фланцев с $D_y<200$ мм и более применяют способ гибки стальной полосы на ребро в холодном и горячем состоянии на фланцегибочных станках с последующей сваркой стыка. Квадратные фланцы более экономичны с точки зрения расхода металла, однако их

применение возможно только при четырех болтовых отверстиях во фланце.

Фланцы приварные встык или воротниковые (рис. 13, *б*) широко применяют в технологических трубопроводах из углеродистой и легированной стали, особенно для трубопроводов на $P_y<20$ МПа. Применение фланцев приварных встык позволяет в 2 раза сократить трудоемкость сварки, так как они присоединяются к трубам одним сварным швом, а плоские приварные — двумя. Фланцы приварные встык с $D_y=200$ ... 800 мм целесообразно изготовлять на раскаточных машинах, а с $D_y<150$ мм — штамповкой на прессах.

Фланцы свободные выполняют на приварном кольце (рис. 13, *в*) и на отбортованной трубе (рис. 13, *г*).

Свободные фланцы применяют в основном в трубопроводах из легированных сталей при транспортировании агрессивных продуктов. Приварное кольцо вытачивают из того же материала, что и трубу, и приваривают к ней. Это позволяет изготовлять свободный фланец из углеродистой стали и тем самым дает экономию дорогостоящих легированных сталей. Применение свободных фланцев в трубопроводах из углеродистой стали весьма ограниченно, так как их изготовление более трудоемко, чем фланцев приварных встык, и требует большего расхода металла.

§ 8. Крепежные детали и прокладочные материалы

Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и шайбы) предназначены для сборки фланцевых соединений, арматуры и крепления трубопровода на опорах и опорных конструкциях.

Для фланцев и фланцевых заглушек на $P_y<2{,}5$ МПа включительно и температуру до 300°С применяют болты с шестигранной головкой (ГОСТ 7798—70) или шпильки (ГОСТ 22042—76) и гайки (ГОСТ 5915—70), а на $P_y=4$ МПа и более или температуру свыше 300°С применяют шпильки (ГОСТ 9066—75), гайки (ГОСТ 9064—75) и шайбы (ГОСТ 9065—75).

Шпильки имеют преимущества перед болтами, так как у шпилек при их затяжке напряжения распределяются более равномерно, а у болтов в местах перехода стержня в головку происходит концентрация напряжений.

Кроме того, шпильки можно устанавливать в труднодоступных местах.

Выбор материала крепежных деталей производят по рабочим параметрам транспортируемого продукта: на $P_y < 2{,}5$ МПа и при $t = -400...350°C$ применяют сталь марок 20 и 25; при $t = -40...-70°C$ сталь 10Г2 и при $t < -70°C$ сталь 12Х18Н10Т; при $t > 350...450°C$ сталь 30ХМА; на $P_y = 40$ МПа и свыше и при $t > 425°C$ применяют стали 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т.

Прокладочные материалы и прокладки применяют для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов и арматуры. Они должны обладать достаточной упругостью и прочностью для восприятия внутреннего давления и температурных удлинений трубопровода, химической стойкостью в агрессивных средах, тепло- и термостойкостью.

Тип и материал прокладок выбирают в зависимости от конкретных условий работы трубопровода: температуры, давления и степени агрессивности среды. Форма и размеры прокладок определяются конфигурацией уплотняемых соединений (рис. 14).

В зависимости от материала прокладки делятся на три группы: неметаллические (мягкие), металлические и комбинированные. Прокладки изготовляют из резины технической, паронита, картона прокладочного и асбестового, фторопласта, алюминия, меди, углеродистой и высоколегированной стали. Широко применяют асбометаллические прокладки.

Резину техническую (ГОСТ 7338—77) тепло-, морозо-, щелочестойкую (ТМКЩ) применяют для изготовления плоских и круглых прокладок, работающих при $t = -40...90°C$, а повышенно маслобензостойкую (ПМБ) —40...80°С и рабочем давлении до 1 МПа.

Паронит (ГОСТ 481—80) общего назначения ПОН является наиболее распространенным материалом для изготовления плоских прокладок фланцевых соединений, работающих при рабочем давлении до 6,3 МПа и $t < 450°C$.

Картон асбестовый (ГОСТ 2850—75) применяют для плоских прокладок при рабочих давлениях от 0,15 МПа и $t = -15...450°C$.

Картон прокладочный пропитанный, марки А (ГОСТ 9347—74) применяют для плоских прокладок при рабочих давлениях до 1 МПа и $t < 40°C$.

Фторопласт-4 (ОСТ 13—131—82) применяют для

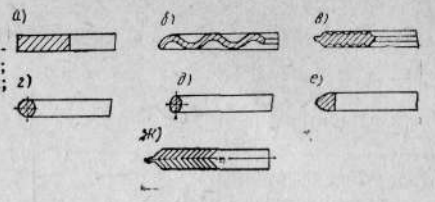


Рис. 14. Прокладки
а — плоская; *б* — гофрированная; *в* — зубчатая; *г* — круглая; *д* — овальная; *е* — линзовая; *ж* — спирально-навитая

плоских прокладок при рабочем давлении до 2,5 МПа и $t = -269...250°C$.

Алюминиевые плоские и гофрированные прокладки применяют для рабочих давлений до 4 МПа и $t = -196...250°C$.

Медные плоские и зубчатые прокладки применяют для рабочих давлений до 20 МПа и $t = -196...250°C$.

Кольцевые стальные прокладки овального сечения изготовляют в соответствии с ОСТ 26—845—78 на условное давление до 16 МПа и $t = -70...600°C$.

Комбинированные асбестометаллические прокладки плоские и гофрированные изготовляют в соответствии с ОСТ 26—844—78 на условное давление до 6,3 МПа и $t = -70...425°C$.

Большое применение для фланцевых соединений получили спирально-навитые прокладки, изготовляемые в соответствии с ОСТ 26—02—399—82 на условное давление до 10 МПа и $t = -40...450°C$. Такие прокладки изготовляют из стальной ленты с наполнителем из паронита, асбестовой бумаги или фторопласта-4. Преимущества таких прокладок — возможность многократного применения, способность противостоять ослаблениям затяга болтов, ударам, вибрациям, перепадам давления и температуры.

§ 9. Опоры, подвески и опорные конструкции

Опоры и подвески являются несущими конструкциями, предназначенными для крепления горизонтальных и вертикальных линий трубопроводов к зданию, сооружениям и оборудованию (табл. 9). Правильный выбор числа опор, подвесок и их конструкции является одним из необходимых условий обеспечения надежной и безопасной работы всего трубопровода. По назначению и устройству опоры подразделяют на неподвижные и подвижные.

9. Стандартизованные и нормализованные опоры и подвески

Наименование и тип опор	ГОСТ, ОСТ или нормаль	D_y, мм	t, °С не более
Опоры неподвижные:			
однохомутовые ОН-1	Н-522	25...80	300
» ОН-3	Н-0609		
двуххомутовые ОН-2	Н-522	100...500	
» ОН-4	Н-0610		
приварные	Нормали проектных организаций	50...1600	
Опоры подвижные:			
скользящие приварные ОПП-1	ГОСТ 14911—82	15...40	450
скользящие приварные ОПП-2 и ОПП-3		50...1600	
скользящие хомутовые ОПХ-1		15...40	
скользящие хомутовые ОПХ-2 и ОПХ-3		50...600	
бескорпусная с направляющим хомутом ОПБ-1 и ОПБ-2		15...500	
Блоки катковые подвижных опор БлОК и БлДК	ГОСТ 14097—77	50...800	450
Подвески для горизонтальных трубопроводов:			
с одной тягой ПГ и ПМ	ГОСТ 16127—78	25...500	450
с двумя тягами и опорной балкой, ПГ2ш, ПМ2ш, ПГ2у, ПМ2у		50...500	
Подвески для вертикальных трубопроводов с двумя тягами, ПГВ и ПМВ		50...500	

Неподвижные опоры делят трубопроводы на самостоятельные участки в отношении компенсации температурных расширений. В связи с этим они должны быть достаточно прочными и жестко удерживать трубу, не допуская ее перемещения относительно поддерживающих конструкций.

По способу крепления к трубе различают приварные и хомутовые опоры.

Неподвижные опоры кроме массы ближайшего пролета трубопровода с продуктом воспринимают усилия и моменты от самокомпенсации соседних участков, нагруз-

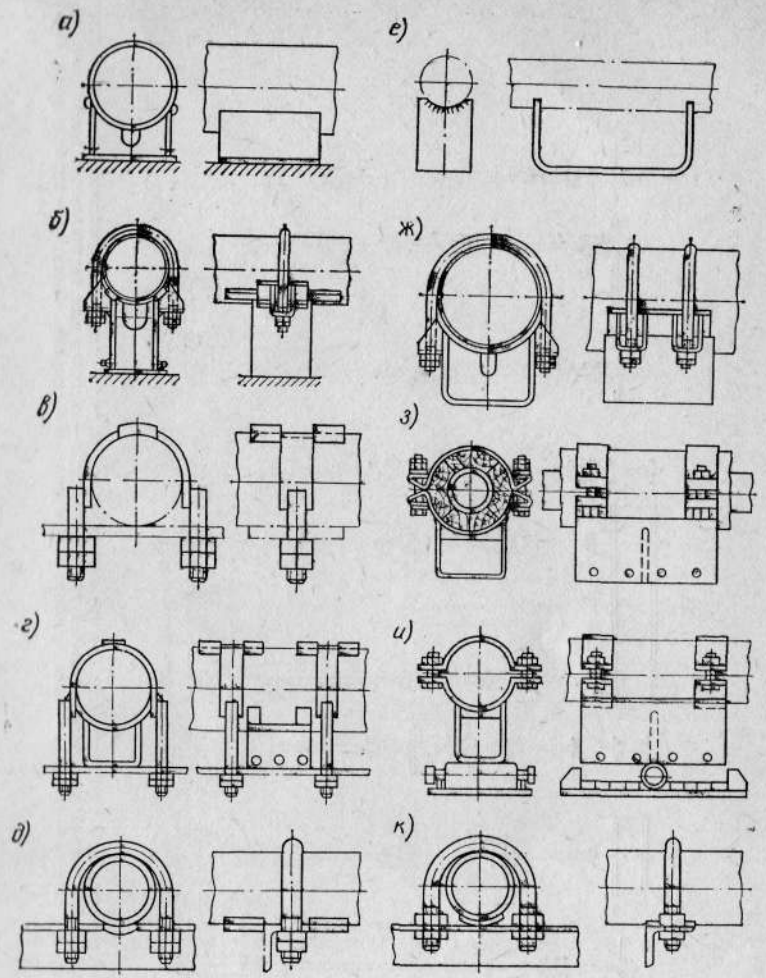


Рис. 15. Опоры трубопроводов
а — неподвижная приварная; *б* и *в* — неподвижная однохомутовая; *г* — неподвижная двуххомутовая; *д* — неподвижная бескорпусная; *е* — подвижная скользящая приварная; *ж* — подвижная скользящая хомутовая; *з* — подвижная скользящая для трубопроводов с хладагентом; *и* — подвижная катковая хомутовая; *к* — подвижная бескорпусная

ки, возникающие при гидравлических ударах и вибрации, а при наличии скользящих опор воспринимают усилия трения. В хомутовых неподвижных опорах для предотвращения проскальзывания трубы в опоре к трубе приваривают специальные упоры.

Наиболее распространенные типы неподвижных опор

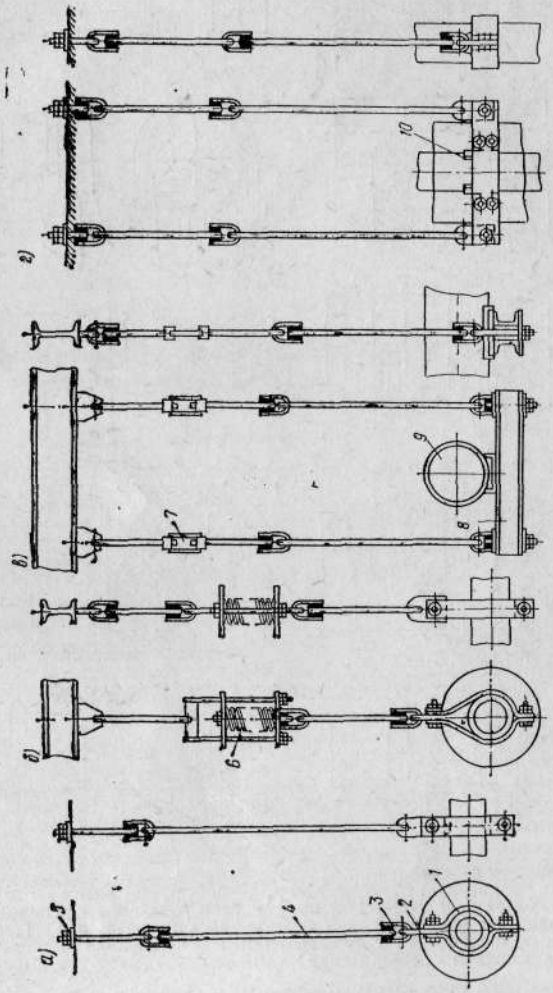


Рис. 16. Подвески
а — жесткая с одной тягой для горизонтальных трубопроводов; *б* — пружинная с одной тягой для горизонтальных трубопроводов; *в* — жесткая с двумя тягами и опорной балкой для горизонтальных трубопроводов; *г* — жесткая для вертикальных трубопроводов; *1* — хомут; *2* — серьга; *3* — ушко; *4* — тяга; *5* — гайка; *6* — блок пружин; *7* — муфта; *8* — опорная балка; *9* — трубопровод; *10* — упор

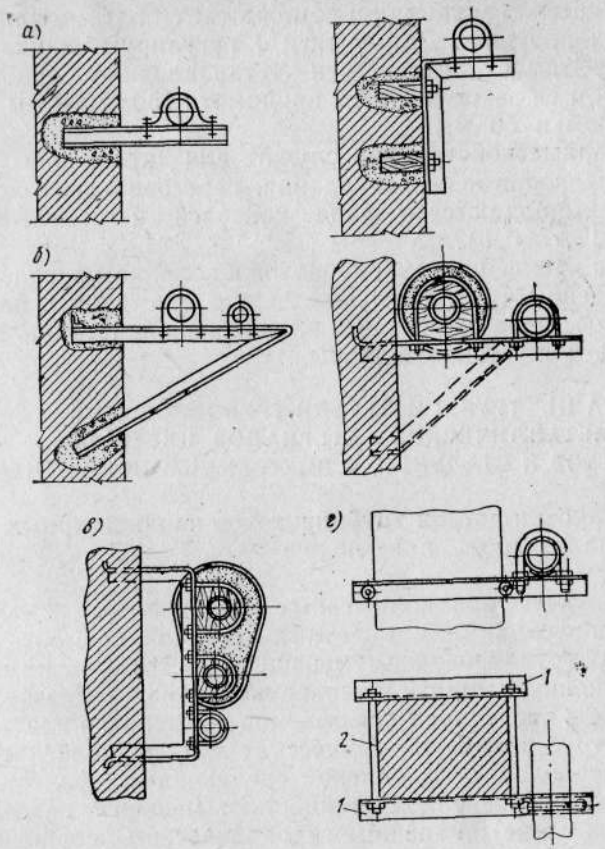


Рис. 17. Опорные конструкции
а — одиночная; *б* — групповая горизонтальная; *в* — групповая вертикальная; *г* — установка кронштейна на колонне; *1* — стяжные планки; *2* — болт с гайками

приведены на рис. 15, *а—д*. Неподвижные опоры изготовляются по нормалям проектных организаций.

Подвижные опоры должны поддерживать трубопровод и не препятствовать его перемещению под действием температурных расширений.

Подвижные опоры подразделяют на скользящие, катковые, бескорпусные и др.

Наиболее распространенные типы подвижных опор приведены на рис. 15, *е—к*.

Подвески (рис. 16) крепятся к опорным конструкциям

и перекрытию здания при помощи тяг с болтами или приварных проушин. Длину тяги *4* регулируют гайками *5* или муфтами 7. Длину тяги устанавливают проектом, при этом ее рекомендуется принимать 150...2000 мм с интервалом в 50 мм.

Опорные конструкции служат для крепления опор трубопроводов к стенам здания, перегородкам и колоннам и выполняются в виде консолей и кронштейнов (рис. 17, *а, б, в*).

Для крепления трубопроводов к колоннам используют кронштейны (рис. 17, *г*), состоящие из стяжных планок и болтов. Одна из стяжных планок выполняет роль кронштейна для установки опоры.

ГЛАВА III. ТРУБЫ И ДЕТАЛИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СТАЛЬНЫЕ С ВНУТРЕННИМ ПОКРЫТИЕМ

§ 10. Трубы и детали трубопроводов из полимерных материалов и их применение

Использование полимерных материалов позволяет снизить расход стали и цветных металлов, повысить срок службы трубопроводов, уменьшить расходы на их антикоррозионную защиту и тепловую изоляцию. Резкое увеличение в последние годы объемов применения пластмассовых труб взамен металлических для технологических трубопроводов обусловлено следующими факторами: высокой коррозионной стойкостью; меньшей массой (в 6...8 раз легче); меньшим гидравлическим сопротивлением и, как следствие, на 25...30% большей пропускной способностью; простотой обработки и соединений; меньшей трудоемкостью и себестоимостью транспортировки и монтажа.

Недостаток большинства пластмассовых труб, выпускаемых промышленностью в настоящее время — их сравнительно небольшая теплостойкость и ползучесть под воздействием температуры и длительных постоянных нагрузок.

В зависимости от поведения при повышенных температурах все пластические массы разделяют на термопластичные (термопласты) и термореактивные (термореактопласты). К термопластам относят такие материалы, которые можно перерабатывать в изделия методами экструзии, формования, прессования и сварки при опре-

10. Основные типы труб и деталей трубопроводов из полимерных материалов

Материал	ГОСТ, ОСТ, ТУ и нормаль		$D_н$, мм	Предельные параметры	
	на трубы	на детали трубопроводов		$P_р$, МПа	t, °С
Полиэтилен ПНД	ГОСТ 18599—83	ТУ 6-19-218-83 ТУ 6-19-213-83 ОСТ 36—55—81 ОСТ 36—55—81	10...1200	До 1	—30...60
Полиэтилен ПВД	ГОСТ 18599—83	ОСТ 6—05—367—74 ОСТ 36—55—81 ОСТ 36—17—85	10...160	До 1	—30...60
Поливинилхлорид ПВХ	ТУ 6-19-231-83	ТУ 6-19-221-83 ТУ 6-19-222-83 ТУ 6-19-223-83 ОСТ 36—17—85	10...315	До 1,6	0...50
Полипропилен ПП	ТУ 38-102.100-76	ОСТ 36—55—81 ОСТ 36—17—85	10...300	До 0,6	0...100
Фторопласт-4	ТУ 6-05-987-79	ТУ 6-05-987-79	32...430	До 0,5	—60...150
Стеклопластик	ТУ заводов-изготовителей		10...1000	До 0,6	—30...95
Фаолит	ТУ 6-05-1170-76	ВХЗ 24-39	32...350	До 0,47	—30...120

деленном нагреве (не выше температуры разложения) и давлении. К термореактопластам относят такие материалы, которые при нагревании легко переходят в вязкотекучее состояние и с увеличением продолжительности нагревания переходят в твердое нерастворимое состояние и не могут больше размягчаться и перерабатываться.

Для изготовления труб и деталей трубопроводов в настоящее время наибольшее применение получили такие термопласты, как полиэтилен ПЭ, поливинилхлорид ПВХ, полипропилен ПП, фторопласт-4, и ограниченное применение получили термореактопласты фаолит и стеклопластики (табл. 10).

Трубы и детали из полиэтилена наиболее широко распространены по сравнению с трубами и деталями из других термопластов, так как они обладают высокой химической стойкостью, морозостойки (до —30°С) и эластичны.

Полиэтилен, полученный при высоком давлении, называется полиэтиленом высокого давления (ПВД), а полученный при низком давлении — полиэтиленом низкого давления (ПНД). ПВД — менее прочный, менее твердый, но более эластичный, чем ПНД.

Недостатки полиэтилена: растворимость при температуре 70...80°С во многих углеводородах, способность к окислению в присутствии кислорода, особенно под воздействием ультрафиолетовых солнечных лучей, старение при эксплуатации, большой коэффициент линейного расширения (в 15...20 раз выше, чем у стали).

Трубы и детали трубопроводов из ПИД и ПВД в зависимости от допустимых рабочих давлений при нормальной температуре выпускают следующих типов: Л (легкий) — 0,25 МПа; СЛ (среднелегкий) — 0,4 МПа; С (средний) — 0,6 МПа; Т (тяжелый) — 1 МПа.

Трубы и детали из полипропилена (ПП) получают все большее применение для технологических трубопроводов благодаря своей легкости, такой же как полиэтиленовые, высокой термостойкости, превышающей 100°С, и высокой химической стойкости к действию кислот, щелочей и раствору солей.

Полипропилен имеет высокую температуру плавления (164...168°С) и соответственно более высокую температуру разложения. Максимальная температура эксплуатации до 130°С. Обладает хорошими механическими

свойствами, сваривается, прессуется. Недостатки полипропилена: горючесть, низкая морозостойкость, старение под действием ультрафиолетовых лучей. Трубы напорные из термо- и светостабилизированного полипропилена изготовляют методом непрерывной шнековой экструзии и используют для транспортирования жидких и газообразных веществ, в том числе пищевых продуктов, к которым ПП химически стоек. Напорные трубы выпускают двух типов в зависимости от максимального рабочего давления воды при $t=20$°С, МПа: Л (легкий) — 0,25 МПа; С (средний) — 0,6 МПа.

Трубы и детали из непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ) широко применяют для технологических трубопроводов. ПВХ обладает высокой механической прочностью, высокой стойкостью ко многим химическим средам, водостойкостью, легко поддается механической обработке, сваривается и хорошо склеивается и прессуется. Недостатки ПВХ: слабая сопротивляемость удару и вибрации, невысокая термостойкость, хрупкость при отрицательной температуре, большой коэффициент линейного расширения (в 6...8 раз выше, чем у стали). Трубы из ПВХ в зависимости от допустимых рабочих давлений воды при $t=20$°С выпускают следующих типов: Л (легкий) — 0,25 МПа; СЛ (среднелегкий) — 0,4 МПа; С (средний) — 0,6 МПа; Т (тяжелый) — 1 МПа; ОТ (особотяжелый) — 1,6 МПа.

Трубы и детали из фторопласта-4 имеют ограниченное применение для технологических трубопроводов из-за сравнительно высокой стоимости. Они обладают очень высокой химической стойкостью к действию разнообразных агрессивных сред (превосходит стекло, фарфор, эмали, золото, платину, нержавеющие стали), морозоустойчив, отличается высокой термостойкостью, разложение его начинается при температуре 415°С. Недостатки фторопласта-4: текучесть в холодном состоянии, увеличивающаяся с повышением температуры; при нагревании не переходит в вязкотекучее состояние, что затрудняет его переработку и формование. Трубы и детали из фторопласта-4 выпускают методом прессования с последующей термообработкой. Трубы и детали выпускаются также защищенными металлической оболочкой.

Стеклопластиковые трубы используют для транспортирования ряда жидких и газообразных хими-

чески агрессивных веществ. Стеклопластики представляют собой пластмассы, состоящие из стекловолокнистого наполнителя и связующего (эпоксидные и кремнийорганические смолы). Они обладают высокой прочностью и хорошими электроизоляционными свойствами. Основной тип соединений таких труб — раструбное и фланцевое.

Трубы и детали из фаолита обладают высокой химической стойкостью к кислым агрессивным продуктам.

Из всех применяемых пластмасс (кроме фторопласта-4) только фаолитовые изделия химически стойки к бензолу. Для технологических трубопроводов следует применять трубы и детали, изготовленные из кислотостойкой фаолитовой массы марок А (наполнитель — антофилитовый асбест) и Г (наполнитель — графит). Фаолитовые изделия отличаются значительной хрупкостью, поэтому при транспортировании, монтаже и эксплуатации их следует предохранять от ударов.

§ 11. Трубы и детали трубопроводов из стекла керамики, камнелита и их применение

Стеклянные трубы и детали (по ГОСТ 8894—77) выпускают с D_y=40...200 мм с гладкими концами. Они служат для транспортирования веществ с различными физико-химическими свойствами (за исключением плавиковой кислоты) при t=—50...100°С и рабочем давлении: для жидких и твердых веществ — 0,001... 0,7 МПа; для газообразных — от 0,001 МПа до атмосферного. Стеклянные трубы изготовляют длиной 1500... 3000 мм с интервалом, кратным 250 мм.

Фасонные детали, такие как отводы, отступы, калачи, тройники, крестовины и переходы, изготовляют на стеклозаводах. Для уменьшения нагрузок от воздействия соединительных деталей, увеличения уплотняющей поверхности торцов в отечественной и зарубежной практике применяют стеклянные трубы с коническими буртами на концах. Такие трубы и фасонные детали изготовляют с D_y<200 мм.

Стеклянные трубопроводы получают все большее распространение взамен стальных и цветных металлов на предприятиях химической, легкой и пищевой промышленности для транспортирования химических веществ и

реактивов, фармацевтических препаратов, красителей и пищевых продуктов, требующих особой чистоты. Стекло обладает высокой коррозионной стойкостью, газонепроницаемостью, прочностью и гигиеничностью. Прозрачность стекла позволяет наблюдать за транспортируемой по трубопроводам средой и ходом технологических процессов. Недостатки стеклянных трубопроводов — повышенная хрупкость и небольшая термическая стойкость.

Трубы и детали керамические кислотоупорные изготовляют с D_y=250...300 мм с коническими буртами или раструбами на концах. Их применяют для кислотопроводов и газопроводов. Они обладают высокой стойкостью ко всем минеральным и органическим кислотам (за исключением плавиковой). Такие трубы изготовляют длиной 200...1000 мм и используют при рабочем давлении до 0,3 МПа. Наружную и внутреннюю поверхности труб и деталей покрывают глазурью.

Трубы камнелитые применяют для безнапорных самотечных трубопроводов, по которым транспортируют абразивные и агрессивные материалы (шламы, пульпы и т. д.). Такие трубы получают из расплавленных горных пород или шлаков металлургического производства и изготовляют с D_y=150...250 мм (ТУ 21-РСФСР-671-83) длиной 500...1000 мм. Допускаемая температура их эксплуатации — 50...50°С (без резких перепадов). Камнелитые трубы нельзя подвергать механическим ударам в процессе их транспортирования и монтажа.

§ 12. Трубы и детали трубопроводов из цветных металлов и их применение

Трубы и детали трубопроводов из цветных металлов ввиду их сравнительно высокой стоимости для технологических трубопроводов применяют ограниченно, лишь для транспортирования агрессивных продуктов, а также в условиях низких температур. В табл. 11 приведена техническая характеристика труб из цветных металлов и их сплавов.

Трубы и детали из алюминия и его сплавов применяют в химической, пищевой и других отраслях промышленности. Они имеют малую плотность (2,72 г/см³) и относительно высокую коррозионную стойкость ко многим кислотам при комнатной температуре. С повышением температуры химическая стойкость и прочность труб снижаются.

Медные трубы применяют при технологических процессах органического синтеза и кислот для транспортирования агрессивных продуктов, а также в установках глубокого охлаждения.

Латунные трубы в технологических трубопроводах обычно применяют для транспортирования инертных газов при низких температурах.

Свинцовые трубы обладают очень высокой коррозионной стойкостью. Их применяют преимущественно для транспортирования серной и соляной кислоты низкой концентрации и хлора. Трубы свинцовые с внутренним диаметром до 60 мм поставляют в бухтах.

Трубы из титановых сплавов применяют для трубопроводов, по которым транспортируют агрессивные продукты, в том числе азотную кислоту. Титан — очень прочный и легкий сплав (плотность его 4,5 г/см³). Титановые сплавы в 2...3 раза прочнее алюминиевых и даже прочнее легированной стали. Детали трубопроводов из цветных металлов изготовляют сварными и бесшовными по ведомственным стандартам и техническим условиям.

Неразъемные соединения труб и деталей из алюминия, меди и латуни выполняют, как правило, сваркой встык и пайкой враструб, а разъемные — на приварных фланцах и свободных стальных фланцах с отбортовкой конца труб или с приварным кольцом. Свинцовые трубы соединяют сваркой встык и враструб, а также на свободных стальных фланцах с отбортовкой конца трубы. Титановые трубы и детали соединяют сваркой встык, на приварных фланцах, а также на свободных стальных фланцах с отбортовкой конца трубы или с приварным кольцом.

§ 13. Трубы и детали стальных трубопроводов с внутренним покрытием и их применение

Трубы и детали трубопроводов стальные с внутренним покрытием предназначены для транспортирования агрессивных продуктов и являются эффективными заменителями труб из высоколегированных сталей и цветных металлов. По конструкции такие трубы и детали выполняют двухслойными, состоящими из наружной оболочки (стальной трубы) и внутренней — из плакирующего слоя меди (биметаллические) или из слоя неметаллического материала. Наружная оболочка обеспечивает необходимую прочность, а внутренняя — стойкость против коррозии.

11. Техническая характеристика труб из цветных металлов и их сплавов

Наименование труб	ГОСТ	Размеры труб, мм $D_н$	Размеры труб, мм s	Материал труб	Пределы применения t, °С	Пределы применения P_y, МПа
Алюминиевые: катаные	18475—82	6...150	0,5...5	АДО, АД1, АМц, АМг2 АМг3, АМг5, АМг6	—196...150	До 2,5
прессованные	18482—79	18...340	1,5...40			
Медные: катаные	617—72	3...360	0,5...10	МІ, МІр, М2, М2р, М3, М3р, Л96	—196...150	По расчету
прессованные		30...280	5...30			
Латунные: катаные	494—76	3...100	0,5...10	Л60, Л63, Л68, ЛС59-1, ЛЖМц59-1-1	—196...250	До 20
прессованные		21...195	1,5...42			
Свинцовые	167—69	15...170	2,5...10	С1, С2, С3	До 140	До 0,25
Из титановых сплавов: горячекатаные	21945—76	85...480	6...65	ВТ14, ВТ1-0, ОТ4-1, ОТ4, ПТ-7М и ПТ-3В	—196...300	До 20
холоднодеформированные	22897—77	5...130	0,5...9			

12. Техническая характеристика стальных труб и деталей с внутренним покрытием

Трубы и детали трубопроводов	ГОСТ и ТУ		Покрытие		Размеры труб		Пределы применения	
	трубы	детали трубопроводов	материал	толщина, мм	D_y, мм	длина, м	давление, МПа	температура t, °С
Гуммированные	По материалам проектных организаций		Резина	4,5	40...400	0,2...3,2	$P_y \leqslant 1$	—20...70
Футерованные: полиэтиленом низкого давления	ТУ 14-3-523-76	**ТУ 14-3-963-80,** ТУ 14-3-423-75, **ТУ 14-3-927-80**	Полиэтилен	2...4	25...100	0,1...6,5	$P_y \leqslant 1,6$	0...80
фторопластом	ТУ 6-05-987-75	ТУ 6-05-987-75	Фторопласт-4	2,5...15	40...400	0,5...3,2	$P_{раб} < 0,5$	—60...150
камнелитыми вкладышами	ГОСТ 22620—83	ТУ 21-РСФСР-671-83	Камнелитые вкладыши	—	150...500	1	$P_y \leqslant 1$	—50...100
Биметаллические	ГОСТ 10192—62	По материалам проектных организаций	Медь	0,4...1,4	6...50	1,5...9	$P_y < 10$	—40...250
Эмалированные	ТУ 14-3-409-75		Стеклоэмаль	0,5...2	40...150	0,1...2	$P_{раб} < 0,6$	—30...80

Основными видами внутренних неметаллических покрытий являются гуммированные, футерованные и эмалированные стеклоэмалями. Большинство соединений трубопроводов из таких труб и деталей разъемные. Характеристика и рабочие параметры применения стальных труб и деталей с внутренним покрытием приведены в табл. 12.

Трубы и детали трубопроводов гуммированные предназначены для транспортирования 70%-ной серной, 85%-ной фосфорной, 15%-ной азотной, соляной и плавиковой кислот любой концентрации и многих других продуктов, включая газы.

Гуммирование осуществляют путем покрытия внутренней поверхности стальных труб и деталей резиной, эбонитом или полуэбонитом с последующей вулканизацией в автоклавах или другими способами. Наибольшее распространение получили трубопроводы, гуммированные резиной.

Трубы и детали трубопроводов, футерованные полиэтиленом низкого давления, применяют для транспортирования жидких и газообразных продуктов (воды, газов, кислот, щелочей и их растворов), к которым полиэтилен стоек.

Трубы и детали трубопроводов, футерованные фторопластом-4, применяют для транспортирования агрессивных продуктов, за исключением расплавленных щелочных металлов, трехфтористого хлора и элементарного фтора. Стальную оболочку труб и деталей изготовляют потребители по чертежам завода, производящего футеровку.

Трубы и детали трубопроводов, футерованные камнелитыми вкладышами, применяют для гидравлической и пневматической транспортировки абразивных материалов в самотечных и напорных системах трубопроводов.

Футерование внутренней поверхности осуществляется путем установки вкладышей на бетонной связке класса не ниже В3,5. Материалом для производства износостойких вкладышей служат расплавленные горные породы или шлаки металлургического производства.

Трубы биметаллические применяют для транспортирования агрессивных сред, к которым медь химически стойка.

Наружная оболочка изготовляется из холоднодефор-

мированных стальных труб марок 10, 20 и 12ХН3А, а внутренняя — из меди марки М 3р или других металлов.

Трубы и детали эмалированные применяют для транспортирования жидких и газообразных агрессивных и малоагрессивных продуктов, в том числе растворов неорганических и органических кислот и их солей (за исключением плавиковой, кремнефтористо-водородной, концентрированной фосфорной кислот и фтористых соединений), а также щелочных растворов.

ГЛАВА IV. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА И КОМПЕНСАТОРЫ

§ 14. Общие сведения об арматуре и ее применении

Трубопроводной арматурой называют устройства, устанавливаемые на трубопроводах или оборудовании, предназначенные для отключения, распределения, регулирования, смешения или сброса транспортируемых продуктов.

В зависимости от области и условий применения промышленную трубопроводную арматуру разделяют на две группы: общетехнического и специального (для особых условий работы) назначения.

К общетехнической относят арматуру, устанавливаемую на трубопроводах, по которым транспортируют неагрессивные и малоагрессивные жидкости и газы при рабочих температурах и давлениях, допускающих применения для корпусных деталей серного или ковкого чугуна, латуни, углеродистой или легированной стали.

К специальным относят арматуру трубопроводов, по которым транспортируют продукты с такими свойствами или параметрами, которые требуют применения легированных и высоколегированных сталей, бронзы, чугуна, обладающих высокой коррозионной стойкостью или жаропрочностью, защитных покрытий или неметаллических материалов.

По характеру выполняемых функций арматуру подразделяют на классы: запорная, регулирующая, предохранительная и разная.

Запорная арматура предназначена для отключения потока транспортируемого продукта (краны, вентили, задвижки и затворы поворотные);

регулирующая — для регулирования параметров продукта изменением его расхода (регулирующие вентили и клапаны, регуляторы давления прямого действия и смесительные клапаны);

предохранительная — для предохранения установок и трубопроводов от недопустимого повышения давления (предохранительные, перепускные и обратные клапаны, а также разрывные мембраны).

Разная арматура предназначена для выполнения различных функций (конденсатоотводчики, смотровые фонари, ловушки и др.).

По принципу действия арматура может быть автономной (или прямого действия) и управляемой.

Автономной называется арматура, рабочий цикл которой совершается рабочей средой без каких-либо посторонних источников энергии (регуляторы давления прямого действия, конденсатоотводчики).

Управляемой называется арматура, рабочий цикл которой выполняется по соответствующим командам в моменты, определяемые рабочими условиями или приборами.

Управляемая арматура по способу управления подразделяется на арматуру с ручным приводом, арматуру приводную и арматуру под дистанционное управление.

Арматура с ручным приводом управляется вращением маховика или рукояти, насаженных на шпиндель или ходовую гайку непосредственно или передающих движение через редуктор.

Арматура приводная снабжена приводом, установленным непосредственно на ней. Привод может быть электрическим, электромагнитным, с мембранным или с электрическим исполнительным механизмом; пневматическим, сильфонным пневматическим, гидравлическим и пневмогидравлическим.

Арматура под дистанционное управление имеет управление от привода.

В зависимости от конструкции присоединительных патрубков арматура подразделяется на фланцевую, муфтовую, цапковую и приварную.

Фланцевая арматура имеет присоединительные патрубки с фланцами, муфтовая — с внутренней резьбой, цапковая — с наружной резьбой, приварная — для приварки к трубопроводу. Ее применяют для любых технологических трубопроводов.

Фланцевую арматуру из серого чугуна марки не ниже СЧ 15-32 применяют в трубопроводах, по которым транспортируют жидкие и газообразные продукты t=—10... 100°С при $P_у$ не выше 0,6 МПа. Фланцевую арматуру из ковкого чугуна марки не ниже КЧ 30-6 применяют для тех же продуктов с t=—30...150°С при $P_у$ не выше 1,6 МПа.

Стальную фланцевую арматуру используют для любых давлений, причем для t=—40...450°С и неагрессивных продуктов корпусы изготовляют из углеродистой стали, а ниже —40 и выше 450°С и агрессивных продуктов — из легированной и высоколегированной.

Арматуру из цветных металлов и их сплавов применяют, когда по условиям физико-химических свойств продукта не может быть установлена чугунная или стальная арматура.

Приварную арматуру применяют для трубопроводов с повышенными требованиями к плотности соединений и для малоагрессивных продуктов.

Муфтовую и цапковую чугунную арматуру применяют только для трубопроводов, по которым транспортируют нейтральные, негорючие продукты с $D_у$< <100 мм и на $P_у$<1,6 МПа, а стальную — для всех продуктов и давлений с $D_у$<40 мм.

Трубопроводную арматуру поставляют с заводов-изготовителей комплектно с ответными фланцами, прокладками и крепежными деталями.

В зависимости от способа перемещения запорного или регулирующего органа и его конструкции основные типы арматуры подразделяют на краны, вентили, задвижки, клапаны и т. д.

Краном называется конструкция арматуры с запорным или регулирующим органом в форме тела вращения, поворачивающимся вокруг оси, перпендикулярной оси потока продукта.

По конструкции затвора краны подразделяются на конусные, шаровые и цилиндрические (рис. 18).

Краны имеют небольшие габаритные размеры, малое гидравлическое сопротивление и простой цикл управления.

По способу уплотнения затвора краны могут быть натяжные и сальниковые: в натяжных кранах уплотнение осуществляется подтягиванием гайки *3*, навернутой на нижний конец пробки *2*, проходящий через дно корпуса, в сальниковых — уплотнение достигается подтяжкой

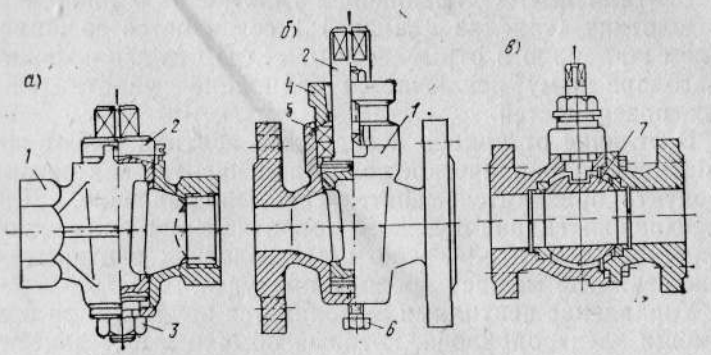


Рис. 18. Краны

а — натяжной муфтовый, тип 11б1бк; *б* — сальниковый фланцевый, тип 11ч8бк; *в* — шаровой сальниковый фланцевый, тип 11ч37п; *1* — корпус; *2* — конусная пробка; *3* — натяжная гайка; *4* — втулка; *5* — сальник; *6* — отжимной болт; *7* — шаровая пробка

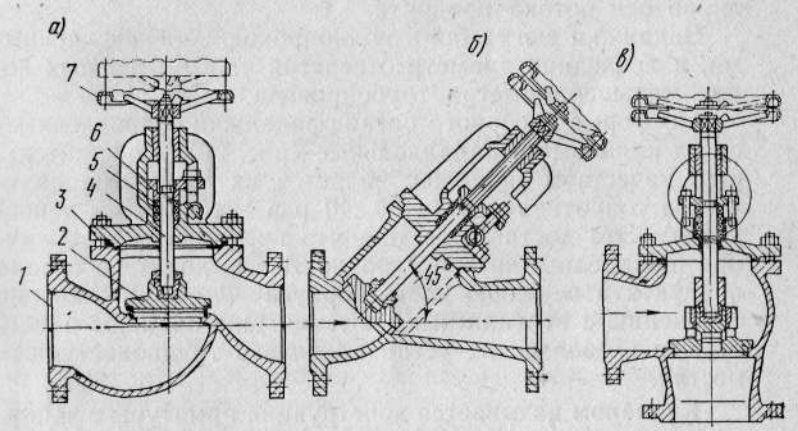


Рис. 19. Вентили запорные

а — фланцевый, тип 15ч14бр; *б* — прямоточный фланцевый, тип 15с58нж; *в* — угловой фланцевый, тип 15с76нж; *1* — корпус; *2* — золотник; *3* — крышка; *4* — шпиндель; *5* — сальниковая набивка; *6* — втулка; *7* — маховик

сальника *5*. Широкое применение получили шаровые краны, имеющие шаровую пробку *7*, обеспечивающую малое гидравлическое сопротивление и высокие эксплуатационные качества.

Вентилем называется конструкция арматуры с запорным или регулирующим органом, перемещающимся возвратно-поступательно вдоль центральной оси уплотнительной поверхности корпуса (рис. 19).

Вентили имеют сальниковое уплотнение *5* шпинделя *4*. Золотник (тарелка клапана) *2* соединяется со шпинделем шарнирно и отрывается от седла без скольжения, благодаря чему исключается задирание уплотнительных поверхностей.

В отличие от кранов и задвижек вентили имеют повышенное гидравлическое сопротивление, так как потоку продукта приходится менять свое направление. Для уменьшения гидравлического сопротивления применяют прямоточные вентили, у которых золотник в открытом положении не мешает проходу продукта.

Управление вентилями выполняется вручную или при помощи электропривода, который обычно имеет дистанционное управление.

Задвижкой называется конструкция арматуры с запорным или регулирующим органом, перемещающимся вдоль уплотнительных поверхностей корпуса перпендикулярно оси потока продукта.

Задвижки могут быть полнопроходными и суженными, в последних диаметр отверстия уплотнительных колец меньше диаметра трубопровода.

По форме запорного органа задвижки подразделяются на клиновые и параллельные (рис. 20). Положительным качеством задвижек является их малое гидравлическое сопротивление (в 30...40 раз меньше, чем у вентилей). Это достигается тем, что при полном выдвижении шпинделя *4* затвор *1* полностью выходит из потока продукта в верхнюю часть корпуса *2*. Задвижки по сравнению с вентилями имеют меньшие размеры и массу, что позволяет их устанавливать в труднодоступных местах.

Клапаном называется конструкция арматуры с запорным или регулирующим органом, перемещающимся возвратно-поступательно вдоль центральной оси уплотнительной поверхности корпуса или поворачивающимся вокруг оси, перпендикулярной оси потока продукта.

Клапаны имеют много разновидностей. В зависимости от назначения они подразделяются на запорные, регулировочные, обратные, предохранительные, перепускные, отсечные, дыхательные.

Запорный клапан предназначен для отключения участка трубопровода при помощи запорного органа.

Регулировочный клапан служит для изменения давления или количества транспортируемого продукта.

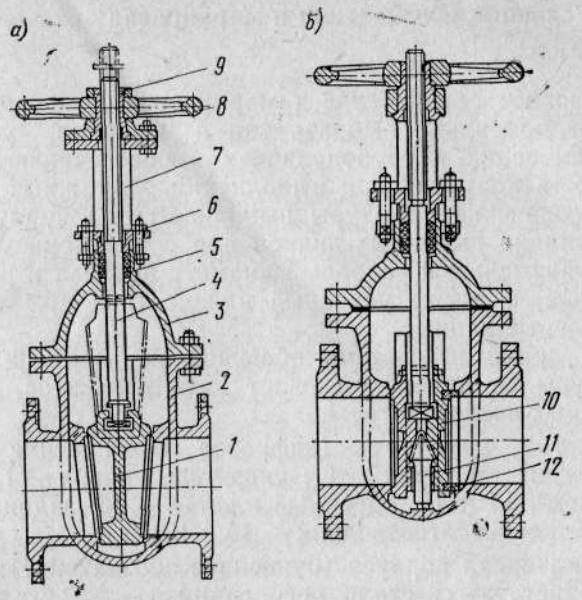


Рис. 20. Задвижки

а — клиновые с выдвижным шпинделем, тип 30ч36бк; *б* — параллельная с выдвижным шпинделем, тип 30ч7бк; *1* — клин (затвор); *2* — корпус; *3* — крышка; *4* — шпиндель; *5* — сальниковая набивка; *6* — грундбукса; *7* — стойка; *8* — маховик; *9* — гайка шпинделя; *10* — диск (тарелка); *11* — распорный клин; *12* — уплотнительное кольцо

Обратные клапаны предназначены для предотвращения образования обратного потока воздуха продукта. Запорный орган в обратных клапанах открывается прямым потоком продукта, а закрывается обратным потоком. Обратные клапаны подразделяют на подъемные и поворотные.

Предохранительный клапан предназначен для автоматического сброса продукта при повышении (в замкнутом пространстве) давления продукта сверх установленного.

Перепускные клапаны предназначены для поддержания давления продукта на требуемом уровне путем перепуска его через ответвление трубопровода.

Отсечные клапаны предназначены для быстрого перекрытия потока продукта.

Дыхательные клапаны предназначены для выпуска накопившихся паров или воздуха и предотвращения образования вакуума.

§ 15. Условные обозначения и маркировка арматуры

Условное обозначение и маркировка арматуры позволяют правильно выбрать тип и материал, условия ее применения в трубопроводах и обеспечивают возможность контроля при выполнении монтажных работ.

Обозначение арматуры выполняется на корпусе путем отливки выпуклых знаков или клеймением, при этом указываются условный диаметр прохода и рабочее давление, а также условный индекс типа арматуры и ее основные данные.

По принятой системе обозначений промышленной арматуры ее индекс включает пять элементов, расположенных последовательно:

1) тип арматуры (цифровое обозначение — двузначное число): кран — 11; указатель уровня — 12; вентиль — 13, 14 и 15; обратный клапан — 16; задвижка — 30 и 31; конденсатоотводчик — 45 и 19;

2) материал корпуса (буквенное обозначение): сталь углеродистая — с; сталь легированная — лс; сталь нержавеющая — нж; чугун серый — ч; чугун ковкий — кч; латунь или бронза — б; пластмасса — п и т. д.;

3) привод (цифровое обозначение — однозначное число): механический с червячной передачей — 3; то же, с цилиндрической — 4; то же, с конической — 5; пневматический — 6; гидравлический — 7; электромагнитный — 8 и электрический — 9. При отсутствии привода число не ставится;

4) конструкция данного вида арматуры по каталогу (цифровое обозначение — одно- или двузначное число);

5) материал уплотнительных колец (буквенное обозначение): латунь и бронза — бр; нержавеющая сталь — нж; кожа — к; эбонит — э; резина — р; пластмассы — п; без вставных или наплавляемых колец — бк и т. д.

В случае применения внутренних покрытий арматуры обозначение материала покрытия объединяется с обозначением материала уплотнительных колец; гуммирование — гм; эмалирование — эм; футерование пластмассой — п; освинцевание — св и др.

Примеры условных обозначений арматуры:

индекс 1169бк означает: 11 — кран; б — корпус крана выполнен из латуни или бронзы; 9 — номер по каталогу; бк — уплотнительные поверхности выполнены

непосредственно на самом корпусе, то есть затвор без вставных колец;

индекс 15с916нж означает: 15 — вентиль; с — корпус выполнен из углеродистой стали; 9 — привод электрический; 16 — номер по каталогу; нж — уплотнительные поверхности из нержавеющей стали.

Отличительную окраску арматуры наносят в зависимости от материала корпуса на необработанные поверхности (корпус, крышку, сальник) чугунной и стальной арматуры (кроме приводных устройств). Арматуру из углеродистой стали окрашивают в *серый* цвет, из легированной — в *синий*, с корпусом из кислотостойкой и нержавеющей — в *голубой*, из чугуна — в *серый*, из ковкого чугуна — в *черный*. Арматуру из цветных металлов и пластмасс не окрашивают. В зависимости от материала уплотнительных деталей затвора устанавливают дополнительную отличительную окраску приводного устройства арматуры (маховика, рычага): если уплотнительное устройство изготовлено из бронзы или латуни — в *красный* цвет, из нержавеющей стали — в *голубой*, из алюминия — в *алюминиевый*, из баббита — в *желтый*, из кожи и резины — в *коричневый*. Арматуру, футерованную или имеющую внутреннее покрытие (кроме диафрагмы), дополнительно окрашивают: эмалированную — в *красный*, гуммированную — в *зеленый*, покрытую пластмассой — в *синий* цвет.

§ 16. Тепловые удлинения трубопровода и его компенсация

Технологические трубопроводы в большинстве случаев работают при температурах, которые отличаются от температуры окружающего воздуха.

Перепад температуры влечет за собой изменение длины трубопровода, величина которой определяется по формуле

$$\Delta l = \alpha l (t - t_н)/100,$$

где Δl — тепловое удлинение трубопровода, мм;
l — расстояние между неподвижными опорами, м;
α — температурный коэффициент линейного расширения материала 1 м трубопровода при нагреве на 100°С (табл. 13);
t — максимальная температура транспортируемого продукта, °С;
$t_н$ — минимальная температура окружающего воздуха, °С.

13. Коэффициент линейного расширения α, °С$^{-1}$

Температура, °С	Марки стали			Температура, °С	Марки стали		
	углеродистые низколегированные Ст3, 10, 20 17ГС и др.	легированные 15Х5М, 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ и др.	высоколегированные 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2 и др.		углеродистые низколегированные Ст3, 10, 20 17ГС и др.	легированные 15Х5М, 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ и др.	высоколегированные 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2 и др.
—180...0	—0,88	—	—1,42	301...400	1,36	1,53	1,80
0...100	1,2	1,27	1,64	401...500	1,41	1,60	0,83
101...200	1,26	1,32	1,71	501...600	—	1,68	1,86
201...300	1,31	0,42	1,76	601...700	—	—	1,89

Пример. Определить удлинение трубопровода горячей воды длиной 50 м при нагреве его от 20 до 100°С. Материал трубы Ст3.

По табл. 14 находим значение α при нагреве 1 м трубопровода на 100°С, которое составляет 1,2°С$^{-1}$.

Следовательно, удлинение трубопровода

$$\Delta l = 1{,}2 \cdot 50 \cdot (100 - 20) : 100 = 48 \text{ мм}.$$

Вследствие изменения длины трубопровода при жестком закреплении концов в его материале возникают напряжения, величина которых определяется по закону Гука:

$$\sigma = \delta E,$$

где E — модуль упругости материала трубы, МПа (для углеродистой стали $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа; для меди $E = 9 \cdot 10^4$ МПа; для алюминия $E = 7{,}25 \cdot 10^4$ МПа);

δ — относительное удлинение трубопровода при нагревании равно $\alpha(t - t_н)/100$.

Подсчитанное напряжение не должно превышать допускаемого напряжения на растяжение (сжатие).

Усилие (Н), возникающее в жестко закрепленном прямолинейном участке трубопровода при изменении температуры, очень велико и может быть определено по формуле

$$p = \sigma F = E \delta F = E \alpha (t - t_н) F/100,$$

где F — площадь поперечного сечения трубы, см^2.

Это усилие передается на жесткие концевые опоры. Из этого уравнения можно сделать вывод, имеющий большое практическое значение: усилие, возникающее в жестко закрепленном участке трубопровода, зависит только от площади поперечного сечения трубы и от раз-

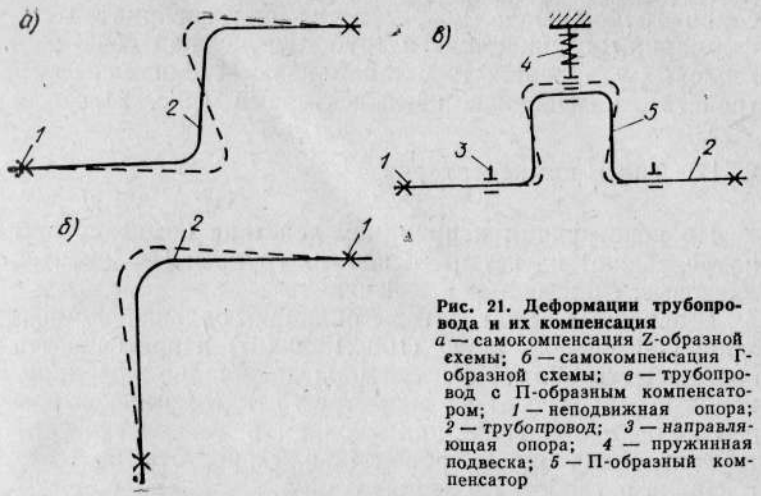


Рис. 21. Деформации трубопровода и их компенсация
а — самокомпенсация Z-образной схемы; *б* — самокомпенсация Г-образной схемы; *в* — трубопровод с П-образным компенсатором; *1* — неподвижная опора; *2* — трубопровод; *3* — направляющая опора; *4* — пружинная подвеска; *5* — П-образный компенсатор

ности температур. Следовательно, необходимо учитывать влияние этих усилий в закрепленном участке трубопровода любой длины, как бы мала она ни была.

Пример. Определить усилие, действующее в закрепленном в неподвижных опорах прямолинейном участке трубопровода, при изменении температуры от 20 до 100°С. Материал труб — углеродистая сталь, наружный диаметр 219 мм, толщина стенки 10 мм ($F = 66$ см^2).

По табл. 13 находим $\alpha = 1{,}2$°С$^{-1}$. Подставляя в формулу данные, получаем $P = 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 1{,}2(100 - 20) \cdot 66/100 = 133 \cdot 10^5$ Н.

Для восприятия дополнительных нагрузок, возникающих при изменении температуры, трубопровод проектируют и конструктивно выполняют так, чтобы он имел возможность свободно удлиняться при нагревании и укорачиваться при охлаждении без перенапряжения материала и соединений трубопровода.

Способность трубопровода компенсировать тепловые удлинения за счет эластичности конструкции и упругих свойств металла без специальных устройств, встраиваемых в трубопровод, называется самокомпенсацией. Самокомпенсация осуществляется за счет того, что в линии трубопровода, кроме прямых участков, между неподвижными опорами имеется Z-образный (рис. 21, *а*) или Г-образный (рис. 21, *б*) повороты.

Самокомпенсация обычно наблюдается в местах естественных поворотов трубопровода по трассе, поэтому не требует дополнительного расхода труб и не

увеличивает стоимости трубопровода. Если самокомпенсация трубопровода недостаточна для восприятия деформаций, возникающих в трубопроводе под действием тепловых удлинений, то устанавливают специальные устройства, называемые компенсаторами (рис. 21, *в*).

§ 17. Типы компенсаторов

По конструкции и принципу действия компенсаторы подразделяют на четыре основных группы: П-образные, линзовые, сильфонные и сальниковые.

П-образные компенсаторы обладают большой компенсационной способностью (100...1500 мм) и применяются преимущественно при надземной прокладке трубопроводов независимо от их диаметра. Такие компенсаторы получили наибольшее применение в технологических трубопроводах из-за сравнительной простоты их изготовления и удобства в эксплуатации.

Их недостатки: повышенное гидравлическое сопротивление, большой расход труб, значительные габаритные размеры и необходимость сооружения дополнительных опорных конструкций.

П-образные компенсаторы изготовляют с применением гнутых (рис. 22,*а*), крутоизогнутых (рис. 22,*б*) и сварных (рис. 22,*в*) отводов.

П-образные компенсаторы различают по соотношению длины прямого участка спинки l и длины прямого участка h: компенсаторы с большим вылетом при $l = 0{,}5\ h$, со средним при и с малым при $l = h$. Большей компенсирующей способностью обладают компенсаторы с большим вылетом.

Компенсаторы гнутые и сварные с крутоизогнутыми отводами допускается устанавливать на трубопроводах для любых давлений и температур. При этом компенсационная способность компенсаторов с крутоизогнутыми отводами при тех же габаритных размерах выше, чем гнутых, за счет более длинного участка h.

П-образные компенсаторы из сварных отводов используют преимущественно для трубопроводов с $D_у > 500$ мм. Для трубопроводов пара и горячей воды такие компенсаторы можно применять на трубопроводах III и IV категории на $P_у < 6{,}3$ МПа.

П-образные компенсаторы, как правило, должны устанавливаться в горизонтальном положении, с соблю-

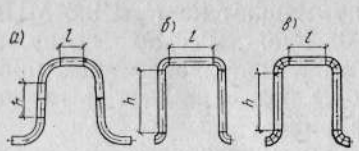


Рис. 22. П-образные компенсаторы
а — гнутые; *б* — с крутоизогнутыми отводами; *в* — со сварными отводами

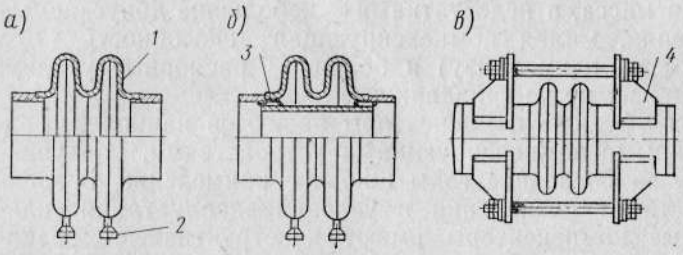


Рис. 23. Линзовые двухволновые компенсаторы
а — без стакана; *б* — со стаканом; *в* — со стяжкой; *1* — полулинза; *2* — дренажный штуцер; *3* — стакан; *4* — стяжка

дением необходимого уклона трубопровода. При ограниченной площади компенсаторы можно устанавливать в вертикальном и наклонном положении петлей вверх или вниз, при этом они должны быть снабжены дренажными штуцерами и воздушниками. Конструкция П-образных компенсаторов и их размеры указывают в проекте.

Линзовые компенсаторы (рис. 23) в зависимости от необходимой компенсирующей способности применяют с одной, двумя, тремя и четырьмя линзами. Типы и размеры линзовых компенсаторов из углеродистой стали нормализованы. При наличии на трассе трубопровода участков, расположенных под углом, целесообразно применять схемы компенсации с использованием линзовых компенсаторов в качестве шарниров.

Линзовые компенсаторы выполняют без внутренних стаканов и со стаканами *3*. Компенсаторы со стаканами используют на прямых участках трубопроводов для восприятия только осевых нагрузок и без стаканов, когда компенсаторы работают в качестве шарниров. На горизонтальных участках трубопроводов компенсаторы устанавливают с дренажными штуцерами *2*, которые вваривают в нижних местах каждой линзы. Стяжки *4* устанавливают для восприятия распорных усилий, возникающих в трубопроводах.

Линзовые компенсаторы применяют на $P_у < 2{,}5$ МПа на трубопроводах с $D_у = 100...1600$ мм, по которым транспортируют неагрессивные и малоагрессивные продукты. Линзовые компенсаторы присоединяют к трубопроводам на сварке или на фланцах.

Преимуществом линзовых компенсаторов по сравнению с П-образным являются небольшие размеры и малая масса, а недостатками — небольшие допускаемые давления, малая компенсирующая способность (10... 15 мм на одну линзу) и большие распорные усилия, передаваемые на неподвижные опоры.

Сильфонные компенсаторы являются наиболее современными компенсирующими устройствами, получившими за последние годы широкое применение. В зависимости от назначения и условий эксплуатации сильфонные компенсаторы имеют конструктивные разновидности (типы и их модификации). Основной отличительной особенностью сильфонных компенсаторов по сравнению с линзовыми является гибкий элемент, представляющий собой эластичную и прочную гофрированную оболочку. Применение сильфонных компенсаторов вместо П-образных сокращает расход труб и теплоизоляционных материалов на 15...25%, снижает гидравлическое сопротивление и уменьшает число опор и опорных конструкций, поддерживающих трубопровод. По сравнению с линзовыми компенсаторами они имеют более широкий диапазон допускаемых давлений, бóльшую компенсационную способность и значительно меньшие продольные усилия, передаваемые на неподвижные опоры.

Компенсаторам каждого основного типа (осевого, углового, поворотного и др.) соответствует определенный характер деформации гибкого элемента (рис. 24). Сжатие и растяжение гибкого элемента вдоль продольной оси на величину $\Delta/2$ по отношению к его начальному положению соответствует работа компенсаторов осевого типа. Изгиб гибкого элемента с образованием угла α между плоскостями его концов соответствует работе компенсаторов углового типа, а смещение продольных осей концов гибкого элемента на величину Δ_1 с сохранением параллельности между плоскостями — работе компенсаторов поворотного типа.

Для технологических трубопроводов применяют сильфонные компенсаторы осевые типа КО, угловые типа КУ и универсальные типа КМ с $D_у = 150...400$ мм на

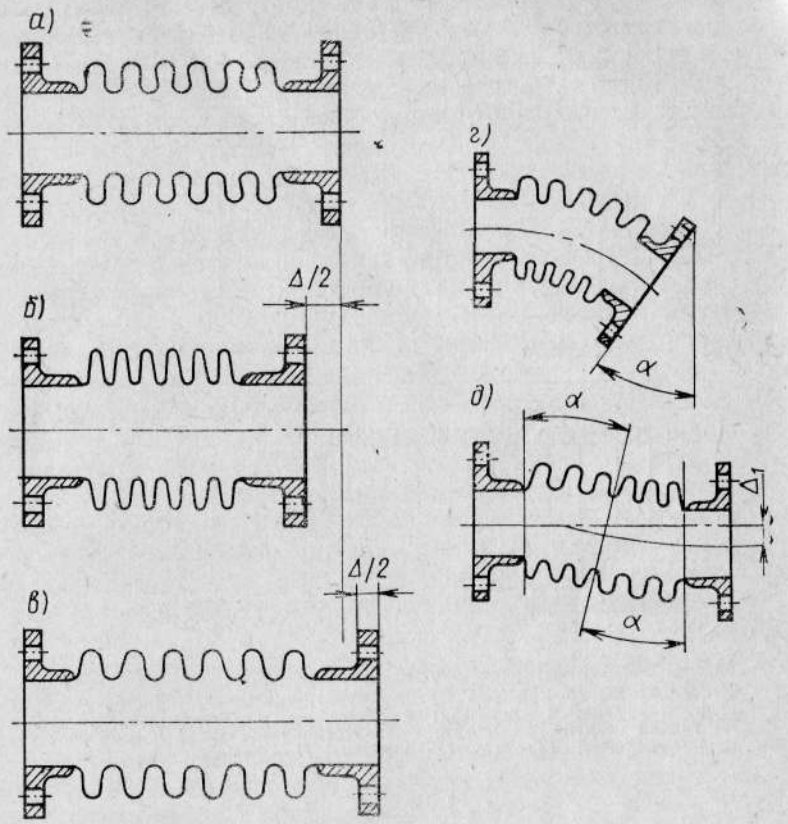


Рис. 24. Основные схемы деформации гибкого элемента компенсатора
а — начальное положение; *б* — сжатие по продольной оси; *в* — растяжение по продольной оси; *г* — изгиб под углом; *д* — смещение продольной оси при параллельности плоскостей

$P_у < 6{,}3$ МПа (рис. 25). Изготовляют их по ОСТ 26—02—2079—83, при этом температура эксплуатации зависит от материального оформления конструкции и может быть — 70...700°С.

Компенсаторы сильфонные осевые КО работают по принципу осевого перемещения и применяются на линейных участках трубопровода и поворотах для температурного изменения их длин. Концы гибкого элемента 7 приваривают к патрубкам *1*. Кольца ограничительные *6* предотвращают выпучивание стенки гибкого элемента под действием давления продукта и ограничивают

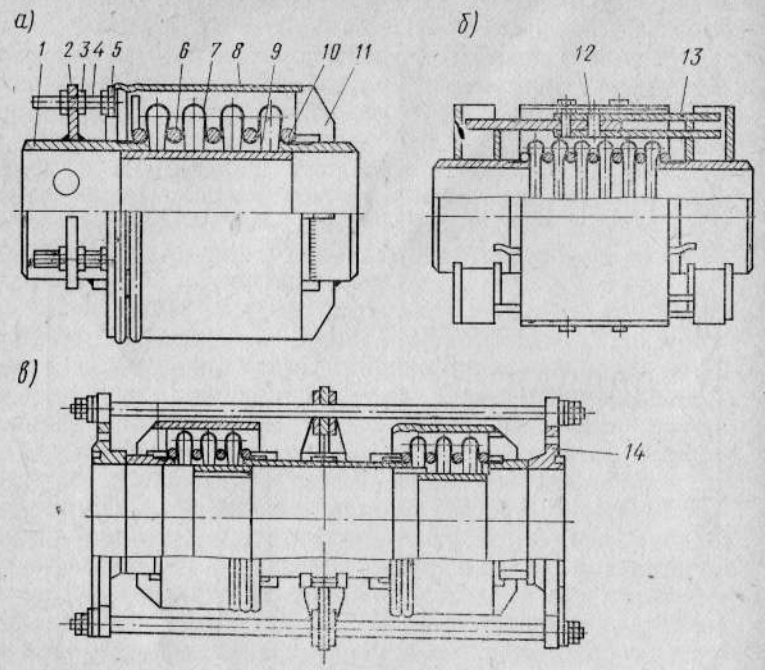


Рис. 25. Сильфонные компенсаторы

а — осевой КО; *б* — угловой КУ; *в* — универсальный КМ; *1* — патрубок; *2* — упор; *3* — гайка; *4* — шпилька; *5* — бобышка; *6* — ограничительное кольцо; *7* — гибкий элемент; *8* — кожух; *9* — внутренняя обечайка; *10* — опорное кольцо; *11* — стойка; *12* — ось; *13* — шарнир; *14* — фланец

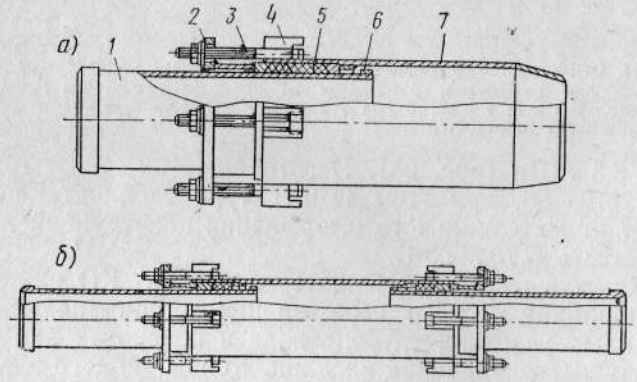


Рис. 26. Сальниковые компенсаторы

а — односторонний; *б* — двусторонний; *1* — труба; *2* — грундбукса; *3* — болт; *4* — упор; *5* — уплотнительное кольцо; *6* — ограничительное кольцо; *7* — корпус

изгиб волн. Кольца опорные *10*, надетые на цилиндрическую часть гибкого элемента в горячем состоянии, создают натяг в соединении гибкого элемента с патрубком. Кожух *8* приваривают одним концом к стойке *11*, а второй конец кожуха свободно перемещается при работе компенсатора. Он предохраняет гибкий элемент от механических повреждений в период хранения, транспортирования, монтажа и эксплуатации. Шпильки *4* с гайками *3* служат для установки компенсатора на заданную строительную длину и предварительной растяжки или сжатия его при монтаже. Их удаляют после приварки патрубков к трубопроводу. Обечайка внутренняя *9*, приваренная одним концом к патрубку, уменьшает завихрения потока продукта.

Компенсатор сильфонный у г л о в о й КУ работает по принципу смещения осей патрубков под углом в одной плоскости и изгибом осей гибкого элемента по дуге в шарнире. Такие компенсаторы применяют в шарнирных угловых, Z-образных и П-образных системах плоскостных трубопроводов по две-три штуки в каждой шарнирной системе, что дает возможность поглощать значительные температурные изменения длин трубопроводов.

Компенсатор сильфонный универсальный КМ работает по принципу смещения патрубков в различных плоскостях при параллельности их осей. Применяется в шарнирных системах пространственных трубопроводов, на ответвлениях или в местах присоединения линий трубопровода к оборудованию.

Сальниковые компенсаторы (рис. 26) представляют собой трубу *1*, вставленную в корпус *7*. В зазоре между ними установлено уплотнительное кольцо *5* с грундбуксой *2*. По конструкции сальниковые компенсаторы подразделяют на односторонние и двусторонние. Компенсаторы соединяются с трубопроводом сваркой или на фланцах. Типы конструкций сальниковых компенсаторов на $P_у < 1{,}6$ МПа, $t < 300$°С и $D_у = 100...1000$ мм нормализованы.

Сальниковые компенсаторы имеют высокую компенсирующую способность, небольшие габариты, но из-за трудности герметизации сальниковые уплотнения в технологических трубопроводах применяются редко, а для трубопроводов горючих, токсичных и сжиженных газов их применение н е д о п у с к а е т с я.

Основные их недостатки: необходимость систематического наблюдения и ухода за ними в процессе эксплуатации и сравнительно быстрый износ сальниковой набивки и как следствие — отсутствие надежной герметичности.

Сальниковые компенсаторы устанавливают на водо-, паро-, и теплопроводах, а также на трубопроводах, по которым транспортируют негорючие жидкости. Вследствие малых габаритов они легко размещаются в камерах и проходных туннелях.

ГЛАВА V. СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ТРУБОПРОВОДЫ

§ 18. Состав рабочего проекта и условное обозначение трубопроводов и арматуры

Протяженность технологических трубопроводов в современных промышленных объектах составляет многие сотни километров. Рационально разместить технологические трубопроводы в промышленном объекте, увязать их с расположением зданий, сооружений и оборудования — сложная техническая задача.

Проектная документация должна отвечать требованиям безопасной эксплуатации, обеспечить надежность, экономичность, ремонтоспособность прокладываемых технологических трубопроводов. Эта документация должна зафиксировать во всех подробностях выбранную трассу трубопроводов и расположение всей системы, обеспечить необходимую информацию для централизованного изготовления и монтажа трубопроводов.

Объем и содержание проектной документации должны соответствовать требованиям Инструкции по разработке проектов и смет для промышленного строительства (СНиП 1.02.01-85), стандартов по выполнению и оформлению рабочих (монтажных) чертежей технологических трубопроводов, а также указаниям проектных отраслевых и специализированных институтов.

Проект технологических трубопроводов на стадии рабочих чертежей выполняется графическим или макетно-модельным методом.

При графическом методе проектирования в состав чертежей внутрицеховых трубопроводов входят:

пояснительная записка к рабочим чертежам: маркировка (экспликация) трубопроводов; план сооружения (с разбивкой на блоки) и вводов трубопроводов; монтажно-технологические схемы, в том числе дополнительные схемы вспомогательных трубопроводов; монтажные чертежи трубопроводов; ведомости трубопроводов по линиям в пределах каждого блока; чертежи креплений трубопроводов; спецификации труб, арматуры и других материалов по блокам.

Блоком считается отдельное сооружение или самостоятельная часть его (цех, отделение, группа аппаратов, наземные и подземные трубопроводы между ними). Граница блока определяется проектной организацией с учетом производства монтажных работ.

Сущность макетно-модельного метода проектирования заключается в том, что на основании уточненного плана расположения оборудования разрабатывается рабочий макет в масштабе 1:25; 1:50 или 1:100, с разбивкой его на блоки и дополняющие макет чертежи трубопроводов.

Модельно-макетный метод проектирования позволяет более рационально расположить и скомпоновать оборудование и трубопроводы, избежать ошибок и тем самым сократить объем работ по переделкам. Одновременно наличие макета позволяет установить рациональную последовательность выполнения монтажных работ и обучить эксплуатационный персонал.

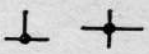
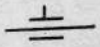
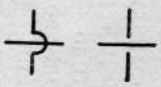
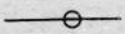
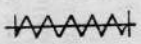
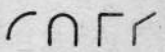
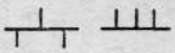
При макетно-модельном методе в состав рабочих чертежей внутрицеховых трубопроводов входят:

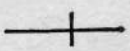
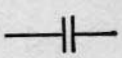
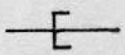
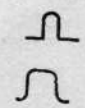
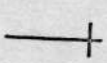
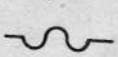
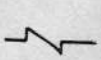
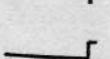
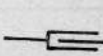
рабочий макет; пояснительная записка к макету; опись проектной документации; монтажно-технологическая схема; установочные чертежи оборудования, упрощенные монтажные чертежи, дополняющие макет опор и подвесок; ведомости трубопроводов с их характеристикой по линиям; спецификации деталей, арматуры, опор и подвесок и других изделий и материалов.

На монтажных и деталировочных чертежах трубопроводов элементы трубопроводов, арматуру, а также контрольно-измерительные приборы условно изображают в соответствии с ГОСТ 2.784—70 и ГОСТ 2.785—70 (табл. 14).

3* Зак. 80

14. Условные графические обозначения элементов трубопроводов и арматуры (по ГОСТ 2.784—70 и ГОСТ 2.785—70)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Трубопровод		Подвеска: неподвижная	
Соединение трубопроводов		направляющая	
Перекрещивание трубопроводов (без соединения)		упругая (пружинная)	
Трубопровод с вертикальным стояком		Детали соединения трубопроводов: тройник	
Трубопровод гибкий		крестовина	
Изолированный участок трубопровода		колено, отвод	
Трубопровод в трубе (футляре)		коллектор, гребенка	
		сильфон	

Разъемные соединения трубопроводов: общее обозначение		Переход: общее обозначение	
фланцевое		фланцевый	
штуцерное резьбовое		штуцерный	
Конец трубопровода с заглушкой: общее обозначение		Компенсатор:	
фланцевый		общее обозначение	
резьбовой		П-образный	
сферический		линзовый	
Конец трубопровода под разъемное соединение: общее обозначение		сильфонный	
фланцевое		Z-образный	
штуцерное резьбовое		сальниковый	

Продолжение табл. 14

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Опора трубопровода: неподвижная		Клапан обратный (невозвратный): проходной	
подвижная		угловой	
направляющая		Клапан дроссельный	
скользящая		Клапан редукционный	
катковая		Задвижка	
шариковая		Кран: проходной	
упругая (пружинная)		угловой	
Вентиль (клапан) запорный: проходной		Кран трехходовой	
угловой		Конденсатоотводчик	
Вентиль (клапан) трехходовой			

Рис. 27. Монтажно-технологическая схема внутрицехового трубопровода

§ 19. Монтажные чертежи трубопроводов

Монтажно-технологическую схему внутрицехового трубопровода (рис. 27) составляют исходя из технологического процесса и проекта завода (цеха, установки). На схеме трубопроводы, их детали и арматуру изображают условными обозначениями, а технологическое оборудование — схематически в масштабе, обеспечивающем необходимую ясность чертежа, и маркируют по системе, принятой в данной проектной организации.

Монтажно-технологическая схема определяет все технологические трубопроводные связи оборудования, установленного в цехах, в том числе подачу энергосредств (воды, пара, холода и т. п.). Она выполняется как совмещенной со схемами контроля и автоматики, так и раздельно.

На схеме показывают оборудование, технологические трубопроводы с отражением последовательности всех отключений в соответствии с монтажными чертежами, запорную и предохранительную арматуру, регулирующие клапаны и обвязку к ним, расположение воздушников и спускников, точки отбора импульсов и установку первичных контрольно-измерительных приборов.

На схеме наносят маркировку линий трубопроводов, обычно цифровую (номер продукта и линии), указывают размер и материал труб и направление движения

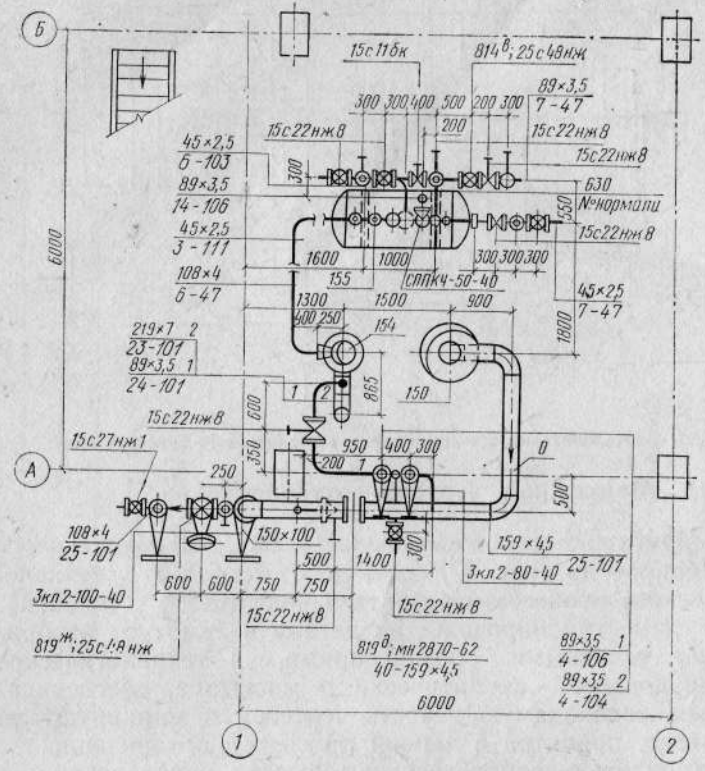


Рис. 28. Монтажный план внутрицехового трубопровода

продукта, марки трубопроводной арматуры и приборов КИП в соответствии с каталожными обозначениями.

Монтажно-технологические схемы при монтаже обычно используют для контроля правильности выполнения работ по подключению установленной арматуры, приборов контроля и автоматики.

При пусконаладочных работах монтажно-технологические схемы являются основным проектным документом.

Монтажные чертежи внутрицеховых трубопроводов содержат планы (рис. 28), продольные и поперечные разрезы (рис. 29) цеха или сооружения, а также местные сечения, которые должны дать полное представление о месте прокладки и положении каждой линии трубопровода в пространстве. На монтажных чертежах

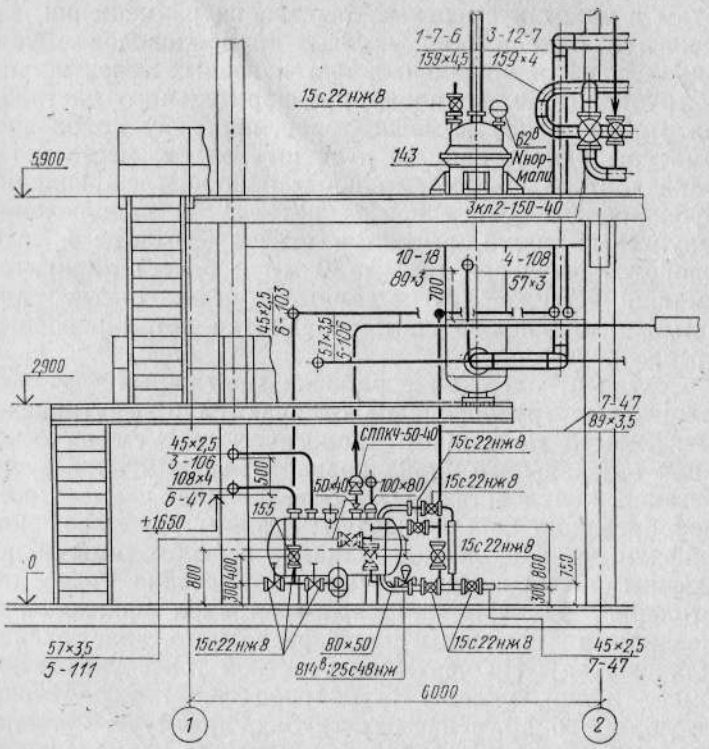


Рис. 29. Монтажный чертеж (разрез) внутрицехового трубопровода

тонкими линиями показывают контуры строительных конструкций зданий и других сооружений, технологического оборудования, а в необходимых случаях — также вентиляционные короба, транспортные и другие устройства, влияющие на расположение трубопроводов.

Все трубопроводы, диаметр которых в принятом в чертежах масштабе равен или больше 3 мм, показывают в две линии, остальные трубопроводы — одной толстой сплошной линией.

В монтажных чертежах должны быть приведены размеры и материал труб и деталей трубопроводов, условные обозначения арматуры и контрольно-измерительных приборов, причем их число должно соответствовать указанному в ведомости трубопроводов по линиям. На монтажных чертежах показывают: привязку трубопроводов к строительным конструкциям или аппа-

ратам в плане и высотные отметки их размещения, величины и направления уклонов трубопроводов с указанием отметок начальных или конечных точек по низу трубопровода, величину предварительного растяжения (или сжатия) компенсаторов, привязку положения арматуры в пространстве и ее штурвалов, места установки контрольно-измерительных приборов и креплений трубопроводов, места врезок деталей и подключения импульсных линий, высотные отметки, вылеты и углы поворотов штуцеров (с $D_y=50$ мм и более) аппаратов и машин, а также другие данные, необходимые для монтажа трубопроводов и разработки деталировочных чертежей.

Состав и содержание рабочих **монтажных чертежей межцеховых трубопроводов** отличаются от внутрицеховых. Вместо монтажно-технологических схем на основании генерального плана разрабатываются план трасс (эстакад, каналов, лотков) и объединенная схема всех трубопроводов. Они включают: планы трубопроводов, профили эстакад, лотков, каналов с необходимыми поперечными сечениями, чертежи пересечения трасс, ответвлений, размеры компенсаторов с их привязкой и указаниями величины предварительного растяжения (или сжатия). На чертежах участков трасс указывают номера линий, уклоны трубопроводов, номера стоек, все данные о применяемых трубах, арматуре, наличии тепловой изоляции и обогрева, а также расположении неподвижных опор. На рис. 30 показан монтажный чертеж пересечения трассы межцехового трубопровода и профиль многоярусной эстакады ферменного типа.

Проектная организация в технической документации на технологические трубопроводы приводит рабочие параметры транспортируемого продукта, указания о виде и параметрах испытаний, требованиях к обработке внутренней поверхности трубопроводов (необходимость промывки, продувки, обезжиривания, травления и т. д.), противокоррозионной и тепловой изоляции и др.

§ 20. Деталировочные чертежи трубопроводов

Независимо от метода проектирования для обеспечения возможности централизованного изготовления узлов технологических трубопроводов и монтажа трубопроводов готовыми узлами разрабатывают деталировочные чертежи трубопроводов (КТД), которые также

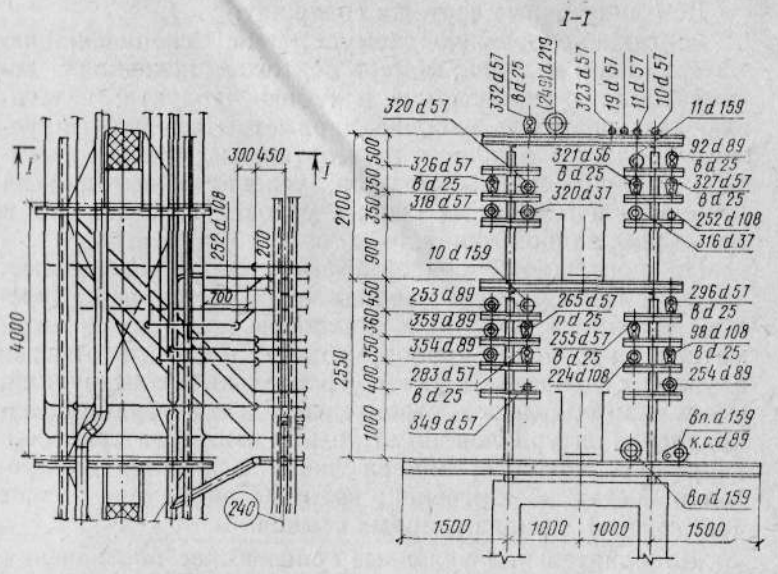


Рис. 30. Монтажный чертеж межцехового трубопровода

являются неотъемлемой частью монтажных чертежей и входят в их состав. Деталировочные чертежи разрабатывают на объект в целом или на отдельную его часть. В таких чертежах не допускаются отступления от монтажных чертежей без согласования их с генеральной проектной организацией.

В организациях Минмонтажспецстроя СССР единые требования к комплектности и выполнению деталировочных чертежей установлены ОСТ 36—15—77.

В комплект деталировочных чертежей входят:

опись текстового и графического материала; пояснительная записка; перечень деталировочных чертежей по отделениям; сводные спецификации материалов и изделий по отделениям; деталировочные чертежи.

Сводные спецификации по отделениям составляют раздельно на трубы, детали трубопроводов, арматуру, крепежные изделия, прокладки, опоры и подвески, группируя их по ГОСТам и видам материалов.

Деталировочные чертежи разрабатывают на каждую линию трубопровода с $D_y=50$ мм и более в пределах отделения в виде аксонометрических схем без масштаба.

Деталировочные чертежи содержат:

монтажно-сборочную схему линий, спецификацию материалов и изделий; номера чертежей исходной документации; наименование и номер продукта; категорию трубопровода; рабочие параметры транспортируемого продукта; разбивку на монтажные узлы (элементы); таблицу сварных стыков; условия испытаний на прочность и плотность; особые условия изготовления и испытания данной линии.

На монтажно-сборочной схеме линии показывают:

габаритные размеры; координирующие размеры (врезок, установки арматуры, приборов контроля и автоматики, креплений трубопроводов); высотные отметки и уклоны, привязки к осям строительных конструкций; места прохода через строительные конструкции; направления штурвалов арматуры и движения транспортируемого продукта; номера линий и позиций аппаратов в местах подключения; границы и номера узлов (элементов); номера сварных стыков.

Дополнительные условные графические обозначения, применяемые в деталировочных чертежах, приведены в табл. 15.

В деталировочных чертежах принято два варианта оформления монтажно-сборочных схем линии.

По первому варианту на схеме (рис. 31) указывается разбивка на элементы трубопроводов, которые сводятся в спецификацию в табличной форме и шифруются. Такая система оформления чертежей исключает необходимость вычерчивать дополнительные эскизы элементов при их изготовлении в трубозаготовительных цехах. Спецификация к схеме содержит шифр элементов и данные по комплектованию линии арматурой, деталями, крепежом и т. д. Условные обозначения (шифр) деталей и элементов трубопроводов приведены в табл. 16 и 17.

Шифр элемента трубопровода состоит из его габаритов и шифра деталей. Например, шифр 1200Г90П57 означает, что элемент имеет общую длину 1200 мм и на его концах приварены с одной стороны отвод с углом изгиба 90°, с другой — концентрический переход с конечным присоединительным наружным диаметром 57 мм.

По второму варианту (рис. 32) на монтажно-сборочной схеме дается цепочка размеров патрубков,

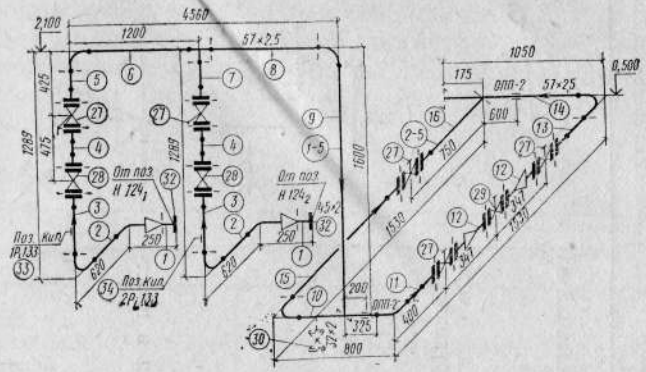


Рис. 31. Монтажно-сборочная схема трубопровода с разбивкой на элементы

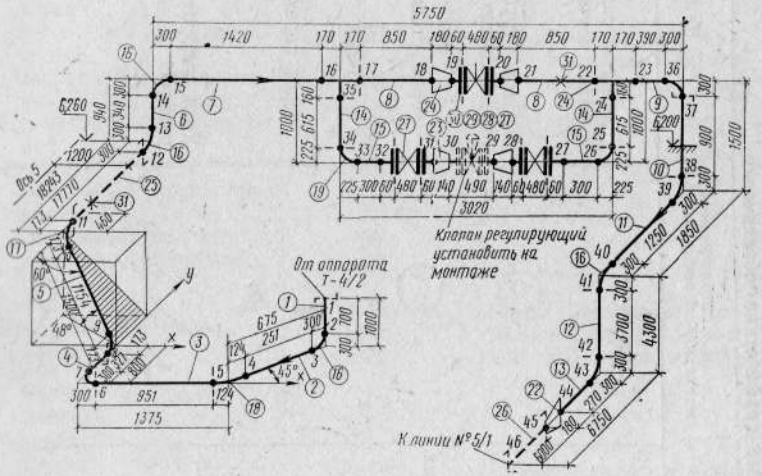


Рис. 32. Монтажно-сборочная схема трубопровода без разбивки на элементы

деталей трубопроводов и арматуры, а в спецификации — перечень изделий с указанием длин патрубков.

Размеры узлов выбирают исходя из условий их транспортирования и монтажа: при размещении трубопроводов внутри зданий и сооружений 1,5×1,5×6 м; при размещении трубопроводов на открытых площадках 1,5×2×6 или 2,5×10 м, в отдельных случаях 4×9 м. Длинные прямые участки трубопроводов (10 м и более) в деталировочных чертежах на узлы не разбивают и

15. Дополнительные условные графические обозначения

Наименование	Условное обозначение на монтажно-сборочной схеме	Наименование	Условное обозначение на монтажно-сборочной схеме
Граница элемента		Линия, не разрабатываемая на данном чертеже	
Позиция элемента	15	Проход трубопровода через строительные конструкции:	
Обозначение узла: *1* — порядковый номер узла *4* — число узлов в линии	1-4	через стенку	
Граница узла		через перекрытие	
Угол поворота линии в плоскости		Угол поворота линия в пространстве	
Устанавливается на монтаже			

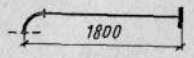
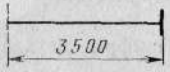
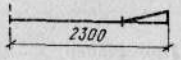
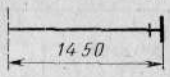
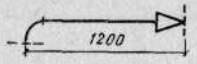
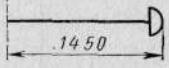
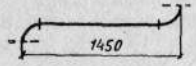
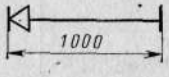
не маркируют. Суммарные длины труб по диаметрам и их общую массу указывают в спецификации.

Для линий трубопроводов диаметром менее 50 мм деталировочные чертежи обычно не разрабатывают, за исключением случаев, когда объект типовой или многократно повторяемый.

16. Условные шифры деталей трубопроводов

Наименование деталей	Шифр	Примечание
Отвод:		
бесшовный	Г90, Г60	Цифры — угол изгиба или поворота отвода, град.
сварной	СГ90, СГ60	
Переход:		
бесшовный концентрический	П57	
бесшовный эксцентрический	ПЭ57	Цифры — конечный присоединительный наружный диаметр перехода, мм
сварной концентрический	СП57	
сварной эксцентрический	СПЭ57	
Тройник:		
бесшовный равнопроходной	Т	
бесшовный переходной	Т89	
сварной равнопроходной	СТ	
	СТ89	Цифры — конечный присоединительный наружный диаметр переходного ответвления, мм
Заглушка (днище):		
эллиптическая бесшовная	Д	
плоская ребристая	Др	
плоская	Дп	
Фланец:		
плоский приварной	Ф, Ф6вс	Цифры — условное давление фланца — 10^5 Па Буквы после цифр — уплотнительная поверхность фланца: гладкая — без букв выступ — вс впадина — вп шип — шип паз — паз под прокладку овального сечения — м под линзовую прокладку — л
приварной встык	Фв10, Фв10вп, Фв16шип, Фв16паз, Фв64м, Фв64л	
свободный на приварном кольце	Фк16	
свободный на отбортованной трубе	Фт6	

17. Примеры условных обозначений элементов трубопроводов в деталировочных чертежах

Схема элемента	Шифр элемента	Схема элемента	Шифр элемента
	1800Г90Ф10		3500Ф10
	2300ПЭ89		1450Фв40вс
	1200Г90П57		1450Д
	1450Г90Г90		1000Ф10П57

ГЛАВА VI. ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ УЗЛОВ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 21. Централизованное изготовление трубопроводов и его эффективность

Централизованное изготовление узлов стальных трубопроводов в трубозаготовительных цехах и мастерских — один из основных этапов индустриализации трубопроводных работ.

При централизованном изготовлении трубопроводов обеспечивается возможность перенести до 60% всех трудозатрат с монтажной площадки в заводские условия: механизировать большинство производственных операций, в том числе наиболее трудоемкие, внедрить высокопроизводительные станки и машины, сборочно-сварочные установки и приспособления; широко применять механическую, механизированную газопламенную и газоэлектрическую резки, полуавтоматические и автоматические способы сварки; механизировать подъемно-транспортные операции; значительно повысить качество изготовления трубопроводов.

Централизованное изготовление трубопроводов позволяет внедрить монтаж готовыми узлами, секциями или блоками и в значительной степени упростить технологию

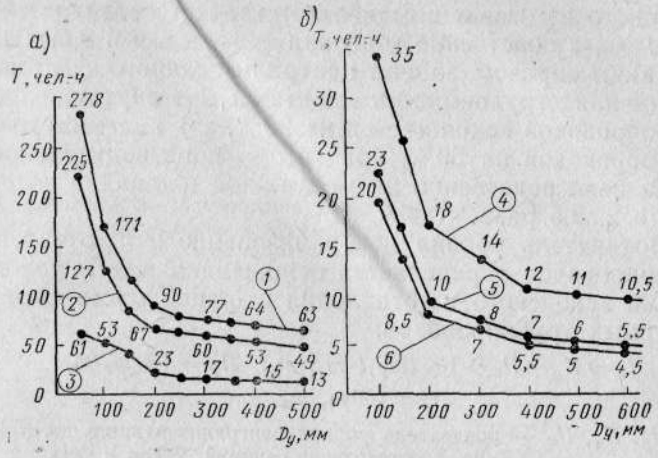


Рис. 33. Сравнительная трудоемкость монтажа 1 т внутрицеховых *а* и межцеховых надземных *б* трубопроводов из углеродистой стали

1, 4 — по месту; *2, 5* — соответственно готовыми узлами или секциями (с учетом трудозатрат на их централизованное изготовление); *3, 6* — соответственно готовыми узлами или секциями (без учета трудозатрат на их централизованное изготовление)

и организацию трубопроводных работ с более широким использованием современных средств механизации. При этом сокращаются общие сроки строительства, так как узлы и секции трубопроводов изготовляются параллельно с общестроительными работами и монтажом технологического оборудования и металлоконструкций. Кроме того, снижается стоимость работ за счет уменьшения трудоемкости изготовления, значительного повышения производительности труда в результате внедрения механизации, уменьшения организованных потерь и ликвидации зависимости производства работ от метеорологических условий, сокращения отходов и потерь материалов, уменьшения расходов на хранение материалов на месте монтажа.

На рис. 33 приведены сравнительные трудоемкости монтажа 1 т внутрицеховых и межцеховых трубопроводов двумя способами, из которых видно, что при монтаже «по месту» внутрицеховых трубопроводов с $D_у = 50...$ ...500 мм средняя трудоемкость $T = 117$ чел.-ч, а при монтаже отдельными трубами межцеховых трубопроводов с $D_у = 100...600$ мм — $T = 18$ чел.-ч.

Трудоемкость монтажа 1 т трубопроводов готовыми узлами и секциями (с учетом трудоемкости их централи-

зованного изготовления) соответственно составляет 87 и 10 чел.-ч, а собственно монтажа — 41 чел.-ч и 8,5 чел.-ч.

Таким образом, за счет централизованного изготовления общая трудоемкость монтажа 1 т внутрицеховых трубопроводов сокращается на 30%, а 1 т межцеховых трубопроводов на 50%, при этом производительность труда непосредственно на монтажной площадке возрастает в 2...2,5 раза.

Показатель уровня централизованного изготовления трубопроводов определяется отношением массы узлов и секций заводского изготовления к общей массе смонтированных трубопроводов:

$$П_ц = П_у + П_с = 100\,(m_у + m_с)/m_т; \quad П_у = 100\,m_у/m_т;$$

$$П_с = 100\,m_с/m_т,$$

где $П_ц$, $П_у$, $П_с$ — показатели уровня централизованного изготовления, соответственно общий, узлов и секций, %;

$m_у$, $m_с$ — масса узлов или секций (без арматуры), изготовляемых на базах или заводах монтажных организаций или получаемых со стороны и поставляемых на монтаж в полной заводской готовности, т;

$m_т$ — масса всех смонтированных трубопроводов (без арматуры), т.

Предельные значения показателя уровня централизованного изготовления трубопроводов зависят от структурного состава технологических трубопроводов, отраслей промышленного строительства, объемов, условий и технического уровня производства строительно-монтажных работ (табл. 18).

18. Предельные значения показателей уровня централизованного изготовления трубопроводов, %

Отрасль промышленности	$П_у$	$П_с$	$П_ц$
Нефтеперерабатывающая	28...32	51...56	79...88
Химическая	28...32	51...56	79...88
Металлургическая	27...30	41...45	68...75
Строительных материалов	32...37	34...40	66...77
Пищевая и легкая	31...40	31...35	62...75

§ 22. Узлы трубопроводов и их характеристика

Конфигурация и размеры узлов характеризуются следующими данными: 82% узлов имеют плоскую конфигурацию и 18% — пространственную; большинство узлов (до 95% по массе) имеет конфигурацию с параллельно-

прямоугольным взаимным расположением осей; развернутая длина большинства узлов (88% по массе) не превышает 3,5...4 м, 6% — 4...6 м и лишь 6% — свыше 6 м; габаритные размеры узлов и развернутая длина не зависят от диаметра трубопровода, а их количественное соотношение соответствует табл. 19.

19. Количественное соотношение узлов трубопроводов в зависимости от условного прохода, %

$D_у$	По массе	По длине	$D_у$	По массе	По длине
До 40	5	29,5	300	6,2	1,4
50	4,1	15,3	350	5,6	1,2
65 и 80	9,3	17,6	400	6,5	1,1
100	8,7	11,6	500	4,3	0,6
125 и 50	14,3	11,1	600	3,3	0,4
200	14,5	5,9	800	2,5	0,2
250	11,7	3,8	1000	2	0,2
			1200 и 1400	1	0,1

Любая конструктивная схема линии трубопровода может быть условно расчленена на отдельные участки трех конфигураций: повороты линии трубопровода обозначаются буквой Г; ответвления линии трубопровода обозначаются буквой Т; прямые участки, соединяющие между собой участки Г- и Т-образной конфигурации, обозначаются буквами Пл. Такая система позволила свести все многообразие конфигураций узлов к 17 унифицированным группам (рис. 34), которые имеют общий характер формообразования и различаются между собой числом и взаимным расположением входящих в них участков типа Г, Т и Пл. Узлы, входящие в каждую группу, могут иметь при одном и том же взаимном расположении указанных участков разный угол их разворота в пространстве.

Условное обозначение каждой группы узлов включает в себя тип конфигурации (буквенное обозначение), их число (цифровое обозначение), а также шифр (последняя цифра через тире), показывающий его исполнение по таблице формообразования, разработанной ВНИИМСС (взаимное расположение участков между собой). Например, обозначение **Г2Т-21** показывает, что узел состоит из двух участков типа Г и одного участка типа Т, а шифр его исполнения соответствует номеру 21.

Узлы каждой группы могут иметь на присоединительных концах детали — фланцы, переходы и заглушки.

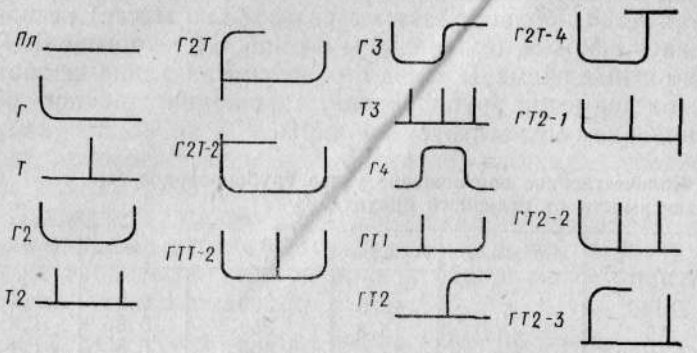


Рис. 34. Унифицированные группы узлов трубопроводов

Анализ показал, что на один из двух присоединительных концов узлов приходится одна деталь. Узлы каждой группы содержат определенное число патрубков и деталей, сварных стыков и присоединительных концов, а также определенное число элементов.

Приведенная система унификации узлов трубопроводов дает возможность разрабатывать пооперационный технологический процесс, специализированное оборудование, а также способствует упорядочению технической и нормативной документации.

§ 23. Технологический процесс централизованного изготовления трубопроводов

Технологический процесс изготовления узлов и секций трубопроводов является частью общего производственного процесса монтажа трубопроводов. Он состоит из совокупности приемов и способов по обработке труб и деталей, выполняемых планомерно и последовательно и устанавливает не только последовательные технологические операции, которые проходит труба, деталь, узел или секция в процессе ее обработки, но и виды оборудования, приспособлений и инструмента, при помощи которых осуществляются эти операции. В состав технологического процесса включают и средства технологического контроля.

Одним из важнейших показателей, характеризующих технико-экономическую эффективность технологического процесса, является: удельный расход сырья, материалов, электроэнергии; количество и качество обрабатываемых изделий; уровень производительности труда; интенсивность процесса обработки и его трудоемкость; затраты на производство; себестоимость обрабатываемых изделий.

Технологический процесс отражают в технологических или маршрутных картах, входящих в состав технологической документации. Весь технологический процесс состоит из технологических операций.

Технологическая операция — обособленная часть процесса, осуществляемая при обработке труб и деталей одним рабочим или группой (бригадой) рабочих либо под наблюдением на одном рабочем месте. Различают операции ручные, ручные-механизированные, машинно-ручные (машинные с ручной подачей), машинные и автоматизированные.

Операция служит основной расчетной единицей для определения производительности и планирования загрузки оборудования, а также технического нормирования процесса производства.

Технологический процесс изготовления узлов трубопроводов включает в себя следующие основные операции с их средней трудоемкостью, %:

очистка и огрунтовка наружной поверхности труб	6
разметка труб	2
резка труб прямая и фасонная	6,3
гибка труб	5
правка концов труб и деталей для сборки под сварку	3
расконсервация и зачистка концов труб и деталей перед сборкой под сварку	4
сборка фасонных деталей под сварку	2
сварка фасонных деталей	2,5
сборка элементов	18
механизированная сварка элементов	15
сборка узлов	14
сварка узлов	13
сборка узлов с арматурой	4
доогрунтовка узлов	1,5
маркировка	3,7

Структурой технологического процесса изготовления узлов трубопроводов предусмотрено преимущественное применение стандартных деталей поставляемых в готовом виде. В связи с этим гибку труб и изготовление фасонных сварных деталей производят только в случае отсутствия готовых стандартных деталей, в частности для

трубопроводов из легированной стали, а также из углеродистой стали с $D_y > 500$ мм.

Сборочно-сварочные операции являются наиболее ответственными в технологическом процессе изготовления узлов и составляют до 70% общей трудоемкости. С целью механизации сборочно-сварочных операций технологическим процессом предусмотрено членение узлов на элементы.

Сначала собирают и сваривают простейшие элементы типа Г и Т со степенью укрупнения 1...2 и затем их укрупняют в более сложные конструкции узлов, в том числе пространственные. Такое разделение операций позволяет сваривать элементы на вращателях и манипуляторах полуавтоматическими и автоматическими способами, т. е. механизировать сварку около 50% общего числа стыков.

Одним из характеристик узлов трубопроводов, определяющих трудоемкость их изготовления и особенно монтажа, является степень заводской готовности, т. е. число входящих в узел элементов типа Г и Т. Для сокращения объема сборочно-сварочных работ, выполненных на монтажной площадке, следует стремиться к увеличению степени заводской готовности узлов, так как при этом до 80% общего числа сварных стыков внутрицеховых трубопроводов собираются и свариваются в условиях производственных баз и заводов и лишь 20% — на монтажной площадке.

Технологический процесс изготовления секций трубопроводов включает в себя следующие основные операции с их средней трудоемкостью, %:

очистка и огрунтовка наружной поверхности труб	4,5
правка и зачистка концов труб под сварку	1,5
сборка и сварка стыков	93,5
маркировка	0,5

Огрунтовку наружной поверхности труб при изготовлении секций производят только для надземных межцеховых трубопроводов, для которых не применяют антикоррозионную защиту, путем нанесения битумных мастик или полимерных пленок. Сборку и сварку секций производят, как правило, из труб торговой длины с обработанными кромками под сварку без предварительного раскроя.

Межоперационный контроль качества узлов и секций осуществляют в течение всего процесса их изготовления.

Готовые узлы и секции проверяют наружным осмотром, а сварные стыки контролируют физическими неразрушающими методами (рентгеноскопия, гамма-дефектоскопия, ультразвук) по нормам, установленным проектом или нормативно-технической документацией. Гидравлическое и пневматическое испытания готовых узлов и секций на прочность и плотность, как правило, не производят, и как они испытываются в составе трубопровода после их монтажа.

Основными видами технологической документации являются: типовые технологические процессы, рабочие технологические процессы, ведомости норм расхода труб, деталей и вспомогательных материалов.

Типовые технологические процессы разрабатывают на изготовление узлов для конкретных производственных условий на основе применения преимущественно стандартных (технологических) средств и оборудования. *Рабочие технологические процессы* составляют на отдельные работы, выполнение которых требует специального оборудования, способов производства и учета особенностей конструкции узла, марки материала, назначения и т. п.

ГЛАВА VII. ОБРАБОТКА СТАЛЬНЫХ ТРУБ И ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 24. Приемка, расконсервация, очистка и огрунтовка труб, деталей и готовых изделий для трубопроводов

Трубы, детали, арматура и другие изделия, предназначенные для изготовления и монтажа трубопроводов, по сортаменту, маркам материалов, допускаемым отклонениям размеров, состоянию наружной и внутренней поверхностей, результатам технологических испытаний, в том числе приведенных по требованию потребителя (заказчика), режимам термообработки, а также механическим свойствам и химическому составу металла должны удовлетворять требованиям, указанным в проекте, стандартах и технических условиях.

Приемку всех материалов и изделий следует производить только при наличии сертификатов, паспортов или других сопроводительных документов. Приемку осуществляют технолог и ОТК производственной базы

или завода, а также работники управлений, отделов или групп производственно-технической комплектации.

При приемке труб и деталей трубопроводов, которую осуществляют визуальным осмотром, проверяют:

наличие маркировки и клейм ОТК завода-поставщика;

размеры наружного диаметра, толщину стенки и овальность на присоединительных концах в перпендикулярных плоскостях;

качество наружной и внутренней поверхности. Поверхность не должна иметь плен, закатов, трещин, глубоких вмятин и рисок и других дефектов;

соответствие указанным в проекте маркам материала, механическим свойствам, химическому составу, технологическим испытаниям и термообработки.

Трубы, детали и другие изделия (кроме арматуры), не имеющие сертификатов или паспортов заводов-изготовителей, а также бывшие в употреблении, могут быть использованы для изготовления и монтажа трубопроводов II категории и ниже при наличии документов об их проверке и испытании на соответствие требованиям проекта, стандартам и техническим условиям.

При приемке трубопроводной арматуры руководствуются ГОСТ 24444—80, при этом проверяют:

наличие документов, подтверждающих проведение заводом-изготовителем испытаний на прочность и плотность;

соответствие маркировки и отличительной окраски ее назначению, материалу. Стальные задвижки независимо от диаметра условного прохода и чугунные с $D_y = 300$ мм и более должны иметь на корпусе заводской номер;

комплектность арматуры (наличие ответных фланцев и других деталей, поставляемых с ней);

исправность шпинделя и плавность его хода, затяжку сальников и легкость хода запорных устройств;

наличие заглушек на проходных отверстиях и уплотнительных поверхностях фланцев и отсутствие повреждений уплотнительных поверхностей;

наличие болтовых отверстий на фланцах арматуры;

отсутствие трещин, корпусов и крышек арматуры.

Арматура, не имеющая паспортов завода-изготовителя и маркировки, не может быть принята и использована для монтажа трубопроводов.

При приемке линзовых, сильфонных и сальниковых компенсаторов проверяют:

комплектность, наличие стяжного устройства (если оно положено), ответных фланцев, прокладок и крепежных деталей (для фланцевых компенсаторов), инструкции и паспорта;

отсутствие механических повреждений на корпусе и стяжных устройствах;

соответствие компенсирующей способности компенсатора паспорту и проекту.

При приемке фланцев, прокладок, опор, подвесок и болтов (шпилек) с гайками особое внимание обращают на отсутствие механических повреждений уплотнительных поверхностей и резьб, а также их комплектность.

Расконсервацию изделий и материалов с нанесенными на их поверхность консервирующими смазками производят одним из следующих способов: промывкой горячей водой (паром) или моющими растворами с пассиваторами и последующей сушкой; нагреванием в ваннах с минеральными маслами при температуре 100... ...120°С с последующей протиркой бязью, смоченной бензином-растворителем или бензином; оплавлением смазки в камерах при температуре 110... 120°С с последующей протиркой бязью, смоченной бензином-растворителем или бензином, а также применение специальных растворителей и моющих растворов. Способ расконсервации в зависимости от типа консервирующих смазок укладывают в производственных инструкциях.

Трубы, детали, узлы и секции стальных (кроме нержавеющих) трубопроводов поставляют на монтажную площадку, как правило, с огрунтованной наружной поверхностью для временной их защиты от коррозии на период хранения, транспортирования и монтажа.

Очистку наружной поверхности выполняют как исходных труб, так и готовых изделий (узлов и деталей), однако во втором случае из-за сложной конфигурации и широкой номенклатуры изделий осуществление механизированного процесса очистки вызывает значительные трудности.

Внутренние поверхности очищают от ржавчины, окалины и окисной пленки только при наличии указаний в проекте. Такую очистку производят после завершения всех работ, связанных с нагревом (горячая гибка, термообработка, сварка и др.). Способы очистки поверхности перед нанесением защитного покрытия разделяют на механические и химические.

К механическим способам относятся: очистка с помощью абразивов (дробеметный и дробеструйный), металлическими щетками и иглофрезами. Наибольшее применение получил способ очистки металлическими щетками.

К химическим способам очистки поверхностей труб, узлов и деталей, применяемым только при нали-

чии указаний в проекте для трубопроводов специального назначения, относятся травление в кислотах и обработка поверхности преобразователем ржавчины типа П1Т. После химической очистки труб и других изделий отверстия закрывают пластмассовыми и деревянными пробками. Концы, имеющие нарезку, перед травлением покрывают бакелитовым или другим кислотоупорным лаком.

Огрунтовку наружной поверхности трубопроводов производят коррозионно-стойкими грунтовками МС-067, ГФ-020 и другими. Гарантированный срок защиты металла труб от атмосферной коррозии такими грунтовками не менее 6 месяцев. Грунтовку наносят на поверхность деталей пульверизатором, безвоздушным распылением, кистью и другими способами. Сжатый воздух, предназначенный для распыления грунтовок, предварительно должен быть очищен в масловлагоотделителе. Рабочее давление воздуха 0,3 ... 0,45 МПа.

Сушку покрытия осуществляют в сушилках конвекционного или терморадиационного типа, а при отсутствии их — в естественных условиях. Очистку и нанесение грунтовки на наружную поверхность труб производят на специальных механизированных линиях, как правило, перед запуском их в производство в трубозаготовительный цех или в монтаж.

На рис. 35 приведена схема механизированной линии для очистки и грунтовки труб с $D_y = 76...720$ мм.

Технологическая последовательность операций на механизированной линии такова: с приемного стеллажа трубы скатываются до упоров отсекателей сбрасывателя, обеспечивающего поштучную подачу труб на роликовый конвейер, роликовые опоры которого установлены под углом, что обеспечивает вращательно-поступательное движение труб. По мере передвижения трубы поступают в печь предварительной сушки, затем в очистную установку, окрасочную камеру. Затем механизм подачи труб обеспечивает их снятие с конвейера после окраски и охлаждения и сбрасывание на концевой стеллаж. Погрузочное устройство укладывает огрунтованные трубы на трубовоз.

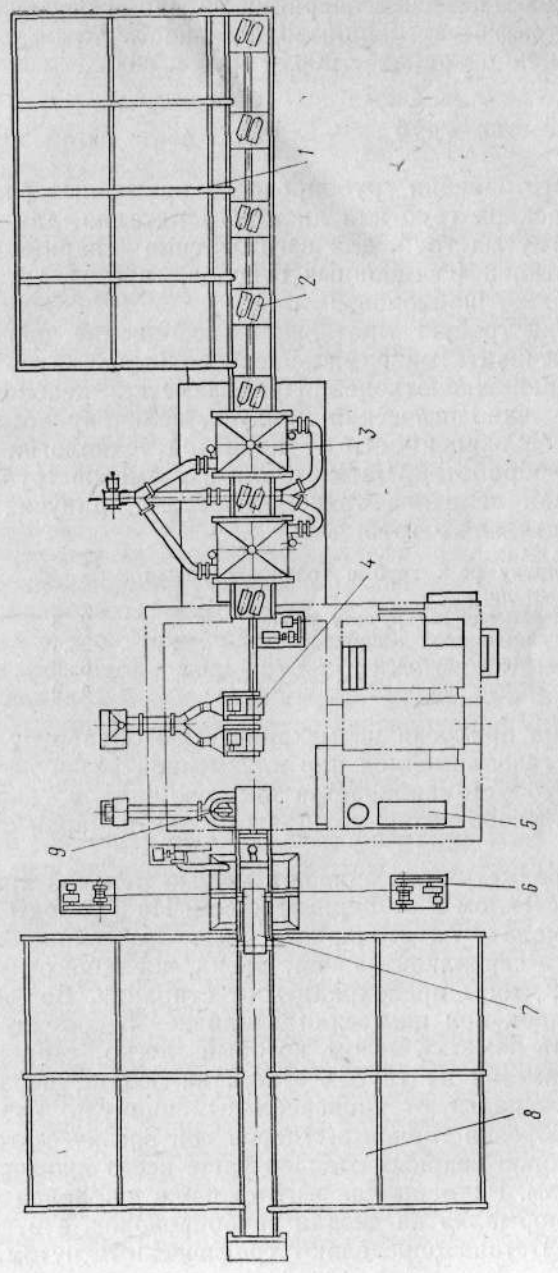


Рис. 35. Схема механизированной линии для огрунтовки труб
1 — приемный стеллаж; *2* — роликовый конвейер; *3* — печь; *4* — очистная установка; *5* — установка окраски; *6* — лебедка; *7* — механизм подачи труб; *8* — концевой стеллаж; *9* — прижимной блок

Все технологические операции на линии осуществляются автоматически. Производительность такой линии при двухсменной работе 7000 т труб в год.

§ 25. Разметка труб

При изготовлении трубопроводов применяют разметку: для раскроя труб или листового металла, для изготовления гнутых труб, для изготовления сварных фасонных деталей (секционных отводов, врезок, переходов), а также шаблонов.

Разметка требует тщательного исполнения, она должна обеспечивать максимальное использование материала и сокращение отходов. При разметке необходимо учитывать технологический припуск, величину которого назначают в зависимости от принятой технологии последующей обработки, марки стали и размеров труб. Рекомендуемая величина технологического припуска при разметке стальных труб, мм:

на ширину реза труб с толщиной стенки 5...25 мм при:	
газопламенной ручной резке	2...3
газопламенной машинной »	3...4
плазменно-дуговой »	6...8
механической »	4...6

Величина припуска на механическую обработку торцов после газопламенной или плазменной резки легированных труб устанавливается инструкциями в зависимости от способа резки, толщины стенки и марки стали труб.

Места разметки окрашивают смесью меловой краски с жидким стеклом и столярным клеем. На 1 л воды берут 120 г мела и 7 г столярного клея. На окрашенной поверхности чертилкой наносят риски, после чего их накернивают, чтобы предохранить от стирания. Во избежание ошибок при нанесении линий не рекомендуется производить наметку мелом, который легко стирается.

Для разметки на трубах отверстий под штуцера ответвлений используют универсальный циркуль. Разметку линий обрезки торцов штуцеров под врезку секторов и полусекторов сварных отводов чаще всего производят по шаблонам. Размеры для изготовления шаблонов указывают в нормалях на детали трубопроводов, а в случае их отсутствия определяют графическим путем. В

условиях трубозаготовительных цехов и мастерских фасонную резку труб стремятся выполнять без разметки с помощью специальных приспособлений и станков.

§ 26. Резка труб, разделка кромок и нарезка резьбы

Резку труб при изготовлении и монтаже трубопроводов выполняют газопламенным, плазменным и механическим способами. Способ резки выбирают в зависимости от марки стали, размеров труб и способа соединений. Концы труб и деталей трубопроводов обрабатывают в соответствии с требованиями ГОСТ 16037 — 80, отраслевых стандартов и нормалей.

Для стыкового сварного соединения труб и деталей с $D_y < 500$ мм из углеродистой стали наибольшее применение получила форма концов (рис. 36) при толщине стенок $s = 2...5$ мм вкл. — без скоса кромок; при $s = 5...20$ мм — со скосом кромок, а для больших толщин — с криволинейным скосом кромок.

Газоплазменный способ резки преимущественно применяют для прямой резки труб с $D_y = 100$ мм и выше, для фасонной резки труб при изготовлении деталей и соединений трубопроводов из углеродистой стали, а плазменный способ — из легированной стали и цветных металлов.

Станки для газопламенной и плазменной резки труб различаются по принципу образования фасонного реза, по числу выполняемых операций к конструктивному исполнению. На рис. 37 показана установка УРТ-630М для газопламенной и плазменной резки прямых отрезков труб с $D_y = 80...600$ мм, секторов сварных отводов и штуцеров переходных ответвлений. Установка имеет механизм, обеспечивающий изменение угла разделки кромок под сварку.

Необходимая траектория перемещения резака достигается на установке применения кривошипно-кулисного механизма *1* и механизма перемещения резака *7*. Использование фрикционного вращателя трубы *3* с прижимным роликом *2* исключает необходимость переналадки при прямой резке труб разных диаметров. Отличительной особенностью данной конструкции является механизация вспомогательных операций, вклю-

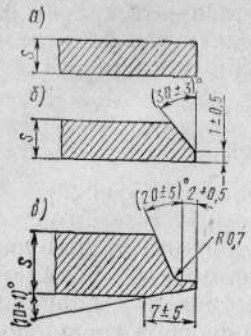


Рис. 36. Форма и размеры подготовки кромок труб и деталей при односторонней сварке
а — без скоса; *б* — со скосом; *в* — с криволинейным скосом

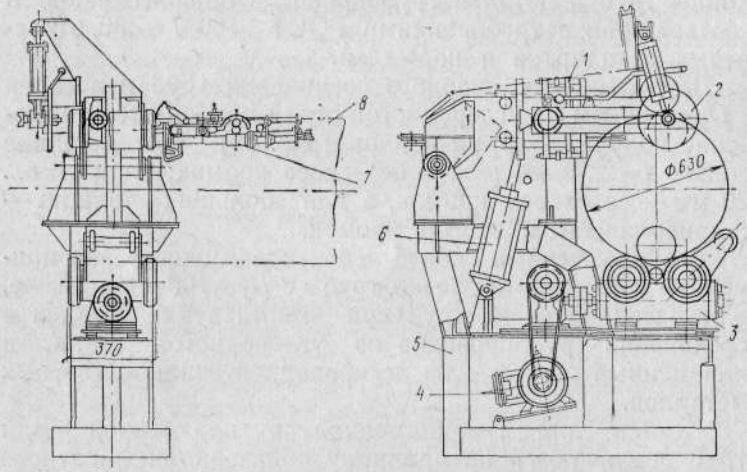


Рис. 37. Установка УРТ-630М для газопламенной и плазменной резки труб
1 — механизм кривошипно-кулисный; *2* — прижимной ролик; *3* — фрикционный вращатель; *4* — электропривод; *5* — станина; *6* — пневмоприжим; *7* — механизм передвижения резака; *8* — труба

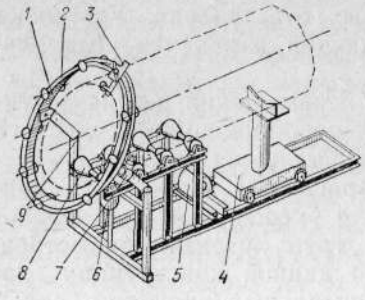


Рис. 38. Установка для резки труб УРТ-1420
1 — неподвижное кольцо; *2* — подвижное кольцо; *3* — резак со следящим устройством; *4* — опорная тележка; *5* — электропривод роликового конвейера; *6* — привод подъема колец; *7* — электропривод вращения кольца; *8* — роликовый конвейер; *9* — каретка подъема колец

чая подачу труб и транспортирование отрезанных патрубков на последующие операции.

Для резки прямых отрезков труб с $D_у = 200...1400$ мм и секторов сварных отводов применяют установку УРТ-1420 (рис. 38). Резка осуществляется путем вращения подвижного кольца *2* с укрепленным на нем резаком *3* со следящим устройством. Косой рез трубы обеспечивается наклоном неподвижного кольца *2*.

Из переносных труборезов для прямой газопламенной резки труб наибольшее применение получили устройства типа МУРТ и ГРВ-3М. Устройства типа МУРТ (рис. 39) разрезают трубы с $D_у = 80...1400$ мм и представляют собой корпус *5*, закрепляемый на разрезаемой трубе *4* пружинным захватом *8*. Перемещение резака *2* вокруг трубы осуществляется вращением рукоятки *6*, связанной цепью *1* с двумя шестернями, находящихся в постоянном зацеплении с разрезным зубчатым венцом *3*. Такие устройства изготовляют четырех типоразмеров.

Труборезы ГРВ-3М разрезают трубы с $D_у = 100...1200$ мм. Они представляют собой четырехколесную каретку, опирающуюся на трубу и закрепляемую двумя велосипедными цепями. Перемещение каретки с резаком вокруг трубы осуществляется вращением рукоятки.

После газопламенной и плазменной резки необходимо производить зачистку поверхности реза с целью удаления грата, снятия дефектного слоя металла на глубину до 5 мм (особенно у труб из высоколегированных сталей), образовавшегося вследствие перегрева металла и выгорания легирующих элементов под действием высоких температур. Кроме того, зачистка требуется для получения требуемого притупления и ликвидации неплоскостности торца. Зачистка производится шлифовальными кругами и армированными абразивными дисками.

Для механической резки труб в трубозаготовительных цехах и мастерских применяют стационарные отрезные и трубонарезные станки различных типов, а также переносные приспособления и устройства. Трудоемкость зачистки и подгонки кромок труб в значительной степени снижается при применении механического способа резки труб резцами или абразивными кругами.

Трубонарезные станки 9Н14С и 1М983 применяют для резки труб диаметром соответственно 30...190 мм и 70...290 мм, разделки кромок под сварку, обточки и рас-

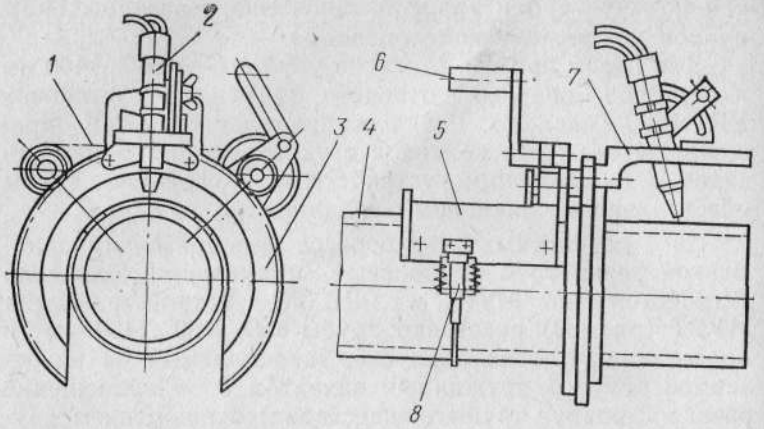


Рис. 39. Устройство для резки труб МУРТ 80-200
1 — цепь; *2* — резак; *3* — зубчатый венец; *4* — разрезаемая труба; *5* — корпус; *6* — рукоятка; *7* — держатель резака; *8* — пружинный захват

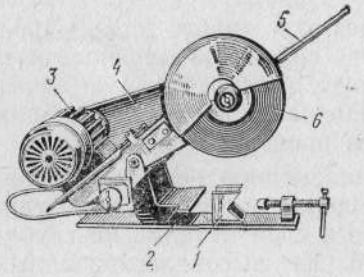


Рис. 40. Маятниковая пила ПМ-300/80
1 — тиски; *2* — стол; *3* — электродвигатель; *4* — качающаяся рама; *5* — рукоятка; *6* — абразивный круг

точки концов труб, а также для нарезки на них резьбы. Особенностью данных станков является наличие двух патронов, расположенных на переднем и заднем конце полого шпинделя, что обеспечивает жесткое соосное закрепление трубы.

Резка труб диаметром 15...57 мм на механизмах СТД-759 производится режущим диском, который, обкатывая трубу, отрезает заготовку. Подача режущего диска на трубу и его возврат осуществляются диафрагменными пневмокамерами.

Резка труб, в особенности из высоколегированной стали и для трубопроводов высокого давления, производится на переносных трубоотрезных станках 2Т-194М, 2Т-299М, 2Т-377М и Т-570М наружным диаметром соответственно 133...194, 219...299, 325...377 и 530...570

мм. На этих станках также обрабатывают концы труб под сварку, протачивают и растачивают концы труб на длину до 50 мм для выравнивания присоединительных размеров по диаметру и толщине стенки.

Станки 2Т имеют разъемную конструкцию корпуса, что позволяет их в процессе монтажа устанавливать на трубопровод в любом месте. Резка труб на данных станках осуществляется вращающейся двухрезцовой планшайбой. Резка труб абразивными армированными кругами производится на высокоскоростных маятниковых пилах ПМ-300/80, ПМ-300/400 и ПМ-500 диаметром соответственно 18...76, 57...133 и 57...159 мм.

Маятниковые пилы (рис. 40) имеют качающуюся раму *4*, на которой установлен абразивный диск *6* с приводом, шарнирно связанную со стойкой стола *2*. Труба при резке закрепляется в тисках *1*, которые могут быть развернуты по отношению к оси трубы, что позволяет выполнять резку под углом.

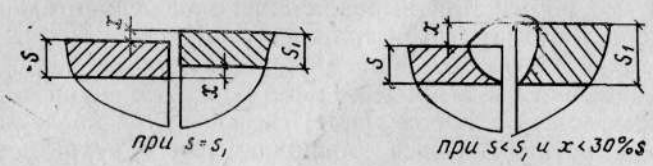
В технологических трубопроводах резьбовые соединения труб и деталей имеют ограниченное применение; их используют главным образом при монтаже водогазопроводных труб, систем маслосмазки, а также трубопроводов высокого давления.

Нарезку резьбы на водогазопроводных трубах и системах маслосмазки производят вручную трубными клуппами и на трубонарезных механизмах ВМС-2а и ПРП-603, а для больших диаметров используют трубонарезные станки 9Н14С и 1М983. Резьбы для соединений трубопроводов высокого давления выполняют по классу точности 2а. Все нитки должны быть полными, чистыми и без срывов, заусенцев и забоин. Проверяют резьбу на трубе предельными резьбовыми калибрами.

§ 27. Правка концов труб и деталей

При сборке стыков трубопроводов под сварку должно быть обеспечено правильное взаимное расположение соединяемых концов труб и деталей, при этом разностенность, т. е. разница толщин стенок и смещение кромок не должны превышать величин, указанных в табл. 20. При $s < s_1$ допускается увеличение внутреннего смещения кромок до половины разности их толщины, но не более чем на 1 мм, а при больших значениях смещение кромок можно устранить за счет плавного скоса кромок

20. Допускаемая разностенность и смещение кромок при сборке поперечных стыков трубопроводов, мм



Трубопроводы	Толщина стенки труб и деталей				
	1 . . . 3	3,5 . . . 6	7 . . . 10	11 . . . 20	свыше 20
Общего назначения на $P_у <$ $<$10 МПа (СНиП 3.05.05-84)	Не должны превышать 35% s, но не более 3 мм				
Для пара и горячей воды, подведомственные Госгортехнадзору СССР	0,2s	0,1s+0,3	0,15s	0,15s+1	0,1s, но не более 3
Для горючих, токсичных и сжиженных газов (ПУГ-69)	Не должны превышать 10% s, но не более 3 мм				

Примечание. Допускаемая разностенность и смещение кромок при сборке продольных стыков трубопроводов не должны превышать 0,15 s, но не более 2 мм.

трубы и детали большей толщины под углом не более 30°. Смещение кромок с наружной стороны при этом допускается до 30% s, но не более 4 мм, при этом плавный переход осуществляется за счет наклонного расположения поверхности сварного шва без обработки кромки.

При x более 30% s, или более 4 мм, с наружной стороны должен быть сделан скос под углом не более 15°. При $s=s_1$, если x больше установленного допуска, производят правку конца трубы (детали), при этом должен быть обеспечен плавный переход от большего диаметра к меньшему под углом не более 15°.

Трубы и детали трубопроводов (особенно с $D_у=200$ мм и более), у которых фактические размеры и форма присоединительных концов не обеспечивают требуемую точность сборки стыка, подвергают правке, а в отдельных случаях производят выборочный подбор по близко-

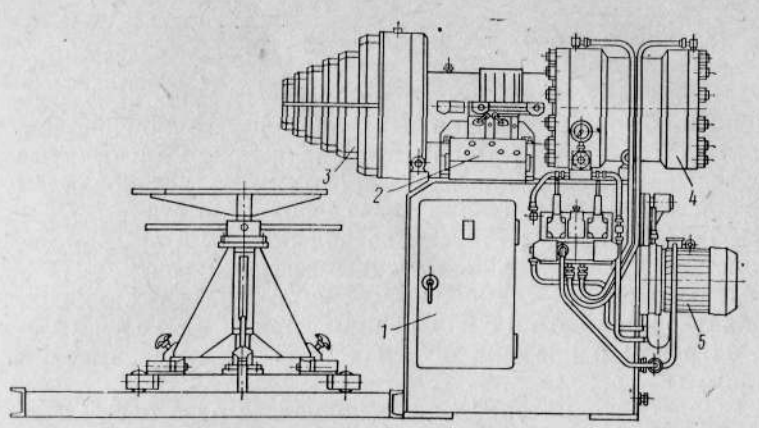


Рис. 41. Установка для правки концов труб и деталей
1 — станина; *2* — пульт управления; *3* — шестикулачковая разжимная оправка; *4* — гидроцилиндр; *5* — электродвигатель

му совпадению диаметров (периметров).

При $D_у<150$ мм требуемая точность концов по внутреннему диаметру может быть достигнута раздачей конусными оправками или подкаткой в горячем состоянии (с нагревом газовыми горелками). При $D_у=200...$ 500 мм правку концов труб производят на установке конструкции ВНИИмонтажспецстроя (рис. 41). Раздачу осуществляют шестикулачковыми шестиступенчатыми оправками *3*, которые разжимаются под действием клина, соединенного со штоком гидроцилиндра *4*. Применение шестиступенчатых оправок обеспечивает без переналадки установки правку практически всего диапазона диаметров труб.

Раздача концов труб и деталей из углеродистой стали и сталей марок 10Г2, 12Х1МФ, 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т в холодном состоянии без последующей термической обработки допускается не более чем на 2,5% по диаметру. Для других марок легированных сталей, а также при большей раздаче необходимость термообработки устанавливается производственными инструкциями. Чтобы устранить овальность концов труб и деталей, пользуются при сборке стыков трубопроводов наружными и внутренними центраторами. После правки концов труб и деталей производят визуальный осмотр наружной и внутренней поверхности с помощью лупы 4...6-кратного увеличения с целью обнаружения надрывов и трещин.

§ 28. Гибка труб

Гибку труб производят преимущественно при изготовлении гнутых отводов и узлов таких трубопроводов, для которых отсутствуют стандартные крутоизогнутые отводы, а именно для трубопроводов: из легированной стали, высокого давления, из углеродистой стали с $D_у < 50$ мм или при радиусах изгиба более 1,5 $D_у$. Применяют следующие основные способы гибки труб:

холодный — гибочным сегментом на двух опорах, обкаткой роликом и с внутренним дорном и горячий — с нагревом в пламенных печах или токами высокой частоты.

При гибке материал труб подвергается с одной стороны растяжению, а с другой — сжатию. В результате растягивающих и сжимающих деформаций толщина стенки выпуклой части трубы уменьшается, а толщина стенки вогнутой части увеличивается. Утонение или утолщение стенки трубы пропорционально радиусу изгиба и может быть вычислено по формуле

$$E = 100\ D_н/(2\ R)$$

где E — относительное утонение (утолщение) стенки трубы, %;
$D_н$ — наружный диаметр трубы, мм;
R — радиус изгиба по оси, мм.

Утонение стенки в зоне изгиба при $R/D_н < 3$ допускается не более 25%, $< 2{,}5$ — не более 27% и < 2 — не более 30%.

Пример. Определить относительное утонение стенки трубы с $D_н = 219$ мм при радиусе гибки $R = 600$ мм:

$$E = 100 \cdot 219/(2 \cdot 600) = 18{,}3\ \%.$$

В процессе гибки, особенно тонкостенных труб, на вогнутой части трубы образуются гофры и волнистость, а по сечению трубы — овальность. Допускаемая высота волн должна быть не более номинальной толщины стенки, но не свыше 10 мм. Расстояние между вершинами соседних волн должно быть не более трех толщин стенок. Допускаемая овальность в зоне изгиба труб с $D_у < 250$ мм не должна превышать 10%; с $D_у = 300...400$ мм — 6...8%.

Радиус изгиба устанавливают нормативным документом или проектом и при гибке труб на трубогибочных случаях производят выборочный подбор по близкому числе с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ) принимают не менее $2\,D_н$.

После окончания холодной гибки на станках освобожденная труба пружинит под действием сил упругих деформаций. Угол, на который пружинит труба, называется углом пружинения. При изгибе на 90° угол пружинения для стальных труб составляет 3...5°. Чтобы получить требуемый угол изгиба трубы, его нужно увеличить при гибке на угол пружинения.

Длину трубы L, мм, необходимую для получения гнутого элемента, определяют по формуле

$$L = 0{,}0175\ R\alpha + l,$$

где R — радиус изгиба трубы, мм;
α — угол изгиба трубы, град.;
l — прямой участок трубы длиной 100...300 мм, необходимый для захвата трубы при гибке (зависит от конструкции оборудования).

Пример. Определить длину гнутого под углом 60° участка трубопровода при радиусе изгиба $R = 400$ мм и $l = 200$ мм.

$$L = 0{,}0175 \cdot 400 \cdot 60 + 200 = 620\ \text{мм}.$$

Способ холодной гибки гибочным сегментом на двух опорах применяют для труб с $D_у < 125$ мм.

Гидравлические станки (рис. 42) выпускают с ручным насосом ТГР-20 и ТГР-50 для гибки труб диаметром соответственно $D_у < 20$ и с < 50 и с электроприводом ТГС-127 для труб с $D_у = 65 \ldots 125$ мм.

В проушинах корпуса *3* сделаны отверстия, в которые устанавливают поворотные опоры *6*. На конец штока *4* насаживают гибочный сегмент *5*. Трубу укладывают на две опоры и подачей сегмента изгибают. Трубогибы снабжены комплектом сменных гибочных сегментов и опор для каждого диаметра и труб.

Способ холодной гибки обкаткой роликом (рис. 43, *а*) применяют с $D_у < 32$ мм.

Труба *1* жестко прикрепляется скобой *2* к неподвижному гибочному диску *3*, а обкатывающий ролик *4* перемещается по дуге вокруг гибочного диска и изгибает трубу. Для получения качественного гиба радиусы ручьев гибочного диска и обкатывающего ролика должны точно соответствовать наружному диаметру изгибаемой трубы. Этим способом изгибают трубы на ручных одноручьевых трубогибочных станках типа СТВ-1/2″, СТВ-3/4″, СТВ-1″ и четырехручьевом трубогибочном механизме ВМС-23В с электромеханическим приводом.

Холодную гибку с внутренним дорном (рис. 43, *б*)

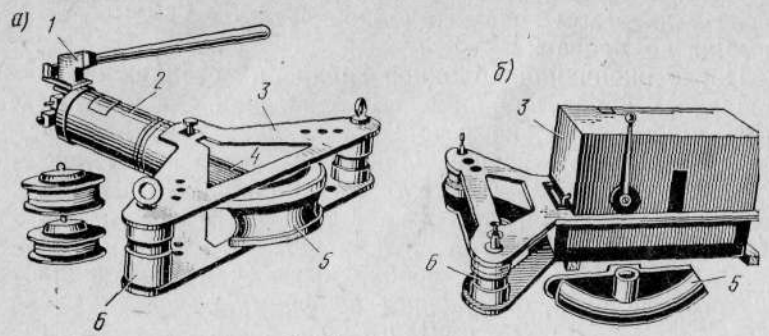


Рис. 42. Гидравлические трубогибочные станки

а — переносной с ручным приводом ТРГ-50; *б* — стационарный с электроприводом ТГС-127; *1* — ручной насос; *2* — цилиндр; *3* — корпус; *4* — шток цилиндра; *5* — гибочный сегмент; *6* — поворотная опора

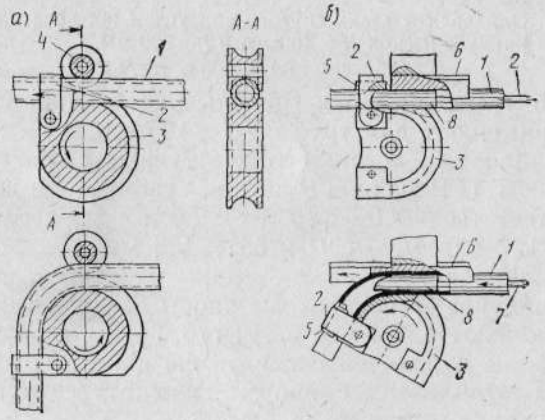


Рис. 43. Схемы гибки труб в холодном состоянии в двух положениях

а — обкаткой роликом; *б* — с внутренним дорном; *1* — изгибаемая труба; *2* — скоба; *3* — гибочный диск; *4* — обкатывающий ролик; *5* — вкладыш; *6* — ползун; *7* — штанга; *8* — внутренний дорн

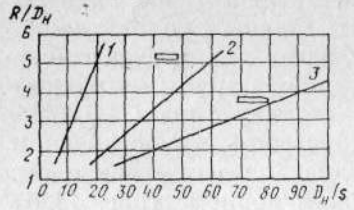


Рис. 44. Определение формы внутреннего дорна

1 — граница возможности гибки труб без дорна; *2* — то же, с применением шарообразного дорна; *3* — то же, с применением ложкообразного дорна

особенно широко применяют для тонкостенных труб с $D_у = 32 \ldots 250$ мм. Внутренний дорн, который располагается в месте изгиба, предохраняет трубу от овальности и образования гофр. Станок работает следующим образом: трубу *1* надевают на штангу *7* с внутренним дорном *8*, конец трубы зажимают между гибочным диском *3*, имеющим полукольцевую выточку (ручей), и вкладышем *5* с такой же полукольцевой выточкой с помощью скобы *2*. Труба прижимается к гибочному диску вкладышем и прочно удерживается в ручье, правильное положение трубы относительно гибочного диска обеспечивает ползун *6*. В процессе гибки диск, поворачиваясь, увлекает за собой трубу, стаскивая ее с внутреннего дорна *8*, и труба, прижатая к ползуну за счет силы трения, продвигает его вперед.

По конструкции внутренние дорны бывают ложкообразными и шарообразными. Выбор формы дорна и определение возможности гибки без него производятся в зависимости от радиуса изгиба R, наружного диаметра трубы $D_н$ и толщины стенки трубы s по графику, приведенному на рис. 44. Трубы, предназначенные для холодной гибки, предварительно продувают сжатым воздухом внутри и протирают снаружи. При применении дорнов внутреннюю поверхность труб дополнительно смазывают маслом или мыльной эмульсией.

Трубогибочные станки для гибки с применением внутренних дорнов СТГ-2, ГСТМ-21, ТГМ 38-159 имеют комплект сменной оснастки; гибочный диск, дорн-вкладыш и ползун. Недостатком гибки труб в холодном состоянии является овализация сечения в месте изгиба, возможность образования складок, ограничение радиусов изгиба, необходимость большого числа сменной оснастки и значительные затраты вспомогательного времени на переоснастку станков.

Способ горячей гибки с нагревом в пламенных печах или горнах требует предварительной набивки труб песком, изготовления гибочных шаблонов и использования лебедок. Этот способ имеет низкую производительность, высокую трудоемкость и, как следствие, применяется очень ограниченно, только при отсутствии специального трубогибочного оборудования.

Способ гибки с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ) широко применяют для труб с $D_у < 500$ мм.

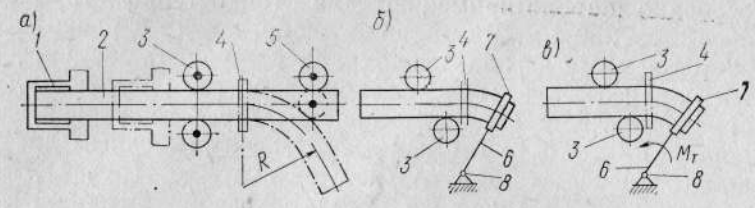


Рис. 45. Схемы гибки труб с нагревом токами высокой частоты
а — с отклоняющим роликом; *б* — с водилом; *в* — с подсадкой; *1* — зажим; *2* — изгибаемая труба; *3* — направляющие ролики; *4* — кольцевой индуктор; *5* — отклоняющий ролик; *6* — рычаг; *7* — хомут; *8* — ось

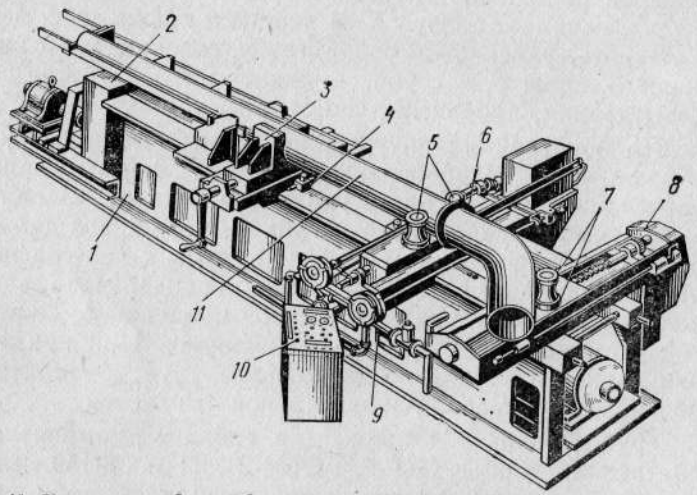


Рис. 46. Станок для гибки труб с нагревом ТВЧ типа ТГУ-325
1 — станина; *2* — механизм продольной подачи; *3* — каретка зажима; *4* — поддержка; *5* — направляющие ролики; *6* — индуктор; *7* — отклоняющий ролик; *8* — механизм поперечной подачи; *9* — система охлаждения; *10* — пульт управления; *11* — изгибаемая труба

Сущность этого способа заключается в непрерывно-последовательном зональном изгибе небольшого участка трубы, нагреваемого в кольцевом индукторе под действием быстропеременного электромагнитного поля, создаваемого токами высокой частоты. Для обеспечения прогрева только на заданной длине труба охлаждается водой за пределами разогреваемого участка. При таком нагреве труба деформируется только в зоне разогретого кольца и тем самым ограничивается возможность овализации сечения трубы и образования гофр.

Существуют три схемы гибки труб с нагревом ТВЧ: с отклоняющим роликом, с водилом и с «подсадкой».

При гибке с о т к л о н я ю щ и м р о л и к о м (рис. 45, *а*) трубу *2* устанавливают между направляющими роликами *3* и закрепляют в зажимах *1*, которым сообщается продольное перемещение. При прохождении через кольцевой индуктор *4* участки трубы последовательно нагреваются до 800 ... 1000°С. Передний конец трубы упирается в отклоняющий ролик *5*, имеющий поперечную подачу, и под его действием происходит зональный изгиб.

При гибке на станках с в о д и л о м (рис. 45, *б*) передний конец трубы закреплен хомутом *7*, соединенным с рычагом *6*, который свободно поворачивается вокруг неподвижной оси *8*.

При гибке с «п о д с а д к о й» (рис. 45, *в*) к рычагу *6* прикладывают тормозной момент $M_т$, вызывающий деформацию осевого сжатия в зоне изгиба, и тем самым снижают возможность утонения стенки на внешней стороне изгиба при сравнительно малых радиусах изгиба $R \leqslant 2 D_н$.

Кольцевые индукторы имеют две камеры, охлаждаемый токопровод и спрейерное устройство для подачи воды или воздуха для охлаждения трубы за зоной нагрева. Конструкция индуктора обеспечивает зону нагрева трубы шириной (1,5 ... 2,5) *s* и охлаждение трубы на выходе из зоны нагрева до температуры 200 °С. Радиус и угол изгиба труб контролируются по показаниям радиусоугломера, а при его отсутствии — по шаблону.

Температура при гибке труб с нагревом ТВЧ должна быть, °С:

Ст2, Ст3, 10, 20, 10Г2, 20Х3МВФ, 18Х3МВ, 15ХМ, 18ХГ, 30ХМА, 12Х1ФМ	850...950
15Х5, 15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х5МА	900...950
12Х18Н10Т	1000...1100
10Х17Н13М2Т, 06Х17Н15М3Т	1100...1200

Контроль за температурой нагрева при гибке производят при помощи оптических или фотоэлектрических пирометров, а также по электрическим параметрам: мощности, напряжению и силе тока генератора. Связь между электрическим режимом и температурой нагрева (при заданной скорости продольной подачи трубы) определяют в процессе настройки.

Скорость поперечной подачи нажимного ролика принимают равной 0,7 ... 1 скорости продольной подачи и

регулируют в процессе гибки по показаниям радиусоугломера.

Для гибки труб с наружным диаметром 89...325 мм применяют станок ТГУ-325, а с наружным диаметром 219...530 мм — МГТ-1. Станок ТГУ-325 (рис. 46) с отклоняющим роликом *7* имеет винтовые механизмы продольной *2* и поперечной *8* подач. Обслуживает станок один рабочий с общего пульта управления *10*. Преимуществами гибки труб с нагревом ТВЧ являются возможность гибки элементов и узлов трубопроводов плоской и пространственной конфигурации, что позволяет сократить число сварных швов; большой диапазон изгибаемых труб по диаметру и толщине стенки, возможность гибки труб различного радиуса изгиба. Недостатками данного способа являются невысокая точность гнутых изделий, высокая трудоемкость, сложная настройка станка на заданные режимы, большая стоимость комплекта оборудования и его эксплуатации, а также большое потребление электроэнергии и воды.

При гибке прямошовных электросварных и водогазопроводных труб продольные швы следует располагать в зоне наименьших деформаций (на боковых поверхностях изгиба).

§ 29. Раздача, обжатие, отбортовка концов труб и вытяжка ответвлений

Раздачу и обжатие концов труб выполняют с целью увеличения или уменьшения диаметра труб. Это требуется для соединения труб с различными диаметрами, когда отсутствуют стандартные переходы, а также в случаях получения соединений враструб или под подкладное кольцо (рис. 47, *а, б*). Раздача и обжатие концов труб могут выполняться в холодном или горячем состоянии за один или несколько переходов в зависимости от степени относительной деформации конца трубы (табл. 21), измеряемой в % $D_н$.

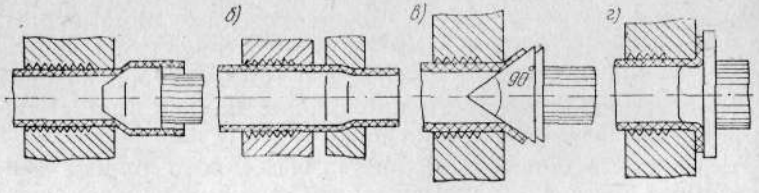


Рис. 47. Схемы выполнения раздачи *а*, отжима *б* и отбортовки *в* на концах труб

Отбортовку концов труб производят с целью получения соединения на свободных фланцах. Такие соединения преимущественно применяют при изготовлении гуммированных трубопроводов, а также трубопроводов из легированной и высоколегированной стали. Отбортовку концов труб производят в два перехода (рис. 47,*в*): вначале раздают коническим пуансоном с углом при вершине 90°С, а затем отбортовывают пуансоном с плоской поверхностью и калибрующей пробкой.

21. Максимально допустимая раздача или обжатие концов труб в холодном состоянии, %

Операция	Углеродистая, низколегированная сталь	Высоколегированная сталь
Раздача	20	25
Обжатие при $S/D_н$:		
до 0,03	50	
до 0,05	60	30
св. 0,05	70	

Примечание. Трубы из высоколегированной стали подвергать раздаче или обжиму в горячем состоянии не рекомендуется.

Температура нагрева труб при деформациях в горячем состоянии, а также режимы термообработки принимают такими же, как при гибке труб. Нагрев может осуществляться индукционным способом, пламенем горелок, в пламенных печах или горнах.

Внутреннюю поверхность концов труб перед раздачей и отбортовкой и наружную перед обжимом смазывают машинным маслом.

Вытяжку ответвления (рис. 48) выполняют с целью получения в трубе бесшовного сопряжения вместо сварного соединения врезкой, что обеспечивает более высокую надежность и качество соединения. Такие соединения производят при отношении наружных диаметров ответвлений и труб не более 0,7.

Для вытяжки ответвлений в трубе предварительно сверлением, фрезерованием или газовым резаком вырезают отверстие. Для получениня равновысокого ответвления отверстие рекомендуется делать овальной или эллипсной формы. Размеры отверстия в зависимости от диаметров ответвлений и труб подбирают опытным путем. Ответвление должно быть расположено симметрично оси трубы и иметь плавный переход радиусом R не менее толщины стенки трубы. Высота горловины пос-

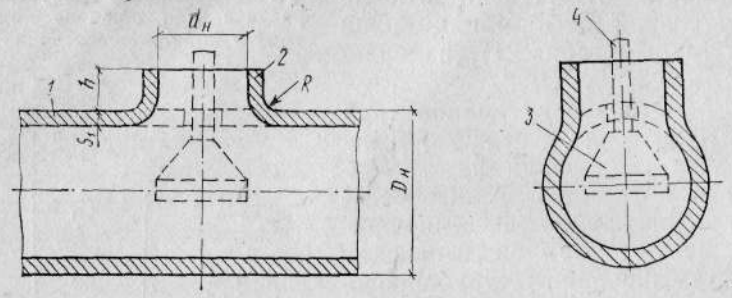


Рис. 48. Вытяжка ответвлений в трубах
1 — труба; *2* — ответвление; *3* — пуансон; *4* — шток

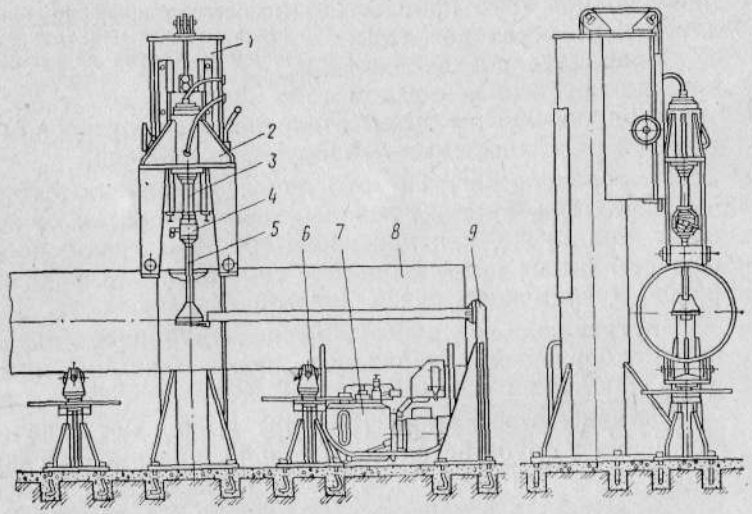


Рис. 49. Установка для вытяжки ответвлений в трубах
1 — станина; *2* — ползун; *3* — гидроцилиндр; *4* — быстроразъемный патрон; *5* — шток с пуансоном; *6* — стойка; *7* — гидростанция; *8* — труба; *9* — опора

ле механической обработки должна быть не менее $h = R + s/2$.

Перед вытяжкой ответвления участок трубы вокруг отверстия (площадь круга диаметром, равным 1,5 диаметра ответвления) нагревают газовыми горелками. Температура нагрева и термообработка аналогичны этим процессам при гибке труб.

Вытяжку ответвления производят пуансоном *3*, вставляемым предварительно в трубу с торца. Пуансон

вытягивается с помощью штока *4*, который соединяется при помощи шпонки или на резьбе. В процессе вытяжки производят подогрев зоны деформации.

Перед отбортовкой на поверхность пуансона наносят смазку, состоящую из смеси, % по массе: графита — 40, солидола — 40 и индустриального масла — 20.

Вытяжку ответвлений с $D_у < 50$ мм в трубах с $D_у < 100$ мм производят винтовыми приспособлениями, а ответвлений с $D_у = 50 \ldots 150$ мм в трубах с $D_у = 65 \ldots 500$ мм — на установках ОТ150/500 (рис. 49).

Установка включает в себя станину *1*, на которой по направляющим перемещается ползун *2*. В ползуне размещен гидроцилиндр *3*, соединенный с гидростанцией *7* гибкими рукавами. На нижней опорной плоскости ползуна устанавливаются опоры с призмами. На штоке гидроцилиндра имеется быстроразъемный патрон *4*, в котором зажимается сменный инструмент *5* для отбортовки штуцеров ответвлений, состоящий из штанг и пуансонов. Перед отбортовкой пуансон устанавливается на кронштейне опоры *9*. Труба-заготовка *8* располагается на стойках *6*, регулируемых по высоте в зависимости от наружного диаметра трубы.

ГЛАВА VIII. СБОРКА И СВАРКА СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 30. Сборка элементов, узлов и деталей трубопроводов

Сборку элементов и узлов трубопроводов производят в соответствии с деталировочными чертежами проекта. Все отклонения от проекта, возникающие в процессе сборки (замена материала, типов труб, деталей и арматуры), согласовывают с проектной организацией. Сборку под сварку производят на прихватках. Прихватки представляют собой короткие сварные швы, которые располагают равномерно по периметру стыка. Число и длина прихваток зависят от диаметра трубопровода и должны обеспечить жесткость собранного элемента или узла в процессе сварки. При диаметре трубы до 300 мм рекомендуется делать три прихватки, свыше 300 мм — не менее четырех. Высота прихватки должна соответствовать высоте первого слоя шва, длина — быть не более 40 мм.

Прихватки являются составной частью сварного шва и должны выполняться теми же сварочными материалами, которые предназначены для сварки стыков трубопроводов. Качество прихватки проверяют внешним осмотром. Некачественные прихватки должны быть удалены абразивным кругом или вырублены. Перед сваркой прихватки необходимо зачистить до металлического блеска. При наложении первого слоя сварного шва прихватки должны быть полностью проварены.

Независимо от способа сварки соединяемые концы труб и деталей перед сборкой и сваркой должны быть очищены от загрязнений, ржавчины и окислов по кромкам и прилегающей к ним наружной и внутренней поверхности на ширину 10...15 мм. Зачистку концов труб и деталей производят вручную металлическими щетками, абразивными кругами или при помощи специальных приспособлений и установок.

В условиях трубозаготовительных цехов и заводов элементы и узлы собирают на специальных стендах, оборудованных приспособлениями для установки деталей, их закрепления и фиксации в заданном положении. Так как собираемые детали и трубы могут иметь отклонения по размерам и форме, конструкции сборочных стендов и приспособлений должны позволять равномерно распределять по периметру стыка смещение кромок и зазоры.

Проверку смещения наружных кромок производят наложением контрольной линейки. Отклонения габаритных размеров элементов и узлов трубопроводов от проектных не должны превышать ±3 мм на каждый метр, при этом общее отклонение не должно превышать ±10 мм на всю длину. Допускаемое отклонение от прямолинейности собираемых элементов и узлов, измеренное на расстоянии 200 мм в обе стороны от стыка, не должно превышать 0,5 мм. Замеры производят линейкой в 3—4 точках по окружности трубы.

Неперпендикулярность торцов элементов и узлов к оси не должна превышать допускаемых размеров:

Замер отклонения от перпендикулярности торцов элементов и узлов к оси производится наложением угольника или приспособления на базовую поверхность трубы длиной не менее 100 мм.

Наружный диаметр $D_н$, мм	До 133	159 ..219	273...325	377...630	Св. 630
Неперпендикулярность оси трубы, мм	1	2	2,5	3	5

При сборке стыков трубопроводов диаметром от 100 мм и более из прямошовных электросварных труб или деталей их продольные швы могут быть смещены один относительно другого не менее чем на 100 мм, а диаметром менее 100 мм — на $^1/_3$ длины окружности. В одельных случаях при двусторонних продольных швах допускается их расположение по одной оси при условии контроля мест пересечения продольных швов с поперечным швом неразрушающими методами дефектоскопии.

Вварка штуцеров, бобышек и других деталей в сварные швы, а также в гнутые детали трубопроводов (в места изгиба) не допускается. В порядке исключения в месте изгиба трубы может быть допущена вварка только одного штуцера (трубы) с внутренним диаметром не более 20 мм.

Для поперечных стыковых сварных соединений, не подлежащих ультразвуковому контролю или местной термической обработке, расстояние между осями соседних сварных швов на прямых участках трубопровода должно быть не менее 100 мм, а для газопроводов IV и V категории не менее 50 мм независимо от диаметра трубопровода. Расстояние от оси сварного шва до начала закругления (при расположении сварных соединений вблизи гибов) должно быть не менее 100 мм.

Для поперечных стыковых соединений, подлежащих ультразвуковому контролю или местной термической обработке, длина свободного прямого участка трубы (элемента) в каждую сторону от оси шва (до ближайших приварных деталей, начала гиба, оси соседнего поперечного шва и т. д.) должна быть не менее 100 мм.

При установке крутоизогнутых бесшовных и штампосварных отводов допускается располагать поперечные сварные соединения у начала закругления, и сварку их между собой производить без прямого участка.

В трубопроводах, по которым транспортируют пар и горячую воду, подконтрольных Госгортехнадзору СССР, при угловых или тавровых сварных соединениях труб и штуцеров с элементами расстояние от наружной

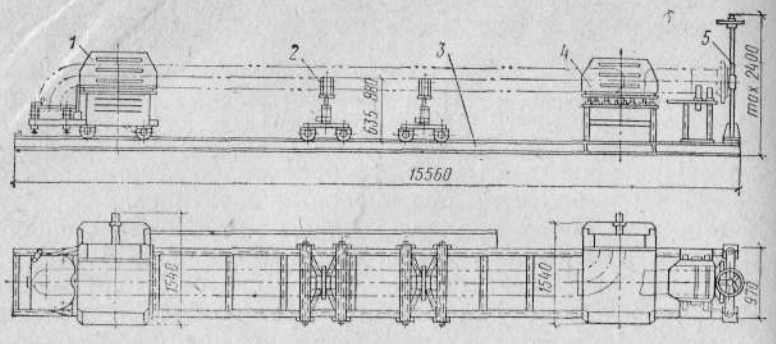


Рис. 50. Стенд для сборки элементов трубопровода с D_y =80...500 мм
1 — стол самоходный с приспособлением для сборки труб с отводами; *2* — подвижная роликовая опора; *3* — рама; *4* — стол поворотный; *5* — приспособление для сборки труб с фланцами

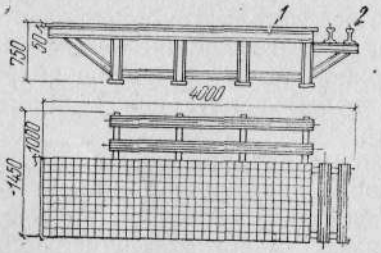


Рис. 51. Стол для сборки элементов и узлов с D_y =200...500 мм
1 — опорная плита с координатной сеткой; *2* — двутавровые балки

поверхности элемента до начала гиба или до оси поперечного сварного шва должно составлять: для труб (штуцеров) с $D_н < 100$ мм — не менее $D_н$, но не менее 50 мм, а с $D_н > 100$ мм — не менее 100 мм.

На рис. 50 показан стенд для сборки элементов трубопроводов с $D_y = 80...500$ мм. Стенд представляет собой раму *3*, на которой расположен поворотный стол *4*, и приспособление для сборки труб с фланцами *5*. На направляющих рамы установлены подвижные роликовые опоры *2* для установки труб с отводами *1*. Приспособление для сборки труб с отводами имеет подъемную площадку, на которую отвод устанавливают вертикально на один из торцов. Масса стенда 2315 кг. Габаритные размеры 15560×1540×2400 мм.

Элементы и узлы трубопроводов с $D_y = 200...500$ мм собирают также на столах, имеющих толстую опорную плиту (40...60 мм), на которой нанесена координатная сетка с отверстиями для установки призм, упоров и других сборочных приспособлений. Сборочные столы

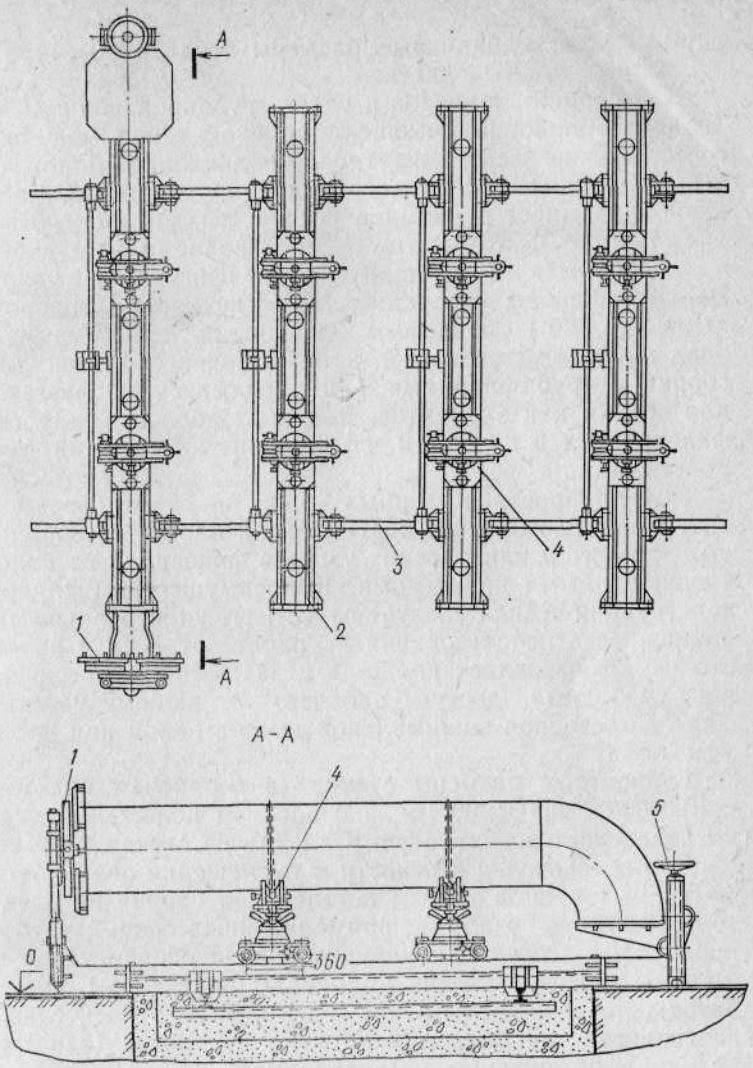


Рис. 52. Стенд для сборки элементов и узлов трубопроводов с D_y =50...500 мм
1 — приспособление для сборки труб с фланцами; *2* — подвижная балка; *3* — рельсовые направляющие; *4* — каретка с выдвижными призмами и зажимами; *5* — стол для сборки труб с отводами

(рис. 51) позволяют выполнять в процессе сборки подгоночные работы, связанные с подбивкой кромок труб и деталей, для чего с двух сторон установлены двутав-

ровые балки. Габаритные размеры стола 4000×1450××750 мм, масса 2000 кг.

Для сборки элементов и узлов трубопроводов с $D_y <$ < 500 мм широкое применение получил стенд (рис. 52), состоящий из нескольких (до 4) подвижных балок *2*, перемещающихся по рельсовым направляющим *3*. Каждая балка имеет тормозное устройство, которое позволяет жестко фиксировать их положение между собой в зависимости от габаритов и конфигурации узлов. Балки оснащены каретками *4* с выдвижными поворотными (до 360°) призмами и цепными прижимами, а одна из балок имеет по краям приспособления для сборки с труб фланцами *1* и отводами *5* и используется для сборки как элементов, так и узлов. Все каретки фиксируются в заданном положении тормозными устройствами.

Сборка пространственных узлов на стенде достигается путем разворота в вертикальной плоскости собранных элементов или плоских узлов с фиксацией их положения цепными прижимами. К преимуществам данной конструкции стенда следует отнести его универсальность, возможность использования в работе от 1 до 4 балок что не загромождает площадь цеха, а также обеспечивает свободный доступ рабочего к любому участку сборки благодаря минимальной высоте балок над уровнем пола.

Габаритные размеры стенда (в нерабочем положении) 1800×4050×900 мм, а в рабочем положении длина определяется размерами узла. Масса стенда 2385 кг.

Для обеспечения соосности и уменьшения овальности стыкуемых концов труб и деталей при сборке на электроприхватках узлов и прямолинейных секций трубопроводов, а также при укрупнительной сборке узлов в блоки и секций в плетни применяют центраторы. Центраторы в зависимости от размещения относительно поверхности трубы разделяются на наружные (охватывающие) и внутренние (распорные).

Наружные центраторы получили наиболее широкое распространение и по конструкции делятся на балочные (с одним шарниром) и безмоментные (многозвенные, цепные).

Балочный наружный центратор (рис. 53) состоит из двух пар шарнирно соединенных полуколец *1*, сменных роликов *2* и эксцентрикового замка *3*. При сборке центраторы раскрывают и устанавливают на обоих концах стыкуемых труб. Наружные центраторы изготовляют на каждый диаметр труб в диапазоне 108...530 мм.

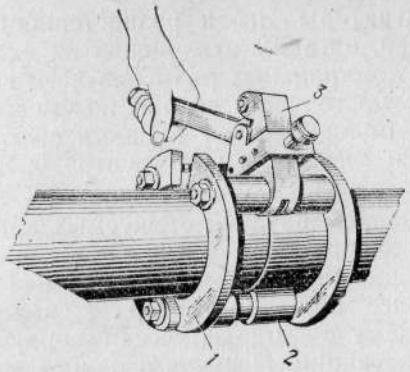


Рис. 53. Наружный балочный центратор

1 — полукольцо; *2* — сменный ролик; *3* — эксцентриковый замок

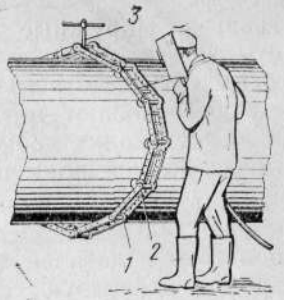


Рис. 54. Наружный универсальный центратор типа ЦНУ

1 — звено; *2* — нажимной ролик; *3* — винт

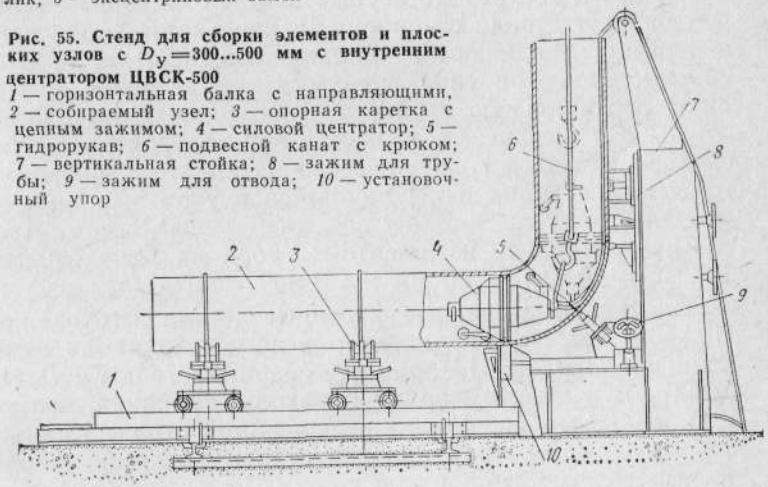


Рис. 55. Стенд для сборки элементов и плоских узлов с D_y=300...500 мм с внутренним центратором ЦВСК-500

1 — горизонтальная балка с направляющими, *2* — собираемый узел; *3* — опорная каретка с цепным зажимом; *4* — силовой центратор; *5* — гидрорукав; *6* — подвесной канат с крюком; *7* — вертикальная стойка; *8* — зажим для трубы; *9* — зажим для отвода; *10* — установочный упор

Универсальность конструкции при переходе с одного диаметра труб на другой достигается изменением числа

звеньев. Наружные центраторы из-за разностенности стыкуемых труб и деталей, а также отклонения их диаметров (периметров) от номинальных размеров не всегда обеспечивают требуемую точность сборки по смещению внутренних кромок. Более высокая точность достигается за счет применения внутренних центраторов.

Для сборки элементов и узлов трубопроводов с D_y = = 300...500 мм с обеспечением раздачи стыкуемых концов труб и деталей до полного совмещения внутренних кромок используют стенд с внутренним силовым центратором ЦВСК-500 (рис. 55). Центратор *4* имеет клиновую двухрядную схему с гидравлическим приводом от автономной гидростанции. Переход с одного диаметра на другой достигается за счет смены губок.

Сборка элементов типа труба — деталь с применением силового центратора осуществляется на горизонтальной балке *1* стенда с опорными каретками *3*, для чего центратор соединяют с направляющей штангой. Для сборки элементов типа труба — деталь — труба применяют вертикальную стойку *7*, обеспечивающую зажим трубы *8* и отвода *9* в вертикальной плоскости. В этом случае центратор подвешивается на канате с крюком *6* консольного крана и перемещается внутри собираемого элемента от стыка к стыку под собственным весом. Масса центратора с комплектом губок на $D_y = 300$ мм 127 кг и на $D_y = 500$ мм — 151 кг.

Специальные сварные фасонные детали изготовляют только в тех случаях, когда они не поставляются готовыми с заводов. Например, сварные отводы с D_y = =600 мм и более, сварные переходы, тройники, врезки с $D_y = 400$ мм и более из углеродистой стали, а также сварные отводы, тройники и переходы из легированной и высоколегированной стали.

Для сборки отводов с $D_y = 300...1200$ мм применяют стенд (рис. 56), состоящий из станины *1*, на которой установлены два поворотных стола, один с призмами *2*, другой с роликами *4*. Роликовый стол имеет подъемный винт *6* и указатель *5* угла поворота. В центре станины расположена установочная стойка *3*. Габаритные размеры стенда 1560×1500×870 мм, масса 570 кг.

Процесс изготовления сварных соединений тройников врезкой в основном сводится к фасонной обрезке конца штуцера, вырезке отверстия в трубе, сборке и сварке сопрягаемых деталей. При сопряжении деталей

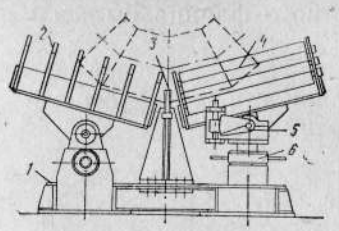


Рис. 56. Стенд для сборки секционных отводов с D_y=300...1200 мм
1 — станина; *2* — поворотный стол с призмами; 3 — установочная стойка; *4* — поворотный стол с роликами; *5* — механизм поворота с указателем; *6* — подъемный винт

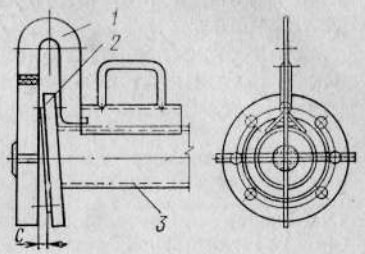


Рис. 57. Контрольный угольник
1 — угольник; *2* — фланец; *3* — труба

равнопроходного тройникового соединения выполняют переменный угол скоса кромок как у основной трубы, так и врезаемого штуцера. При изготовлении сопряжений переходных тройниковых соединений в основной трубе отверстия вырезают без скоса кромок, а на врезаемой трубе (штуцере) выполняют переменный угол скоса кромок. Собирают и сваривают тройниковые соединения на сборочных и сварочных стендах.

Сварные переходы изготовляют способом вальцовки из листовой заготовки. Концы заготовки перед вальцовкой подгибают по радиусу на специальных устройствах с помощью гидравлических домкратов, если нет гидравлического пресса. Конусные обечайки вальцуют на приводных или ручных гибочных вальцах. Продольный стык обечайки собирают с помощью стяжных хомутов и других приспособлений. Продольные швы обечайки сваривают полуавтоматами.

§ 31. Сборка фланцевых соединений

Для достижения требуемой плотности фланцевых соединений и сохранения ее во время эксплуатации следует: произвести технический осмотр фланцев и убедиться, что на их поверхности нет трещин, раковин и других дефектов; проверить чистоту обработки уплотнительных поверхностей; правильно собрать и затянуть фланцевое соединение.

Сборку фланцев под сварку с трубами и деталями производят так, чтобы плоскость уплотнительной поверхности под прокладку была строго перпендикулярна

оси трубы, а плоскость ответного фланца была ей параллельна.

Допускаемые отклонения C уплотнительной поверхности фланца от перпендикулярности оси трубы или детали (рис. 57) не должны превышать:

Наружный диаметр уплотнительной поверхности фланца, мм	25...60	60...160	160...400	400...750	750...1000
Отклонение от перпендикулярности уплотнительной поверхности оси трубы или детали C, мм	0,15	0,25	0,35	0,5	0,6

Перпендикулярность уплотнительных поверхностей фланцев проверяют контрольным угольником и щитом, замеряя зазор между фланцем *2* и угольником *1* в точках, диаметрально противоположных точкам касания.

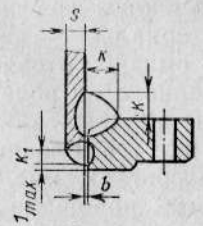
При сборке трубопровода фланцы устанавливают так, чтобы отверстия для болтов или шпилек были расположены симметрично главным (вертикальной и горизонтальной) осям, но не совпадали с ними. Допускаемые смещения осей болтовых отверстий фланцев должны превышать при их диаметрах 12...18, 23...33 и 40...92 мм соответственно ± 1, $\pm 1{,}5$ и ± 2 мм.

Фланцы на замыкающих концах узлов приваривают только в случаях, когда расположение болтовых отверстий в них не ограничено. Ответные фланцы, связанные с аппаратами, арматурой или фланцами на других узлах, должны быть только прихвачены к трубе сваркой, а затем после уточнения их положения по месту приварены.

При сборке и сварке труб и деталей с плоскими приварными фланцами расстояния между уплотнительной поверхностью фланца и торцом трубы (детали), а также конструктивные элементы соединения должны соответствовать табл. 22.

Сборку фланцевых соединений начинают только после проверки отсутствия перекоса фланцев. Для этого сначала предварительно собирают соединения без установки прокладок. Фланцы должны сближаться строго параллельно уплотнительным поверхностям. Непараллельность двух фланцев не должна превышать удвоенного допускаемого отклонения от перпендикулярности одного фланца к оси трубы. Зазор проверяется щупом в диаметрально противоположных точках. Нужно стремиться к тому, чтобы зазор по всей окружности был одинаковым и соответствовал толщине прокладки.

22. Размеры сварных соединений труб с плоскими приварными фланцами, мм



Примечание. При $s \leqslant 3$ мм $K_1 = s$, а при $s > 3$ мм $K_1 = 3$ мм.

D_y	10...20	25...50	65...150	200	250...300	350...600	800...1000	1200	1400	1600
k	3	4	5	7	9	10	10	11	12	13
b	0,5			1,5						

Не допускается исправлять перекос фланцев при их сборке дополнительным натяжением болтов или шпилек, а также устранять зазоры установкой клиновых прокладок.

Перекос фланцев на стальных трубопроводах с $D_y < 50$ мм можно устранять путем подгибки труб в холодном состоянии на трубогибочных станках или при помощи других приспособлений, а с $D_y = 65$ мм и выше путем местного нагрева трубы ацетилено-кислородными горелками без последующей термообработки.

Температуру нагрева принимают такую же, как при горячей гибке труб, устраняют перекос путем стягивания фланцев (без прокладки) болтами до соприкосновения, затем нагревают участок трубы вблизи фланца шириной не более половины ее периметра со стороны наименьшего зазора. Длина нагреваемого участка должна быть не менее трех диаметров трубы. Максимальную температуру нагрева выдерживают в течение 10 мин, после чего трубу медленно охлаждают, затем ослабляют болты и проверяют зазор.

При сборке фланцевых соединений все гайки болтов располагают с одной стороны. Высоту выступающих над гайками концов болтов и шпилек принимают не менее 1 и не более 4 ниток резьбы.

Болты и шпильки для трубопроводов, работающих при температуре свыше 300°С, предварительно смазывают, чтобы предохранить их от заедания и пригорания. Для этого применяют графитовые и графитомедистые смазочные материалы.

Графитовые смазки готовят из чешуйчатого графита, густо разведенного на воде или смеси глицерина с водой в соотношении 2:1.

Графитомедистые смазки рекомендуется применять следующего состава, мас. ч.: чешуйчатый графит — 15...20, медный порошок — 25...10 и глицерин — 60...70. Графитомедистые смазки в 3...4 раза снижают коэффициент трения в резьбе между гайкой и шпилькой, они не пригорают и исключают опасность заедания в случае подтягивания гаек в нагретом состоянии.

Мягкие прокладки в случае их применения при сборке паропроводов натирают с обеих сторон сухим графитом. Не допускается смазывать прокладки маслом, графитом с маслом или какими-либо красками и мастиками, так как мастика и масло пригорают к зеркалам фланцев и портят их поверхность.

Плотность фланцевого соединения в значительной степени зависит не только от чистоты уплотнительной поверхности фланцев, качества и размеров прокладки, но и от тщательной и умелой сборки и затяжки гаек.

При сборке фланцевого соединения на горизонтальном участке трубопровода в нижние отверстия вставляют два болта, чтобы мягкая прокладка не выпала. Положение прокладки выравнивают так, чтобы расстояние от краев фланца было одинаковым, вставляют болты и затягивают их.

Гайки фланцевых соединений с мягкими прокладками затягивают по способу крестообразного обхода. Сначала затягивают одну пару противоположно лежащих болтов, затем вторую, находящуюся под углом 90° к первой. Постепенно поперечным завертыванием гаек затягивают все болты. При такой последовательности затяжки гаек не образуется перекосов во фланцевых соединениях.

Гайки фланцевых соединений с металлическими прокладками затягивают по способу кругового обхода, то есть при 3- и 4-кратном круговом обходе равномерно затягивают все гайки. Гайки фланцевого соединения затягивают с помощью ручных гайковертов с электрическим или пневматическим приводом. Равномерность

затяжки и натяг шпилек фланцевого соединения на трубопроводах высокого давления контролируют динамометрическими ключами по крутящему моменту, а также путем измерения удлинения шпильки при затяжке. Допускаемый размер удлинения шпилек всегда указывается в проекте.

§ 32. Сварка элементов, узлов и деталей трубопроводов

При изготовлении и монтаже технологических трубопроводов сварка производится всеми возможными промышленными способами, обеспечивающими требуемое качество сварных соединений. При этом должны быть максимально использованы автоматические и полуавтоматические способы сварки. Способ и режимы сварки, сварочные материалы, порядок контроля, режимы и способы термической обработки сварных стыков (в случае необходимости ее применения) устанавливаются соответствующими производственными инструкциями или указываются в рабочих чертежах трубопроводов.

Сварочные работы должны производиться под руководством инженерно-технических работников, имеющих специальное техническое образование и достаточный практический опыт. К производству работ по сборке на прихватках и сварке стыков трубопроводов I, II, III и IV категорий допускаются сварщики, выдержавшие теоретические и практические испытания в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков», утвержденными Госгортехнадзором СССР и имеющие удостоверение на право производства сварочных работ. К прихватке и сварке стыков трубопроводов V категории допускаются сварщики без сдачи испытаний по правилам Госгортехнадзора СССР, но успешно завершившие пробные стыки.

Сварщики (по любому виду сварки), впервые приступающие к сварке трубопроводов или имевшие перерыв в своей работе более 2 мес, а также при применении новых сварочных материалов или оборудования независимо от наличия удостоверения, должны заварить пробные стыки в условиях, тождественных тем, в которых производится сварка трубопроводов.

Сварка трубопроводов I и II категорий и прочих, подконтрольных Госгортехнадзору СССР, должна регистрироваться в журнале сварочных работ.

Для обеспечения требуемого качества сварных соединений все сварочные материалы, применяемые при сварке трубопроводов (электроды, проволока, флюс, газы), должны иметь сертификат завода-изготовителя с указанием марки и химического состава. Для электродов должны быть также указаны механические свойства и химический состав наплавленного металла.

Сварочные материалы для сварки стыков трубопроводов выбирают в зависимости от марки свариваемой стали.

В организациях, выполняющих сварку технологических трубопроводов, на каждого сварщика заводят формуляр, в который заносят результаты испытаний им пробных стыков и результаты приемки стыков, сваренных на монтаже.

Каждый сварщик должен иметь личный номер клейма. Сварщик выбивает свое клеймо на всех сваренных им стыках на расстоянии 30...50 мм от шва. Глубина клеймения должна быть не более 0,5 мм. Не разрешается наплавка клейма электродом.

При ручной дуговой сварке прихватка и сварка двух первых слоев (в зависимости от толщины металла) должны производиться электродами диаметром не более 3 мм. Последующие слои могут быть сварены электродами диаметром 3 или 4 мм. Сварка должна производиться преимущественно на постоянном токе обратной полярности (труба — катод, электрод — анод). Для трубопроводов IV и V категорий разрешается производить сварку на переменном токе.

Ручная дуговая сварка в защитном газе (аргоне) должна производиться неплавящимся (вольфрамовым) электродом на постоянном токе прямой полярности. Полуавтоматическая и автоматическая сварка должна производиться в среде углекислого газа на постоянном токе обратной полярности. При сварке трубопроводов из легированных сталей, работающих в агрессивных средах и требующих повышенной чистоты и коррозионной стойкости, защиту корня шва от окисления и формирование обратного валика осуществляют поддувом защитного газа с обратной стороны шва. С целью экономии защитного газа на отдельных участках трубопроводов в зоне стыка ставят заглушки. При сварке трубопроводов из аустенитных коррозионно-стойких сталей вместо поддува аргоном часто применяют флюс-пасту ФП8-2.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка под слоем флюса применяется для сварки труб с внутренним диаметром не менее 150 мм на переменном или постоянном токе. Автоматическая сварка под флюсом должна производиться не менее чем в два слоя.

При сварке трубопроводов применяют также комбинированные способы, а именно: первый слой выполняют ручной дуговой сваркой плавящимся или неплавящимся электродом, а последующие слои — полуавтоматической или автоматической сваркой под флюсом или в защитных газах.

Применение газовой сварки допускается только для трубопроводов на $P_y < 10$ МПа из углеродистых сталей условным диаметром до 80 мм с толщиной стенки не более 3,5 мм.

Газовая сварка должна производиться в один слой и только ацетиленокислородным пламенем. Применение газов-заменителей (пропана и др.) для сварки не допускается.

Элементы трубопроводов сваривают полуавтоматической и автоматической сваркой на манипуляторах и вращателях, сварочных постах и установках.

Наиболее широкое применение получили фрикционные вращатели типа УВТ-1 и манипуляторы типа М-11070 и ГСТМ-12.

Универсальный фрикционный вращатель УВТ-1 (рис. 58) применяют для поворота труб и элементов с $D_y = 50...500$ мм, при этом он может изменять положение оси трубы или элемента в пространстве, что обеспечивает удобное положение стыка при сварке.

Ведущие ролики *2* фрикционного манипулятора имеют привод от электродвигателя *4* через вариатор *5*. Скорость вращения регулируется вариатором. Свариваемый элемент *1* зажимается между двумя ведущими *2* и одним прижимным роликом *8* вручную или пневмоцилиндром. Прижимное устройство *6* за счет пружины компенсирует возможные изменения наружного диаметра при овальности труб.

На рис. 59 показан пост для полуавтоматической сварки элементов трубопроводов с $D_y = 50...500$ мм. Он состоит из вращателя 1 типа УВТ-1, поворотной балки-укосины *3*, закрепленной шарнирно на колонке или стене здания, с подвесками *2* и *4* сварочного оборудования. При сварке длинномерных элементов используют под-

Рис. 58. Универсальный фрикционный вращатель УВТ-1
1 — свариваемый элемент; *2* — ведущие ролики; *3* — корпус; *4* — электродвигатель привода роликов; *5* — вариатор; *6* — прижимное устройство; *7* — сварочная головка; *8* — прижимной ролик

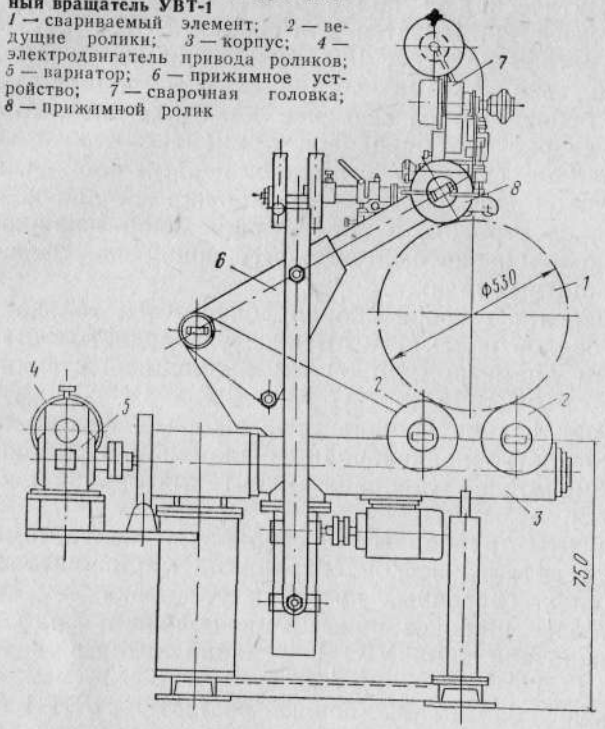
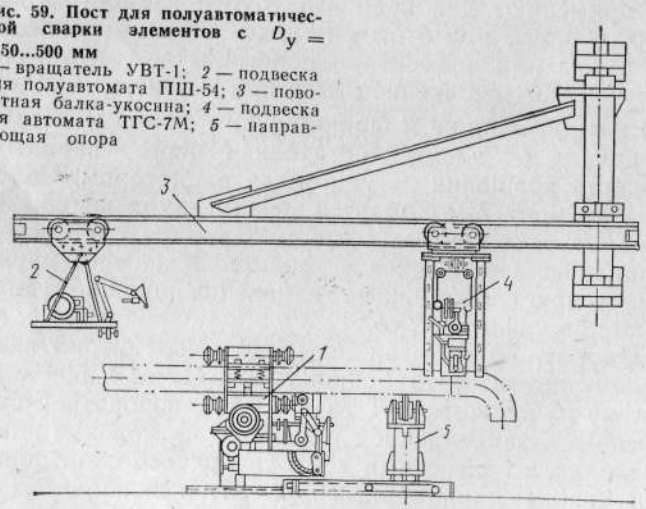


Рис. 59. Пост для полуавтоматической сварки элементов с D_y = =50...500 мм
1 — вращатель УВТ-1; *2* — подвеска для полуавтомата ПШ-54; *3* — поворотная балка-укосина; *4* — подвеска для автомата ТГС-7М; *5* — направляющая опора



вижные направляющие опоры *5*. Сварочный пост обслуживает один рабочий-сварщик с общего пульта управления.

При обычном раздельном способе предварительной сборки элементов трубопроводов на стендах и их последующей сварке на вращателях затраты труда, связанные с перемещением элементов с места сборки на сварку, их установкой и съемом с оборудования, центровкой и сборкой стыков на прихватках, весьма значительны.

Для сборки и автоматической сварки плоских узлов трубопроводов с D_y=200...500 мм и Г- и Т-образной конфигурации применяют установку с внутренним силовым центратором .

Внутренний силовой центратор (рис. 60) обеспечивает раздачу концов труб и деталей в процессе сборки стыка до полного совмещения внутренних кромок и тем самым исключает необходимость трудоемких подгоночных работ. Центровка и вращение свариваемых узлов производятся с помощью внутреннего центратора *2*, установленного на поворотном шпинделе *6*, который входит внутрь узла *7*, располагаемого на двух подвижных пневмоцентраторах *5*. Приспособление для сборки трубы с отводом или тройником *1* установлено на поперечных направляющих и при сварке стыка откатывается в сторону. Гидропривод центратора *8* и механизм поворота шпинделя расположены на приводной платформе *9*. Сварка узлов производится сварочной головкой или полуавтоматом. Свариваемые на установке узлы могут иметь максимальные габаритные размеры 4×2 м.

Плоские узлы трубопроводов больших габаритных размеров, а также пространственные узлы в большинстве случаев сваривают вручную в неповоротном или полуповоротном положении, для чего применяют параллельно расположенные стойки или П-образные стеллажи.

Для сварки отводов с D_y=600...1400 мм применяют установку УСО-1420 (рис. 61). В качестве вращателя *1* в установке использован манипулятор М-11070, шпиндель которого соединен с промежуточным барабаном *2*, установленным на роликах вращения для восприятия изгибающих нагрузок, возникающих под действием веса отвода. Планшайба барабана соединена кронштейном *3*, на котором шарнирно установлена гайка с винтом *4*, стрела *5*, звенья *6* и *7*, которые образуют шарнирный параллелограмм. Совмещение центра сварива-

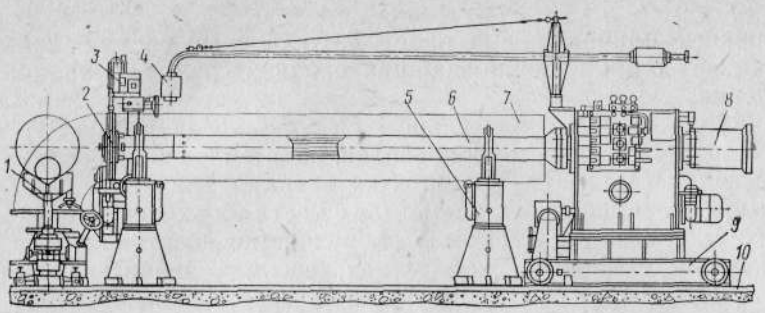


Рис. 60. Установка для сборки и автоматической сварки плоских узлов трубопроводов с $D_у$ = 200...500 мм с внутренним силовым центратором

1 — приспособление для сборки труб с отводами и тройниками; *2* — внутренний центровой центратор; *3* — сварочная головка; *4* — пульт управления; *5* — подвижной пневмоцентратор; *6* — поворотный шпиндель; *7* — свариваемый узел; *8* — гидропривод центратора; *9* — приводная платформа; *10* — направляющие

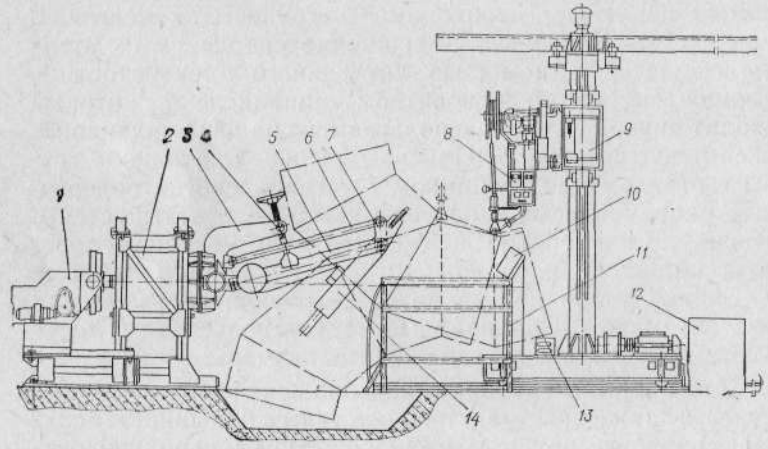


Рис. 61. Установка УСО-1420 для сварки отводов $D_у$ = 600...1400 мм

1 — манипулятор М-11070; *2* — барабан; *3* — кронштейн; *4* — гайка с винтом; *5* — П-образная стрела; *6*, *7* — звенья; *8* — автомат А-1416; *9* — велотележка ВТ-2; *10* — пульт управления; *11* — площадка для обслуживания; *12* — полуавтомат А-547у; *13* — свариваемый отвод; *14* — скоба

емого стыка отводов с осью вращения достигается подъемом или опусканием стрелы с помощью винта. Зажим отвода осуществляется в поворотной скобе *14* двумя винтами, а положение скобы относительно звена *7* регулируется фиксатором. При этом достигается строго вертикальное расположение плоскостей всех сварных стыков, перпендикулярное оси вращения без переста-

новки самого отвода в скобе. Сварку кольцевых швов отвода *13* выполняют комбинированным способом, при котором корень шва заваривают изнутри полуавтоматом *12* в среде углекислого газа, а наружный шов — автоматом *8* под флюсом, установленным на велотележке *9*. Управление работой установки осуществляют с центрального пульта *10*.

§ 33. Сборка и сварка прямолинейных секций трубопроводов

Изготовление секций трубопроводов позволяет в значительной степени сократить объем заготовительных и сборочно-сварочных работ на монтажной площадке и тем самым повысить производительность труда и качество работ.

Централизованное изготовление секций производится на специальных установках, которые обеспечивают механизацию сборочных операций, применение высокопроизводительных методов сварки, механизацию подъемно-транспортных операций и контроль качества. Централизованное изготовление секций трубопроводов на установках по сравнению с их изготовлением на сборочных площадках повышает производительность труда на 60...70%.

Из общей массы технологических трубопроводов централизованно в виде прямолинейных секций длиной 24...36 м может быть изготовлено до 56%, в том числе 6...8% для внутрицеховых трубопроводов. Длина секции зависит от диаметра трубопровода, наличия подъемно-транспортных механизмов, условий транспортирования и местных условий производства монтажных работ.

По конструктивному исполнению установки подразделяют на стационарные и передвижные. Применение установки той или иной конструкции и место ее расположения определяется технико-экономическим расчетом с учетом объемов работ, радиуса действия, рельефа местности, наличия транспортных магистралей и мест складирования труб.

Стационарные установки обычно применяют на строительных объектах, где объем трубопроводных работ обеспечивает их ритмическую загрузку в течение длительного срока. Установки выполняют также в сборно-разборном исполнении, позволяющем транспортировать их

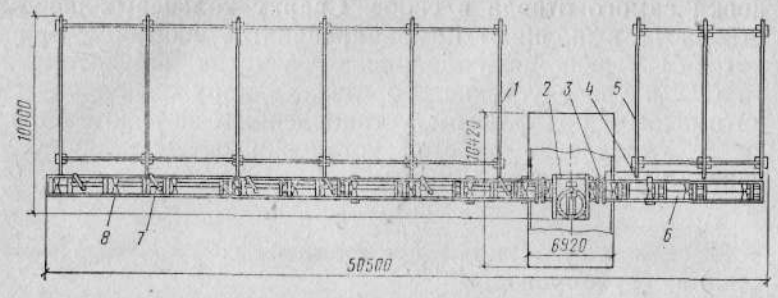


Рис. 62. Схема стационарной установки РУСТ-630 для сборки и сварки секций трубопроводов с $D_у$=80...600 мм

1 — концевой стеллаж; *2* — центрирующий трубосварочный вращатель; *3* — роликовая опора вращения и осевого перемещения; *4* — отсекатель; *5* — приемный стеллаж; *6* — роликовый конвейер; *7* — сбрасыватель; *8* — ролик осевого перемещения

на другой объект по окончании работ. Такие установки обычно располагают на заводах и базах монтажных организаций.

Передвижные установки применяют для обслуживания объектов строительства, имеющих сравнительно небольшой или эпизодически возникающий объем работ или находящихся на значительном расстоянии от заводов или баз монтажных организаций. Преимуществом таких установок является их маневренность, возможность перевозки с объекта на объект и короткое время, необходимое для монтажа и демонтажа, недостатком — сравнительно небольшая степень механизации сборочных и подъемно-транспортных операций, необходимость применения дополнительных грузоподъемных механизмов для подачи труб и снятия готовых секций с установки.

Технологический процесс сборки и сварки секций с $D_у$=80...600 мм на установке РУСТ-630 (рис. 62) осуществляется следующим образом. На приемном стеллаже *5* производят правку и зачистку концов труб под сварку. Трубы с приемного стеллажа *5* с помощью отсекателя *4* поступают на роликовый конвейер *6* и подаются в центрирующий трубосварочный вращатель *2*, где производятся сборка и автоматическая сварка стыков. Затем сваренная секция перемещается по конвейеру и сбрасывателем *7* подается на концевой стеллаж *1*. Готовые секции с концевого стеллажа перегружаются на трубовозы или передаются на установку для нанесения гидроизоляции.

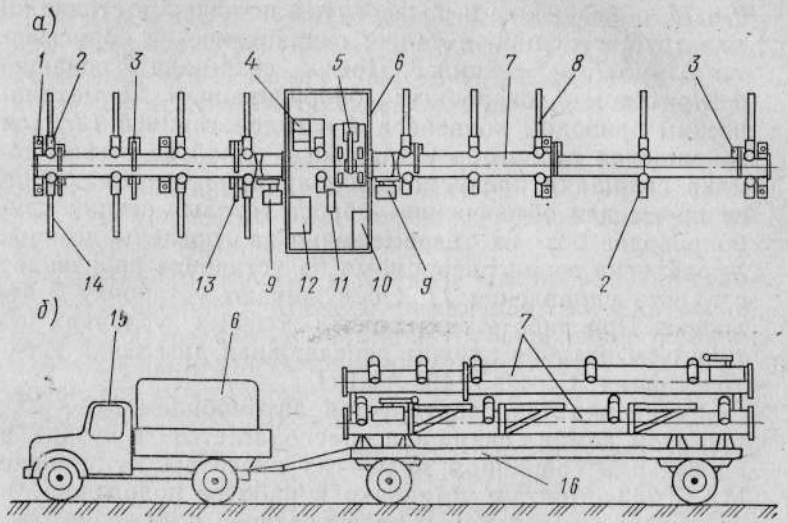


Рис. 63. Схема передвижной установки для сборки и сварки секций трубопроводов с $D_у$=80...600 мм в рабочем *а* и транспортном *б* положении

1 — выносная опора; *2* — сферическая роликоопора; *3* — сбрасыватель секций; *4* — привод конвейера; *5* — центратор; *6* — домик сварщика; *7* — конвейер; *8* — поворотная стойка стеллажа для секций; *9* — механизм продольного перемещения труб; *10* — сварочное оборудование; *11* — пульт управления; *12* — гидростанция; *13* — сбрасыватель труб; *14* — поворотная стойка стеллажа для труб; *15* — автомобиль МАЗ-200; *16* — прицеп

Сварка стыков секций трубопроводов с $D_у \leqslant 200$ мм может полностью выполняться в среде углекислого газа, а для труб большого диаметра второй и последующие слои — под флюсом. Контроль качества сварных соединений секций производят на концевом стеллаже.

Управление всеми процессами выполняется дистанционно из отапливаемого помещения сварщика, в котором размещены вращатель, сварочная и вспомогательная аппаратура, пневмоцилиндры, что позволяет работать на установке вне зависимости от температуры окружающего воздуха. Габаритные размеры установки 50,5×10,6×4,7 м, масса 8100 кг. Производительность установки при сварке труб $D_н \times S$=219×7 мм в секции составляет 5...6 стыков в час.

Передвижная установка для сборки и сварки секций трубопроводов с $D_у$=80...600 мм (рис. 63) состоит из телескопического конвейера *7*, на котором установлены сферические роликоопоры *2*, обеспечивающие поступательное и вращательное движение труб и секций. На конвейере установлены консольные поворотные стойки

8 и *14*, образующие в развернутом положении стеллажи для труб и секций, а также гидравлические сбрасыватели труб *13* и секций *3*. Домик сварщика *6* оснащен центратором *5*, сварочным оборудованием *10*, механическим приводом конвейера *4* и гидростанцией *12*. Для сокращения габаритов установки в одной из стенок домика сварщика предусмотрен шарнирно открывающийся проем для обеспечения сброса готовых секций трубопроводов без их перемещения за пределы домика. Управление всеми операциями на установке производят с пульта управления *11*. Обслуживают установку 2 человека. При работе установки в полевых условиях источником питания служит передвижная дизельная электростанция СД-20-Т/400-А1-РП.

Установка транспортируется автомобилем МАЗ-200, при этом домик сварщика располагается в кузове, а конвейер в собранном виде — на инвентарном прицепе МАЗ-5243. Монтаж установки в рабочее положение и демонтаж с переводом в транспортное положение осуществляются за 12 часов бригадой из четырех человек. Установку монтируют на любой спланированной площадке на шпалах, при этом конвейер выверяют с помощью выносных опор.

Длина свариваемых секций на установке до 36 м, ее габаритные размеры в рабочем положении 35×3,8×2,5 м, а в транспортном — 11,5×2×3,6 м. Производительность 5000 т в год. Масса установки 6,7 т, установленная мощность 10,6 кВт.

§ 34. Термическая обработка сварных соединений

Термическая обработка сварных соединений трубопроводов снижает уровень остаточных сварочных напряжений, улучшает структуру и пластические свойства металла шва и околошовной зоны и, как следствие, предупреждает образование трещин при эксплуатации трубопровода.

Процесс термической обработки состоит из нагрева сварных соединений до определенной температуры, выдержки их при этой температуре в течение определенного времени и охлаждения. Применяются главным образом следующие виды термической обработки: отпуск, нормализация и аустенизация.

При производстве сварочных работ, особенно при отрицательных температурах окружающего воздуха,

применяется такой вид обработки, как местный подогрев конструкций перед сваркой (предварительный) или в процессе ее (сопутствующий). Подогрев производят для компенсации усиленного теплоотвода из зоны шва и тем самым предотвращают образование трещин.

Необходимость, вид и режимы термообработки сварных соединений устанавливаются проектом, техническими условиями или производственной инструкцией на сварку трубопроводов.

Необходимость, вид и режимы термообработки сварных соединений, а также минимальная ширина околошовных нагреваемых участков трубопроводов устанавливается производственной инструкцией по сварке в зависимости от толщины стенки и диаметра свариваемых элементов трубопроводов.

При термической обработке сварных соединений выполняют следующие технологические операции: устанавливают термометры, нагревательные устройства и теплоизоляцию; включают термометры в измерительную цепь потенциометра, соединяют нагревательное устройство с источником питания; осуществляют нагрев, выдержку и охлаждение сварного соединения, демонтируют теплоизоляцию, нагревательное устройство и термометры. Крепление горячего спая термометра на поверхности трубопровода производят сваркой, бобышкой, наплавленной на сварной шов, болтом с гайкой и др. Применяемые для нагрева сварных соединений устройства и источники питания во всех случаях должны обеспечивать возможность строгого соблюдения указанных режимов термообработки и равномерность прогрева металла по всему заданному участку трубопровода.

Термическую обработку сварных соединений осуществляют с использованием следующих нагревательных устройств (рис. 64): гибких пальцевых электронагревателей комбинированного действия (КЭН-3); гибких индукторов из голого медного провода, работающих на частоте 50 Гц; однопламенных универсальных ацетилено-кислородных горелок и кольцевых многопламенных горелок. Для трубопроводов из хромоникелевых сталей газопламенный нагрев не применяют. Для тепловой изоляции при нагреве используют теплоизоляционные маты типа МВТ или асбестовую ткань, асбестовый

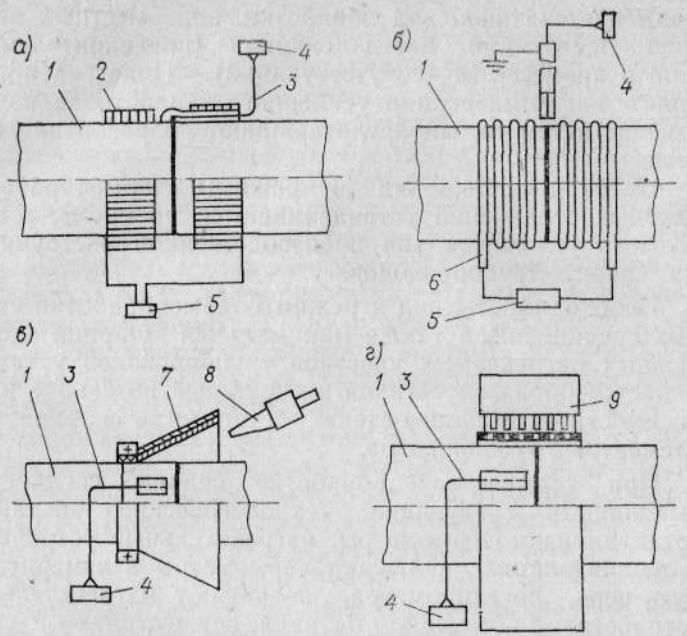


Рис. 64. Нагревательные устройства для термической обработки сварных соединений

а — гибкие электронагреватели (ГЭН); *б* — электронагреватели комбинированного действия (КЭН-3) или гибкие индукторы; *в* — однопламенные горелки; *г* — кольцевые многофакельные горелки; *1* — сварное соединение; *2* — пояса ГЭН; *3* — термометр; *4* — потенциометр; *5* — источник питания; *6* — КЭН-3 или индуктор; *7* — воронка; *8* — однопламенная горелка; *9* — многофакельная горелка

картон и асбестовый шнур. При контроле указывающими приборами температура заносится в журнал работ через каждые 20 мин. При контроле самопишущими приборами запись кривых температур прилагается к журналу работ.

Гибкие пальцевые нагреватели (ГЭН) наиболее просты, удобны для термообработки сварных соединений трубопроводов с $D_y > 100$ мм с толщиной стенки до 70 мм. Они обеспечивают высокую производительность процесса с незначительным перепадом температуры по толщине трубопровода. ГЭН состоит из двойной плоской спирали, каждый «палец» которой защищен керамической втулкой. Число поясов ГЭН, число пальцев в каждом поясе и их расположение зависит от диаметра, толщины стенки и конструкции сварного соединения трубопровода и определяется в соответствии с производственными инструкциями. Закрепляют ГЭН

на сварном соединении стяжным поясом из жаропрочной стали.

Электронагреватели комбинированного действия (КЭН-3), принцип работы которых заключается в использовании нагрева методом сопротивления и методом индукционного нагрева токами 50 Гц, применяют для термообработки сварных стыков трубопроводов с $D_y = 200...700$ мм с толщиной стенки до 70 мм, а *гибкий индуктор из голого медного провода типа М и МГ* — для стыков трубопроводов с $D_y = 100...600$ мм с толщиной стенки свыше 10 мм.

Однопламенные универсальные ацетилено-кислородные горелки применяют при термообработке сварных стыков трубопроводов с $D_y \leqslant 80$ мм и толщиной стенки до 10 мм, а также сварных стыков, расположенных в труднодоступных местах, в том числе стыков коллекторов и фланцевых соединений.

Кольцевые многофакельные горелки применяют для термообработки сварных соединений трубопроводов с $D_y \leqslant 350$ мм с толщиной стенки до 25 мм. Термообработку сварных соединений выполняют в помещении или укрытии под навесом, защищающим аппаратуру и приборы от атмосферных осадков. Перерывы в нагреве во время термической обработки не допускаются. При вынужденных перерывах нагреватель остается на стыке. Термическую обработку выполняют рабочие, получившие специальную подготовку, под наблюдением техника или инженера-сварщика.

§ 35. Контроль качества сварных соединений

В процессе изготовления деталей, элементов и узлов трубопроводов и их монтажа применяют такие виды и объемы контроля на всех стадиях производства сварочных работ, которые должны гарантировать высокую эксплуатационную надежность сварных соединений.

Проверку качества сварных швов трубопроводов производят путем предупредительного (входного) контроля; систематического пооперационного контроля; внешнего осмотра и измерения; неразрушающего контроля; испытаний механических свойств образцов пробных стыков и металлографических исследований. Результаты контроля сварных соединений фиксируют в соответствующих документах.

Предупредительный контроль проводят с целью

уменьшения вероятности возникновения брака при выполнении сварочных работ. Он включает в себя:

проверку квалификации сварщиков и инженерно-технических работников, руководящих сборочно-сварочными работами, и контроль качества сварки;

контроль технического состояния и выполнения правил эксплуатации сварочного оборудования, сборочно-сварочной оснастки, аппаратуры и контрольно-измерительных приборов;

проверку соответствия проектной и исполнительной нормативно-технической документации действующим ТУ, ГОСТ, ОСТ и т. д.

Пооперационный контроль включает:

проверку состояния и качества подлежащих сварке труб, деталей и элементов трубопроводов, арматуры и сварочных материалов, включая проверку правильности подготовки кромок и чистоты их поверхностей;

контроль качества сборки стыков под сварку, смещений кромок, зазоров несоосности;

контроль технологии и параметров режима в процессе сварки.

Внешнему осмотру и измерению (ГОСТ 3249—79) подлежат все сварные стыки для выявления следующих возможных дефектов: трещин, выходящих на поверхность шва или основного металла в зоне термического влияния; наплывов и подрезов в зоне перехода от основного металла к наплавленному; прожогов и кратеров; неравномерности усиления сварного шва по ширине и высоте, а также его отклонения от оси (перекосов); непроваров в случаях возможности осмотра сварного соединения внутри трубопровода; несоответствия геометрических размеров швов требованиям чертежей, проектов и ГОСТов.

Внешний вид сварных швов, выполненных дуговой сваркой, должен удовлетворять следующим требованиям:

поверхность швов должна быть слегка выпуклой и гладкой (при ручной сварке — мелкочешуйчатой); ноздреватость, пористость, грубая чешуйчатость не допускаются;

переход от наплавленного металла к основному должен быть плавным;

швы не должны иметь трещин, прожогов, кратеров и подрезов глубиной более 0,5 мм.

Неразрушающий контроль производят физическими

методами, которые позволяют выявить в сварных соединениях возможные наружные, недоступные для внешнего осмотра, и внутренние дефекты — трещины, непровары, поры, шлаковые включения и др. К таким методам контроля относят радиографический с применением рентгеновских аппаратов, гамма-дефектоскопов и электрорадиографических аппаратов, а также ультразвуковой с применением ультразвуковых дефектоскопов.

Для рентгенопросвечивания применяют рентгеновские аппараты непрерывного действия: РУП-120-5-1, РАП-150-7, РАП-150-03, РАП-160-6П, РУП-200-5-2, РАП-150/300 и РУП-400-5/1 и импульсные рентгеновские аппараты: МИРА-1Д, МИРА-2Д и МИРА-3Д. Для гаммаграфирования используют радиоизотопные источники излучения и гамма-дефектоскопы: Гаммарид-192/40Т, Гаммарид-192/40, Гаммарид-170/400 и Стапель-5М. Из электрорадиографических аппаратов наибольшее применение получили ЭРГА-ПС, ЭРЕНГ, ЭРГА-П2, и АРЕКС-2.

Ультразвуковой метод контроля применяют для трубопроводов с $D_у = 200$ мм и выше с толщиной стенки от 6 мм и более. При этом используют ультразвуковые дефектоскопы ДУК-66П, УД-10М, УД-24, УД-20УА и «ЭХО».

Необходимость применения того или иного метода контроля, объем контроля и требования к качеству сварных соединений устанавливается проектом и нормативно-технической документацией.

Контролю неразрушающими методами подвергают сварные стыки трубопроводов, наихудшие из отобранных внешним осмотром, в количестве, %:

Высокого давления на $P_у > 10$ МПа . .	100
На $P_у < 10$ МПа: I категории	20
II »	10
III »	2
IV »	1

Для проверки число стыков берут от общего числа сваренных каждым сварщиком стыков, но оно должно быть не менее одного. Контролю необходимо подвергать весь периметр стыка. При физических методах контроля сварные швы бракуют, если в них обнаружены следующие дефекты: трещины любой глубины и

протяженности; непровары и несплавления по кромкам и между отдельными слоями шва.

Оценку качества сварных соединений производят по шестибалльной системе. Сварные соединения бракуют, если их оценка в баллах: для трубопроводов высокого давления $\geqslant 2$; для трубопроводов I и II категорий $\geqslant 3$; для трубопроводов III категории $\geqslant 5$ и IV категории $\geqslant 6$.

Балл сварного соединения определяется как сумма баллов, полученных при раздельной оценке соединения по размеру непроваров и по размерам и числу включений (пор). Выбракованные сварные соединения подлежат исправлению и дополнительному контролю удвоенного числа стыков, выполненных сварщиком, допустившим брак.

Механическими испытаниями металла сварных швов проверяют соответствие механических свойств: предела прочности, предела текучести, относительного удлинения, ударной вязкости, угла загиба, сплющивания требованиям нормативно-технической документации или проекта.

Металлографическое исследование выполняют, чтобы определить структуру металла шва или околошовной зоны, выявить в сварном шве газовые или шлаковые включения; волосяные трещины, непровары.

При значительных объемах контроля сварных соединений трубопроводов применяют передвижные контрольные лаборатории, размещенные в кузове автомашин ГАЗ-69 и др.

§ 36. Маркировка и приемка узлов и секций трубопроводов

При проверке готовых узлов и секций производят внешний осмотр и сопоставление их с чертежами для определения комплектности и степени завершения сборочных, сварочных и других операций, а также правильность размеров, сборки и установки арматуры, наличия шайб вместо диафрагм КИП, надежности креплений разъемных соединений, установки прокладок и возможности их испытания на прочность и плотность. При проверке качества изготовления оформляют необходимые документы в соответствии с требованиями технических условий для каждой категории трубопровода и свидетельства об изготовлении элементов трубопроводов, подведомственных Госгортехнадзору СССР.

Гидравлическое или пневматическое испытание отдельных узлов и секций трубопроводов (до их монтажа) производят только при наличии специальных требований, оговоренных в проекте и заказе. В этих случаях режимы гидравлического или пневматического испытания должны соответствовать режимам испытания всего трубопровода и назначаются в соответствии с требованиями проекта, правилами Госгортехнадзора СССР и др.

При проверке готовности узлов контролируют выполнение следующих требований: наружная поверхность узлов из углеродистой стали должна быть огрунтована: все открытые отверстия труб и узлов должны быть закрыты инвентарными пластмассовыми или деревянными заглушками или пробками, а наружные обработанные поверхности арматуры, фланцев защищены от коррозии нанесением консервирующих смазок, эмульсий или другими способами; внутренние поверхности труб, прошедшие специальную химическую обработку, запорные части арматуры, средства регулирования и автоматики консервируются в соответствии со специальными инструкциями.

Изготовленные узлы и секции маркируются в соответствии с указаниями проекта. Маркировка узла должна содержать номер заказа или числовой индекс установки, номер блока, номер линии, номер узла. Например, узел 8, изготовленный по заказу 349 для блока III линии 16а маркируется: 349-III-16а/8. Маркировка секций трубопроводов должна содержать номер эстакады, номер линии трубопровода и длину секции. Например, секция трубопровода для эстакады по улице В—Г линии ЖА107 длиной 18 м маркируется: ВГ—ЖА107—18.

Маркировку наносят цветной краской на расстоянии не менее 50 мм от концов узла трубопровода. Знаки и шифр маркировки должны быть ясными и легко читаемыми. Высота знаков должна составлять не менее 20 мм. Кроме цифровой маркировки на один конец узла иногда наносят краской условные цветовые обозначения в виде кольцевой полоски, которая определяет место его установки (корпус, цех) в данном объекте. Цвет полоски указывают в проекте.

ГЛАВА IX. ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БАЗ И ТРУБОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 37. Оборудование производственных баз и механизация складского хозяйства

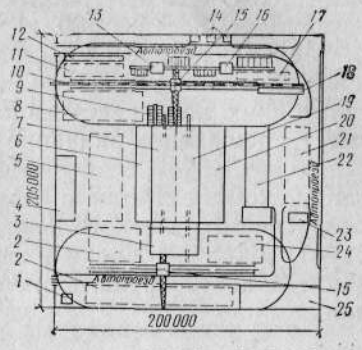
Повышение степени заводской готовности технологических трубопроводов путем их централизованного изготовления осуществляется на производственной базе или на заводе монтажной организации. Кроме этого, там же обычно производятся централизованное изготовление технологических металлоконструкций, техническое обслуживание авто- и спецмашин, механизмов и подъемно-транспортного оборудования, прием и хранение всех материалов, изделий, готовой продукции и комплектация ими объектов монтажа.

Как правило, в состав производственной базы (рис. 65) входят производственный корпус, представляющий собой двух- или трехпролетное здание, в котором располагают цехи: трубозаготовительный *7*, металлоконструкций *19* и ремонтно-механический *20*, а также склады: открытого хранения труб *8* и металлопроката *11*, открытого хранения готовой продукции *2* и закрытого хранения материалов *25*. Одним из необходимых условий такой базы является наличие железнодорожной ветки *10*. На складах открытого хранения погрузочно-разгрузочные работы выполняются башенным краном *15* типа КП-300 грузоподъемностью 10 т с вылетом 30 м, а также автопогрузчиками.

Хранение труб и металлопроката на открытых складах производят в стеллажах рассортированными по типам, материалам и размерам. У каждого стеллажа устанавливают указатели или бирки.

В зоне действия крана располагают линию огрунтовки труб *13* и установку для сборки, сварки, а в отдельных случаях и изоляции секций *16*. Поступившие на склад трубы (кроме труб из нержавеющей стали) перед их укладкой в стеллажи предварительно огрунтовывают. Загрузку приемных стеллажей *9* трубозаготовительного цеха, а также погрузку и разгрузку готовых секций производят башенным краном. Готовые узлы трубопроводов до отправки их на монтажную площадку хранят

Рис. 65. План производственной базы монтажной организации
1 — ампулохранилище; *2* — склад готовой продукции; *3* — окрасочное отделение; *4* — административный корпус; *5* — зона отдыха и спортплощадка; *6* — бытовые помещения; *7* — трубозаготовительный цех; *8* — склад труб; *9* — приемные стеллажи трубозаготовительного цеха; *10* — железнодорожная ветка; *11* — склад металлопроката; *12* — линия огрунтовки металлопроката; *13* — линия огрунтовки труб; *14* — склад баллонов; *15* — башенный кран КП-300; *16* — установка для сборки, сварки и изоляции секций; *17* — склад секций; *18* — рампа; *19* — цех металлоконструкций; *20* — ремонтно-механический цех; *21* — стоянка авто- и спецмашин; *22* — гараж; *23* — склад горючих и смазочных материалов; *24* — площадка укрупнительной сборки; *25* — склад закрытого хранения материалов



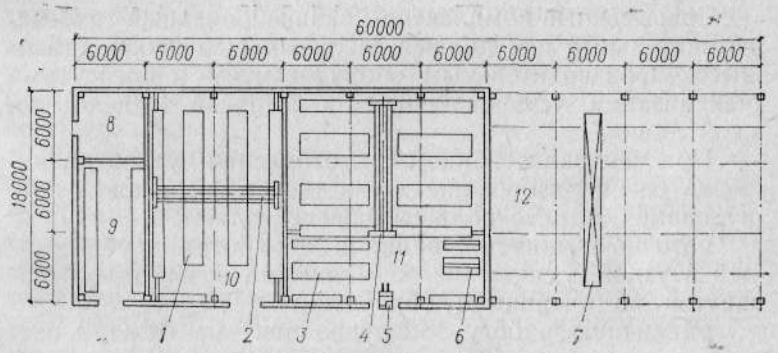


Рис. 66. План склада закрытого хранения
1 — многоярусные стеллажи; *2* — кран-штабелер КШО-0,25; *3* — полочные стеллажи; *4* — кран-штабелер КШО-0,5; *5* — электропогрузчик КВЗ-0,2; *6* — стеллажи для баллонов; *7* — кран подвесной однобалочный; *8* — помещение кладовщиков; *9* — склад спецодежды; *10* — отапливаемый склад; *11* — холодный склад; *12* — навес

отдельными комплектами по линиям на открытом складе готовой продукции *2*.

Склад закрытого хранения материалов (рис. 66) обычно имеет размеры 18×60 м, в том числе навес размером 18×24 м. Навес *12* предназначен для хранения деталей трубопроводов и арматуры с $D_y > 300$ мм, крупногабаритных грузов, кабеля, каната на барабанах и такелажной оснастки. Навес обслуживается одноблочным подвесным краном грузоподъемностью 3 т.

В отапливаемом и холодном помещениях склада устанавливают многоярусные ячейковые стеллажи для хранения грузов в ящичной таре размером 800×600×400 мм. Стеллажи обслуживаются кранами-штабеле-

рами КШО-0,25 грузоподъемностью 250 кг и КШО-0,5 грузоподъемностью 500 кг.

Механизация всех складских операций, контейнерное хранение изделий и комплектация заказов с отгрузкой их непосредственно на объекты в контейнерах имеет решающее значение в снижении себестоимости складских работ, в обеспечении правильного учета, хранения, комплектации и тем самым позволяет ускорить развитие технического прогресса в области монтажных работ, сократить сроки их выполнения, повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции.

§ 38. Оборудование трубозаготовительных цехов

Современный комплексно-механизированный трубозаготовительный цех должен быть оснащен необходимым высокопроизводительным оборудованием и средствами механизации, установленным в поточной технологической линии.

При централизованном изготовлении узлов планировка специализированных участков и компоновка оборудования в цехе должны обеспечивать:

поточно-замкнутый принцип обработки труб, деталей и узлов и снижение до минимума возвратных маршрутов по операциям обработки;

ритмичную работу оборудования на каждой операции;

максимальную механизацию ручного труда, включая межоперационный транспорт.

Основой механизации операций при изготовлении узлов является замена ручных средств труда машинами и механизмами. Механизация производственных операций и процессов в целом преследует цели повышения производительности труда и замены ручного малопроизводительного труда механизированным.

Сложность комплексной механизации трубозаготовительного производства вызвана следующими его особенностями:

изготовление узлов включает многие виды операций;

большое разнообразие диаметров и толщин стенок труб, конфигураций узлов и их размеров;

большая металлоемкость узлов и др.

Создание универсальных манипуляторов с программным управлением, получивших название промышленных роботов, является качественно новым решением механизации и автоматизации производства. «Рука» робота может осуществлять те же действия и движения, которые выполняют рабочие при взятии, перемещении и установке деталей и изделий. Быстродействие и точность перемещения «руки» робота соизмеримы или превосходят возможности человека, а функциональная универсальность и быстрота переналадок обеспечивает широкие технологические возможности роботов. В настоящее время ведутся работы по созданию промышленных роботов, которые способны заменить тяжелый, утомительный труд рабочего.

Механизированы операции на ряде станков для резки и гибки труб, сборка и сварка элементов, перемещение труб и деталей по технологическому потоку. Трубозаготовительные цехи монтажных организаций обычно располагаются в типовом одноэтажном одно- или многопролетном производственном здании, оснащенном мостовыми кранами или кран-балками грузоподъемностью 2...5 т.

Годовой выпуск узлов в трубозаготовительных цехах обычно составляет 500...2000 т и его определяют исходя из объема строительно-монтажных работ. В зависимости от объема производства и диаметров изготовляемых трубопроводов в трубозаготовительных цехах организуют две поточные линии: для трубопроводов с D_y = =50...150 мм и с D_y=200...600 мм. Узлы изготовляют из предварительно огрунтованных труб.

На рис. 67 показана типовая схема размещения оборудования в трубозаготовительном цехе производительностью 1000 т узлов в год. Трубы с D_y=200...600 мм с открытого склада поступают на стеллажи 2, а с D_y= =50...150 мм на стеллажи 22, которые рассчитаны на промежуточное хранение одно-двухсменного запаса труб. Со стеллажей трубы роликовыми конвейерами *1* подают через проем в торцовой стене цеха на труборезные станки *3* и *20*. До начала резки трубы проходят разметку на мерные заготовки. Отрезанные заготовки поступают на стеллажи *4* и *19*, а затем на установку *6*, где калибруются концы деталей и заготовок с D_y=200... 500 мм. Каждая заготовка после калибровки маркируется краской, а затем консольно-поворотными кранами *10* передают на стенды *5* и *18* для сборки элементов. На стендах, оборудованных каретками и установочными призмами, собирают и прихватывают заготовки с де-

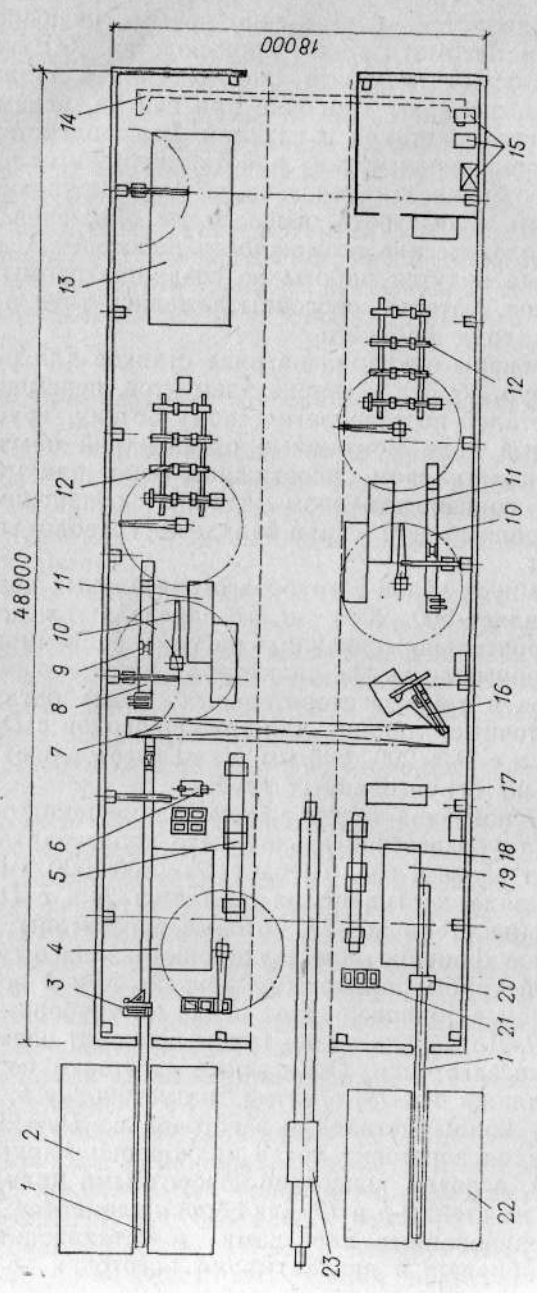


Рис. 67. Схема планировки трубозаготовительного цеха с годовой программой 1000 т узлов
1 — роликовый приводной конвейер; *2* — двухрядный стеллаж; *3* — установка для резки УРТ-630 М; *4, 19* — стеллажи для патрубков; *5, 18* — стенды для сборки элементов; *6* — установка для калибровки концов труб и деталей; *7* — кран электрический опорный двухбалочный грузоподъемностью 5 т; *8* — кран-укосина; *9* — сварочный пост; *10* — консольно-поворотный кран; *11* — стеллаж; *12* — стенд для сборки узлов; *13* — сборочно-сварочный стенд; *14* — кран-балка грузоподъемностью 12 т; *15* — источники электропитания; *16* — трубогибочный станок ТГМ 38-159; *17* — стол; *20* — трубоотрезной станок ПМ 500; *21* — сетчатый поддон; *22* — двухсекционный стеллаж; *23* — рельсовая приводная тележка

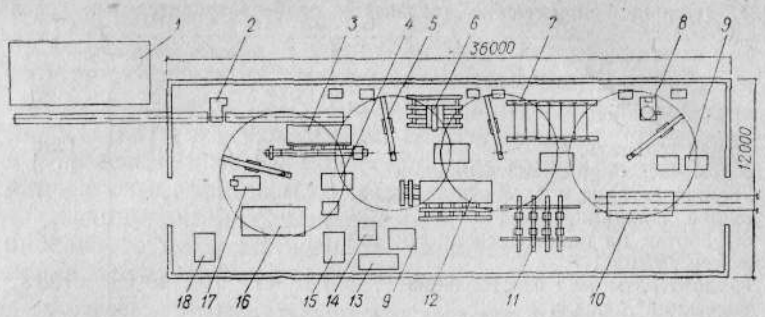


Рис. 68. Схема трубозаготовительного цеха с годовой программой 500 т узлов
1 — стеллаж для труб; *2* — установка для резки УРТ 630 М; *3, 12* — стенд для сборки элементов; *4* — контейнер; *5* — консольный поворотный кран; *6* — сварочный пост; *7* — сборочно-сварочный стенд; *8* — сварочный автомат АДФГ-501; *9* — бункер; *10* — приводная тележка СМ-522; *11* — стенд для сборки узлов; *13* — слесарный верстак; *14* — трубогиб ТГР-50; *15* — резьбонарезной механизм ПРП-603; *16* — промежуточный стеллаж; *17* — устройство для калибровки труб и деталей; *18* — маятниковая пила ПМ-300/80

талями трубопроводов. Собранные элементы кран-балкой *14* передают на сварочный пост *9*, который состоит из фрикционного вращателя УВТ-1, опорных роликов и сварочных полуавтоматов, установленных на балках-укосинах *8*. После сварки элементы кран-балками подают на стенд *12* для сборки плоских и пространственных узлов, а затем на сборочно-сварочный стенд *13*.

Выполнение операций технологического процесса изготовления узлов контролируют путем периодических проверок правильности соблюдения требований технической документации и норм контроля качества.

При строительстве промышленных объектов со сравнительно небольшим объемом трубопроводных работ (до 500 т в год) централизованное изготовление узлов производят в цехах (рис. 68), размещенных в сборно-разборном здании панельного типа размером 12×36 м, высотой 4,2 м. Такое здание устанавливают на плоские фундаментные блоки и собирают из отдельных утепленных панелей полной заводской готовности. Такие цеха оснащают набором оборудования, приспособлений и инструмента, обеспечивающего выполнение всех технологических операций при изготовлении узлов с D_y = =50...500 мм. Технологическая последовательность выполнения операций аналогична.

Основные технико-экономические показатели наиболее распространенных трубозаготовительных цехов и мастерских приведены в табл. 23.

23. Технико-экономические показатели трубозаготовительных цехов

Показатель	Годовая программа, т		
	500	1000	2000
Общая площадь, м²	430	864	1296
В том числе производственная, м²	380	720	1170
Съем продукции с 1 м² производственной площади, т/год	1,3	1,4	1,7
Выработка на одного основного рабочего, т/год	46	50	52
Трудозатраты на изготовление 1 т продукции*, чел.-ч	45	40	38

* Без учета трудоемкости очистки и огрунтовки труб и узлов.

Применение прогрессивной технологии изготовления узлов, высокопроизводительного оборудования, средств механизации и автоматизации процессов, правильная организация труда и рабочего места дают возможность повысить производительность труда, улучшить качество, сократить трудоемкость и снизить себестоимость выпускаемой продукции.

§ 39. Организация труда и рабочих мест

Для правильной организации труда рабочих необходимо знать физические объемы работ и сроки их выполнения, хорошо изучить всю техническую документацию и технические условия на изготовление и монтаж трубопроводов.

Высокое качество изготовления узлов трубопроводов и сокращение организационных потерь рабочего времени обеспечиваются, как правило, комплексными бригадами. Бригаду должен возглавлять бригадир высокой квалификации 6 или 5 разряда, обладающий знаниями, большим практическим опытом и организаторскими способностями. Бригадир должен не только контролировать качество работ, но и следить за соблюдением правил по технике безопасности. Ежедневно до начала работы бригадир должен выдать задание членам бригады, затем проверить выполнение задания и принять работу.

Большая роль в организации работ бригады принадлежит мастеру. Мастер выдает задание бригаде, подготовляет бригадиру всю техническую документацию и наряды на производство работ, обеспечивает бригаду

оборудованием, материалом и инструментом, помогает бригаде выполнять задание и бригадиру — принимать работу бригады. Инженерно-технические работники следят за тем, чтобы бригады или отдельные рабочие были заняты на исполнении основных работ. Исполнение подсобных работ целесообразно поручать бригадам или рабочим, специально выделенным для этой цели.

Планировка и оснащение рабочих мест трубозаготовительного цеха должны обеспечивать нормальные условия труда рабочего, а именно:

основное и вспомогательное оборудование должно соответствовать условиям типового технологического процесса;

при выполнении различных операций должна обеспечиваться наиболее удобная рабочая поза;

число переходов как в зоне рабочего места, так и в цехе в целом должно быть минимальным;

число межоперационных передач заготовок должно быть ограничено.

С целью создания нормальных условий на рабочем месте необходимо правильно определить место для размещения заготовок, полуфабрикатов, готовых изделий и отходов, а также предусмотреть необходимые проходы и проезды. На рабочем месте необходимо соблюдать нормы искусственного освещения. Уровень освещения в зоне рабочего места должно быть 150...200 лк. В холодный период года температура воздуха в помещении должна быть не ниже 16°С, в теплый — не выше 24°С. Допустимая концентрация газов, пыли и паров в окружающем рабочее место воздухе должна составлять не более 2 мг/м³. Допустимый шум на участке 75...85 дБ при частоте 1000 Гц.

При окраске станочного оборудования рекомендуется применять *бежевые, желтые и желто-розовые* цвета.

Все транспортные средства окрашивают в яркие цвета — *голубые, зелено-голубые.*

Инструмент постоянного пользования должен храниться в шкафах. Габариты тумбочек и ящиков должны отвечать требованиям рационального хранения и удобства пользования ими во время работы. На рабочем месте должны находиться: сменное задание, рабочий наряд, инструкция по эксплуатации оборудования, инструкция по технике безопасности.

§ 40. Правила техники безопасности при изготовлении трубопроводов

В трубозаготовительных цехах обработку труб и деталей производят на металлорежущих станках, приспособлениях и кузнечно-прессовом оборудовании.

К обслуживанию металлорежущих станков и приспособлений допускаются только специально обученные рабочие, хорошо знающие их устройство. Работающий у станка должен быть одет в спецодежду, аккуратно заправленную и не имеющую свисающих концов, волосы должны быть подобраны под головной убор.

Перед пуском станок или приспособление необходимо тщательно осмотреть, проверить наличие кожухов и защитных ограждений. О замеченных неисправностях нужно сообщить мастеру. Во время работы станков запрещается снимать защитные устройства. Обрабатываемые на станках трубы и детали должны быть точно установлены и надежно закреплены. Необходимо также применять специальные поддерживающие устройства, исключающие самопроизвольное скатывание труб и деталей.

Особое внимание следует уделять вопросам техники безопасности при резке на станках и приспособлениях с абразивными дисками, а также на заточных станках. Для обычных обдирочных станков максимальные допустимые углы раскрытия защитного кожуха составляют 90°, а для тех же станков при необходимости расположения обрабатываемой детали ниже горизонтальной оси круга — 120°. Для переносных станков с гибким валом и станков с качающейся рамой нижняя половина круга может быть раскрыта на 180°. Во время работы на этих станках рабочий должен стоять сбоку, а не против абразивного диска.

К работе на трубогибочных станках допускаются только рабочие, прошедшие курс обучения и имеющие удостоверение на право управления данными станками.

При съеме и укладке изогнутых труб рекомендуется тщательно следить за положением центра тяжести трубы, так как при подъеме изогнутая труба может развернуться и поранить рабочих.

В трубозаготовительных цехах в центре внимания инженерно-технического персонала и рабочих должны быть вопросы обеспечения электробезопасности. Все временные электрические сети, электропроводки, электроустройства и электрооборудование должны быть выполнены в полном соответствии с правилами монтажа и эксплуатации электротехнических устройств. Технологическое, электрическое и монтажное оборудование, электрические машины, работающие при напряжении более 36 В (независимо от частоты электрического тока), должны быть надежно заземлены.

Слесарям-трубопроводчикам часто приходится работать совместно с газорезчиками, газо- и электросварщиками, и поэтому они должны знать основные правила техники безопасности при выполнении этих работ.

На расстоянии 10 м от склада кислородных баллонов не разрешается хранить какие-либо горючие материалы. Транспортировать баллоны на монтажной площадке следует с помощью специальных носилок или тележек. На рабочем месте баллон должен быть прикреплен цепью или хомутом к стене, стойке или уложен наклонно. Необходимо, чтобы кислородный инструмент (редукторы, горелки, резаки, рукава), а также спецодежда и рукавицы во избежание загорания не были загрязнены минеральным маслом и жирами.

Электросварщики и слесари должны иметь защитные средства, предохраняющие их от брызг металла, поражения лучами и током. Электросварщик при работе открытой дугой для защиты глаз и открытых частей лица должен иметь щиток или шлем с защитными стеклами (светофильтрами). Работающие непосредственно с электросварщиками при изготовлении и монтаже трубопроводов должны пользоваться теми же средствами защиты, что и сварщики.

Место, где производится сварка деталей и узлов трубопроводов, ограждают ширмами (кабинами), окрашенными в темный цвет. Стенки сварочных кабин должны иметь высоту 1,8...2 м, между стенкой и полом должен быть зазор 18...20 см для доступа в кабину свежего воздуха.

К производству электродуговой сварки в среде инертных газов допускаются электросварщики со специальной подготовкой, усвоившие правила обращения с баллонами для сжатых газов и имеющие диплом на производство этой работы.

При контроле сварных соединений радиоактивными средствами нужно строго руководствоваться специальными инструкциями и правилами. В зоне действия ра-

диоактивного излучателя не должны находиться люди, не занятые этим видом контроля.

Работы по радиографированию сварных соединений выполняют радиографы, имеющие соответствующую подготовку и удостоверение на право производства этих работ.

Для предохранения людей от вредного воздействия гамма-излучения места проведения испытаний нужно оградить, вывесить условные знаки, предупреждающие о радиационной опасности, и плакаты с надписями, предупреждать всех работающих (независимо от административной подчиненности) о ведении просвечивания. Запрещается оставлять источники излучения (ампулы) без надзора.

ГЛАВА X. ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

§ 41. Подготовка производства монтажных работ

Монтаж технологических трубопроводов выполняют индустриальным методом при строгом соблюдении технических условий и правил на производство работ, тщательном контроле качества поступающих на монтаж труб, деталей и узлов трубопроводов, арматуры и других материалов, а также при надлежащем оформлении документов, свидетельствующих о правильном выполнении работ на каждом этапе.

До начала монтажа должны быть закончены общестроительные работы, а также установлены конструкции и оборудование (в случае если их монтаж не ведется совместно с обвязочными трубопроводами), проходы и проезды освобождены от строительного мусора и посторонних предметов, чтобы обеспечить свободный и безопасный доступ к рабочим местам. Прежде чем приступить к монтажу трубопроводов, необходимо ознакомиться с местами их прокладки и принять строительную готовность объекта под монтаж.

При ознакомлении с местом прокладки трубопровода выясняют, возможно ли проложить трубопровод в соответствии с монтажными чертежами, т. е. на принятом расстоянии от стен и колонн здания или сооружения, на заданной высоте, и не мешают ли прокладке трубопровода какие-либо препятствия (ранее смонтированная вентиляция, линии электропроводок, электроосвещение и др.); возможно ли установить в местах,

указанных на чертежах, опорные конструкции, опоры и подвески, компенсаторы и фасонные детали; возможно ли вообще обслуживание арматуры после ее установки; размещаются ли в проектных местах дистанционные приборы управления арматурой, приборы контроля и др., можно ли уложить изоляцию на трубопроводы; какие лестницы и площадки надо установить для беспрепятственного обслуживания трубопроводов.

При проверке готовности строительных конструкций, на которых прокладывается или крепится трубопровод, устанавливают наличие предусмотренных проектом закладных частей и проемов. В случаях отсутствия проектных закладных частей устанавливают дополнительные опорные конструкции, что, однако, приводит к дополнительному расходу металла и увеличению трудоемкости и стоимости монтажных работ. Приемку строительных конструкций и монтаж подтверждают актом.

После ознакомления с местом прокладки устанавливают подмости и леса, которые потребуются при монтаже трубопровода. Применяют, как правило, инвентарные сборно-разборные леса, подмости — самоходные и перемещающиеся.

Перед монтажом собирают требуемые по проекту производства работ такелажную оснастку, приспособления и инструмент, подают узлы и прямые участки трубопроводов и другие комплектующие изделия и материалы в зону монтажа, знакомят бригады с объемами и графиками предстоящих работ, выдают задания и наряды на производство работ, проводят инструктаж по технике безопасности. При индустриальном методе монтажа трубопроводов на монтажную площадку поступают с завода-изготовителя элементы, узлы и законченные линии трубопроводов, а также опорные конструкции, опоры, подвески и другие средства крепления.

§ 42. Такелажные работы и оснастка

Монтаж технологических трубопроводов требует выполнения значительного объема такелажных работ на таких операциях, как погрузка и разгрузка труб, деталей и узлов трубопроводов, арматуры, перемещение их в пределах монтажной площадки, подъем и установка в проектное положение.

При монтаже внутрицеховых трубопроводов широко применяют грузовые блоки, тали и полиспасты, исполь-

зуемые совместно с ручными и электрическими лебедками, а также мостовые и козловые краны, кран-балки. При монтаже трубопроводов пользуются подвесными площадками, а также автогидроподъемниками, телескопическими выдвижными подъемниками и самоходными выдвижными подмостями. Одна из ответственных и трудоемких такелажных операций, связанных с подъемом и установкой в проектное положение труб, деталей, арматуры и узлов трубопроводов, — это их строповка. Строповку грузов должны выполнять специально обученные рабочие, входящие в состав монтажной бригады.

Место расположения строповых устройств выбирают в зависимости от габаритов поднимаемых грузов, их массы и конфигурации, числа и характеристики грузоподъемных средств, а также от схемы подъема.

Узлы или блоки пространственных конструкций трубопровода необходимо стропить так, чтобы центр тяжести находился всегда ниже места строповки по оси разноса стропов, то есть исключалась возможность разворота груза вокруг своей оси. Нужно учитывать также удобство расстроповки после установки отдельных частей трубопроводов в проектное положение. Стропы можно крепить только за надежные части груза.

Подвешивать груз к крюку нужно так, чтобы канат или строп не развязался при натяжении и его можно было легко освободить после снятия груза. Следует применять безопасные крюки, снабженные предохранительными планками или скобами, которые исключают возможность соскальзывания стропа при подъеме груза.

Перед началом подъема груза нужно предварительно приподнять его на высоту 100...200 мм и проверить правильность строповки и равномерность натяжения ветвей стропа. Перед подачей сигнала о подъеме груза рабочий, производивший строповку, должен убедиться в том, что на грузе нет незакрепленных деталей или инструментов, которые могут упасть.

Тяжелую арматуру можно стропить только за корпус или крышку арматуры. Запрещается стропить арматуру за маховик, шпиндель, втулку сальника или другие детали, чтобы не повредить их. Шпиндель рекомендуется обернуть тряпками, чтобы предохранить его от повреждения. Для подъема труб и узлов трубопроводов следует применять инвентарные траверсы и грузоподъемные приспособления.

Трубы и узлы трубопроводов часто стропят с по-

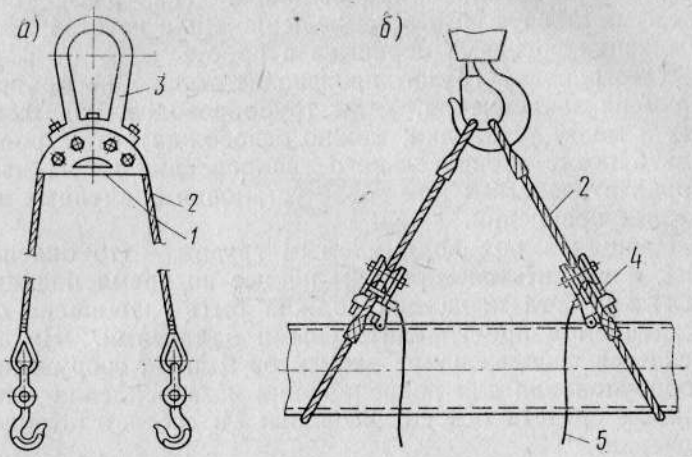


Рис. 69. Захваты для строповки труб
а — уравновешивающий; *б* — полуавтоматический; *1* — сегмент; *2* — строп; *3* — серьга; *4* — захват; *5* — тяговый канат

мощью уравновешивающего захвата (рис. 69, *а*). Захват состоит из сегмента *1* с направляющими ручьями, в которые пропускают нити стропа *2*. Число ручьев соответствует числу стропов. Сегмент подвешивают к крюку подъемного механизма за серьгу *3*. Конструкция стропа позволяет уравновесить груз в момент подъема.

Для подъема длинномерных труб применяют полуавтоматические строповые захваты (рис. 69, *б*), обеспечивающие дистанционную расстроповку установленного в проектное положение груза. Конструкция состоит из двухпетлевых (облегченных) стальных стропов *2*, на которые надеты строповые захваты *4*, и тяговых пеньковых канатов *5*, которые после подъема, установки и закрепления груза размыкают захват и освобождают груз.

При монтаже трубопроводов, а также при погрузочно-разгрузочных работах широко применяют клещевые захваты, которые обеспечивают зажим труб и узлов трубопроводов без предварительной строповки. Крепить блоки, полиспасты, тали, лебедки и расчалки нужно в местах, предусмотренных проектом производства работ. Не следует смазывать, очищать и ремонтировать механизмы и такелажную оснастку, когда они находятся под нагрузкой. Нельзя поднимать грузы при сильном ветре, недостаточном освещении, плохой видимости или

слышимости сигналов крановщиков. Не разрешается оставлять груз в подвешенном или неустойчивом положении во время перерыва в работе.

Расстроповку грузов производят только после проверки их закрепления. Узлы трубопроводов, поднимаемых к месту установки, можно освобождать от стропов только после окончательного закрепления их на двух опорах и подвесках или после установки временных надежных креплений.

Площадка под поднимаемым грузом — это опасная зона, и входить посторонним на нее во время подъема нельзя. Эта площадка должна быть защищена ограждением с предупредительными надписями. Не допускается использование элементов зданий, сооружений и оборудования для подвешивания и закрепления такелажных средств без согласования и соответствующей проверки.

§ 43. Средства малой механизации и инструмент

При монтаже технологических трубопроводов выполняют ряд ручных операций, связанных с обработкой и подгонкой труб и деталей, изготовлением отдельных элементов и соединений, заготовок для трубопроводов малого диаметра (с $D_y<50$ мм), центрированием и укрупнительной сборкой узлов в блоки, очисткой кромок присоединительных концов и наружной поверхности деталей, труб и узлов трубопроводов от грязи, окалины и следов коррозии, расконсервацией арматуры и деталей, сборкой разъемных соединений и, наконец, сборкой и сваркой монтажных стыков.

Для снижения трудоемкости ручных операций необходимо применять ручные машины там, где до сих пор используются ручные инструменты (гаечные ключи, зубила, щетки, напильники и т. д.). Существующие ручные машины надо использовать более эффективно. Только при правильном их применении может быть достигнута высокая производительность труда.

По сравнению с ручным инструментом применение ручных машин дает возможность сократить время для выполнения той или иной операции на 30...50%, при этом внедрение, например, десяти ручных машин освобождает от ручного труда одного рабочего.

Ручной машиной называется машина с пневмо- или электродвигателем, при работе которой руки оператора

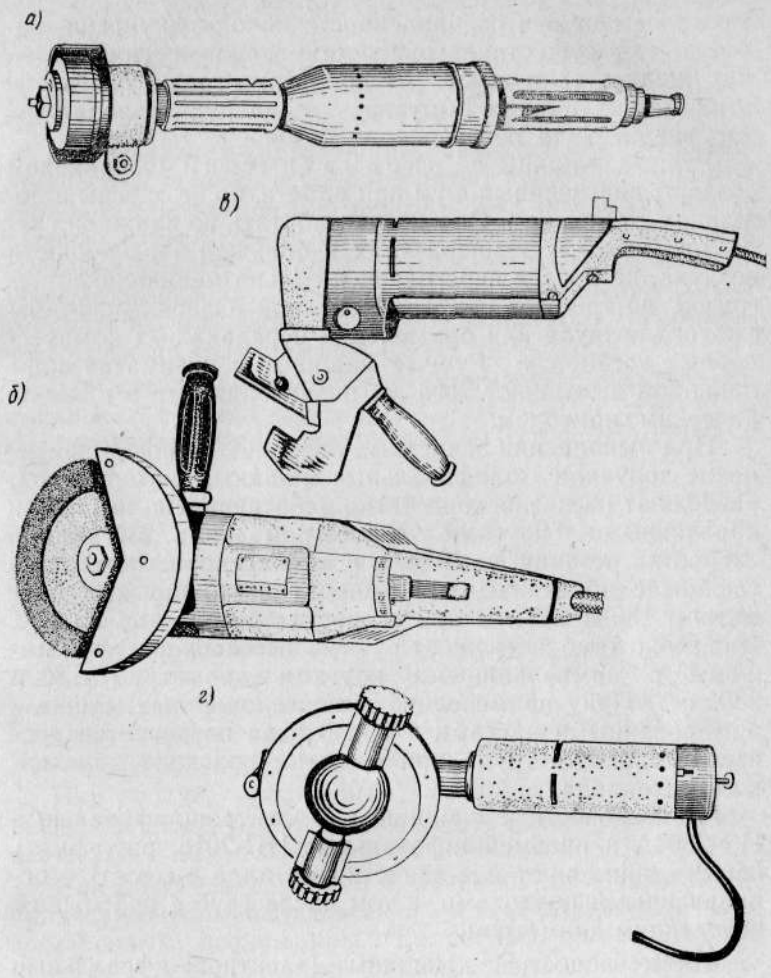


Рис. 70. Ручные машины
а — пневмошлифовальная машина ИП-2015; *б* — пневмошлифовальная машина ИП-2105; *в* — электрокромкорез Э-21М; *в* — электротруборез ПТВ 76-108

полностью или частично воспринимают массу машины, а также усилие, возникающее на рабочем органе в процессе работы. Главное движение рабочего органа машины осуществляется двигателем, а вспомогательное движение (подача) и управление — вручную.

Ручные машины с электрическим приводом бесшумны в работе, но имеют сравнительно большую

металлоемкость и ограниченность использования на работах, где существует опасность воспламенения горючих жидкостей и газов. В последние годы двигатели этих машин начали выпускать с двойной изоляцией, что значительно повышает их безопасность.

Ручные машины с пневматическим приводом создают повышенный шум при работе, но не опасны в пожарном отношении. Они могут работать во влажной среде, при высоких температурах и большой запыленности воздуха, не боятся перегрузок и сильно меняющихся нагрузок, но требуют централизованной разводки системы сжатого воздуха или применения передвижных компрессорных установок. Ручные машины с пневматическим приводом выпускают того же назначения, что и с электрическим приводом.

При выполнении зачистных операций широкое применение получили шлифовальные машины, которые подразделяют на низкоскоростные, работающие с обычными абразивными кругами диаметром 30 ... 230 мм при скоростях резания до 40 м/с, и высокоскоростные, работающие с абразивными армированными кругами диаметром 180 и 230 мм при скоростях резания до 80 м/с. Для резки труб применяют ручные высокоскоростные машины с армированными кругами диаметром 180 и 230 мм. При применении высокоскоростных машин с армированными кругами в 2 ... 3 раза повышается производительность труда при снижении расхода абразивного материала.

Низкоскоростные машины (электрошлифовальные ИЭ-2004А и пневмошлифовальные ИП-2015, рис. 70, *а*) обычно применяют для зачистки металла в местах с ограниченными подходами, в том числе труб с небольшим внутренним диаметром.

Высокоскоростные машины (электрошлифовальные ИЭ-2102В и WSBA-1400 пневмошлифовальные ИП-2204А, П-21А и ИП-2105, рис. 70, *б*) применяют для резки труб, зачистки поверхности околошовной зоны сварных стыков и корня сварного шва, удаления дефектных швов, а также для резки труб.

Для образования фасок на трубах с $D_у > 150$ мм применяют электрокромкорезы Э-21М (рис. 70, *в*) и пневмокромкорезы СМ-1.

Для резки труб с $D_у < 100$ мм со снятием фасок под сварку очень удобны и надежны в эксплуатации легкие

переносные электротруборезы с резцовой головкой типа ПТВ.

Электротруборезы ПТВ32-60П применяют для труб с $D_н = 32$ ... 60 мм и ПТВ 76-108П (рис. 70, *г*) для труб с $D_н = 76$ ... 108 мм с толщиной стенки до 10 мм.

Для удаления грата, образовавшегося после газовой резки труб, наиболее целесообразно применять молоток зубильный зачистной П-6 массой 2,4 кг, обеспечивающий производительность до 0,7 м/мин на этой операции. На операции удаления шлака после электросварки высокая производительность достигается при применении малогабаритного отбойного пучкового зачистного пневматического молотка П-5 массой 1,8 кг.

Для сверления отверстий применяют электросверлильные машины ИЭ-1019А, ИЭ-1017А, ИЭ-1029 и пневмосверлильные машины ИП-1104, ИП-1012А и ИП-1023.

На такой массовой операции, как сборка болтовых соединений, высокая производительность достигается двухстадийным способом затяжки. При этом легкими электрогайковертами ИЭ-3116 или ИЭ-3117 (массой до 3,5 кг), укомплектованными нестандартными сменными головками и удлинителями, производят завертывание гаек до упора, а затем обычным ручным ключом или ключом-мультипликатором выполняют окончательную затяжку болтового соединения. Такой способ затяжки в 3 раза повышает производительность труда.

При сборке фланцевых соединений применяют электрогайковерты ИЭ-3115А, ИЭ-3114А и пневмогайковерты ИП-3207 и ИП-3106А.

Для облегчения работы с ручными машинами получили применение балансиры Б-1 и Б-2, компенсирующие собственный вес машины. Балансиры имеют внутри корпуса подпружиненный барабан. При этом регулирование грузоподъемности (5 ... 20 кг) производят при помощи рукоятки. Инструмент подвешивают к пружинному карабину. Для закрепления балансиров на рабочем месте монтажника применяют легкие порталы или кронштейны. Наиболее распространенным ручным инструментом при производстве трубопроводных работ являются гаечные ключи. Широко используются односторонние и двусторонние гаечные ключи с открытым зевом и комбинированные (рис. 71, *а*, *б*, *в*). Недостатком конструкций этих ключей является то, что рабочее движение такого

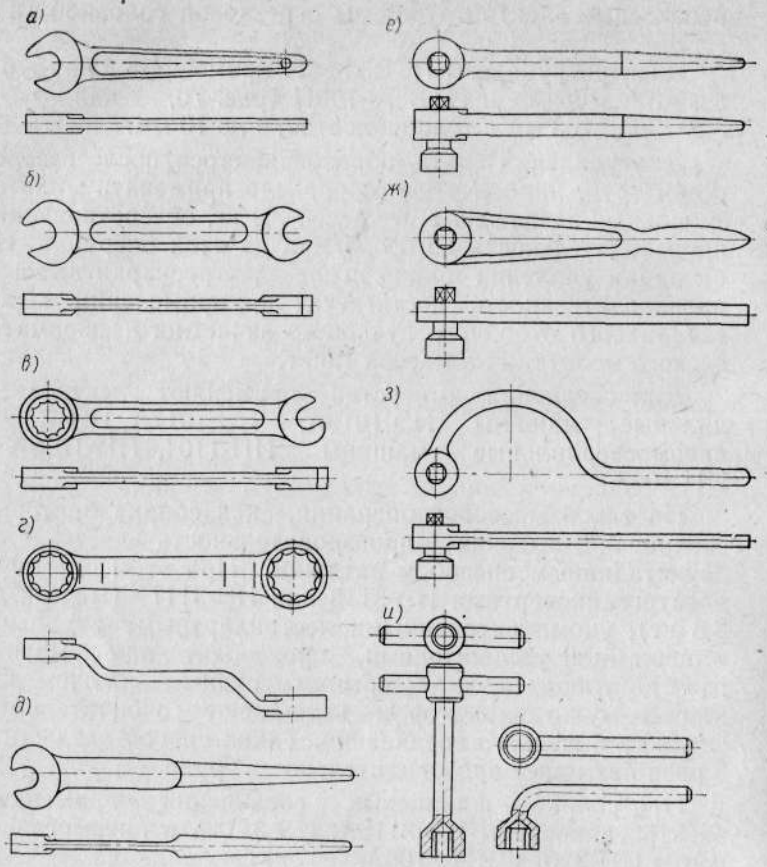


Рис. 71. Ручные гаечные ключи
а — односторонний с открытым зевом; *б* — двусторонний с открытым зевом; *в* — комбинированный; *г* — кольцевой коленчатый; *д* — односторонний коликовый; *е* — трещоточный коликовый монтажный: *ж* — трещоточный алюминиевый монтажный; *з* — радиусный ключ-трещотка; *и* — торцовый

инструмента — одна четверть оборота, отчего требуется частая его перестановка во время работы.

Двусторонние и кольцевые коленчатые ключи (рис. 71, *г*) с двенадцатигранным контуром зева допускают большой угол разворота при рабочем движении инструмента без их перестановки, а также позволяют производить сборку близко расположенных болтовых соединений. При монтаже трубопроводов, арматуры и металлоконструкций получили применение односторонние коликовые ключи (рис. 71, *д*). Конический конец (колик)

ключа используют для центрирования болтовых отверстий фланцев и металлоконструкций.

Для повышения производительности труда применяют ключи трещоточные, которые снабжаются комплектом сменных головок (рис. 71, *е*, *ж*, *з*). Трещоточное устройство позволяет производить завертывание гаек колебательным движением рукоятки без перестановки ключа. Ключ трещоточный имеет с двух сторон квадратные хвостовики с собачкой, что обеспечивает крепление сменных головок с двух сторон. Радиусный ключ-трещотка имеет изогнутую рукоятку, причем радиус изгиба выбирается таким, чтобы при завинчивании гайки труба как бы схватывалась рукояткой ключа. Радиусный ключ используют для сборки болтовых соединений, расположенных в труднодоступных для обычного инструмента местах; близко расположенных трубопроводах между собой, оборудованием и строительными конструкциями.

Торцовые ключи (рис. 71, *и*) используют для завертывания болтов и гаек, расположенных в углублениях. Конструкция таких ключей позволяет вращать гайку без перестановки и тем самым экономить рабочее время. Торцовые ключи изготовляют также со сменными головками. При монтаже трубопроводов из водогазопроводных труб для свертывания таких труб на резьбе применяют рычажные, цепные, накидные и разводные трубные ключи. Трубный разводной ключ очень удобен в работе, так как благодаря самозатягивающейся подвижной губке обеспечивается его надежное сцепление с поверхностью труб.

Одним из недостатков применяемых ручных ключей является ограниченная величина передаваемого под гайку крутящего момента при наибольших усилиях, прилагаемых рабочим к рукоятке.

Для увеличения крутящего момента в ряде случаев применяют специальные удлинители длиной 0,8 ... 1,2 м. Однако применение таких удлинителей не позволяет работать в стесненных условиях и значительно увеличивает массу ключа. Для создания значительных крутящих моментов при сравнительно небольших усилиях рабочего для затяжки гаек большого диаметра (до М52) применяют ключи-мультипликаторы со сменными головками типа КМ-70 для гаек М27 ... М36 и КМ-130 для гаек М30 ... М42. В ключах-мультипликаторах редуцирование крутящего момента производится за счет применения планетарного зубчатого механизма.

Для сборки и контроля усилия затяжки ответственных резьбовых соединений при сборке фланцевых соединений трубопроводов высокого давления применяют ключи, оснащенные механизмом фиксации (динамометрические) и регулирования (предельные) крутящего момента. Основным достоинством предельных ключей является возможность обеспечить приложения крутящего момента определенной, заранее установленной величины, что очень важно при массовой затяжке болтовых соединений.

Ключи предельные трещоточные с регулируемым крутящим моментом КПТР-18Т и КПТР-40Т предназначены для резьбовых соединений соответственно М10...М18 и М10...М27. Предельные ключи для удобства работы выполнены с трещоточным механизмом и с набором сменных головок и съемных рычагов разной кривизны, позволяющих использовать ключи при работе в труднодоступных местах. Для определения требуемого крутящего момента ключи имеют три шкалы.

В динамометрических ключах типа ВД-60 и ВД-120 для гаек соответственно М18 ... М24 и М20 ... М30 необходимый крутящий момент затяжки определяется по показанию индикатора часового типа.

Для обеспечения монтажников ручными инструментами и приспособлениями применяют необходимые нормокомплекты (для бригады рабочих из 7 ... 8 чел.). Инструменты, входящие в набор, размещают в верстаке, предназначенном для хранения, транспортирования и работы. Для переноски инструментов, необходимых рабочему в течение дня, пользуются инструментальными металлическими ящиками.

§ 44. Комплектация, транспортирование и складирование на монтажной площадке

При изготовлении и монтаже трубопроводов вопросу полной комплектации всеми необходимыми изделиями и материалами следует уделять особое внимание, так как от этого зависит ритмичная работа трубозаготовительного цеха и монтажных участков. В последние годы в монтажных организациях для этих целей создают управления, отделы или группы производственно-технической комплектации.

При централизованном изготовлении трубопроводов обеспечивают их поставку на монтажную площадку комплектно по отдельным линиям. Прямые участки труб

рекомендуется направлять вместе с готовыми узлами без предварительного раскроя в необходимых по проекту количествах.

В комплект линии трубопровода, помимо готовых узлов и прямых участков, входят арматура и отдельные детали, не вошедшие в состав узла, крепеж и прокладки, а также опоры и подвески. Все комплектующие изделия рекомендуется перед отгрузкой укладывать в специальные контейнеры, на которых закрепляют бирки с указанием цеха, блока и номера линии.

Комплектацию изделий и материалов на складе и их отгрузку производят по заранее составленным отделом подготовки производства заявкам в соответствии с графиком и ходом выполнения монтажных работ. Комплектность поставки проверяют по спецификациям, по числу упаковочных мест, по ведомостям и другим отправочным документам, а состояние — внешним осмотром.

При строительстве промышленных объектов требуется перевозить сотни тысяч грузов разных видов и назначений. При этом трудоемкость и стоимость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ очень высокая, поэтому правильный выбор и рациональная организация работы транспорта, а также выбор складских помещений имеют большое значение для ускорения темпов строительства и снижения его стоимости.

Для транспортирования тяжелых и громоздких узлов трубопроводов применяют автомобильные прицепы и трейлеры. Трубопроводные блоки и секции межцеховых коммуникаций перевозят на специализированных транспортных средствах: прицепах, автомобильных и тракторных поездах (трубовозах) с устройствами, обеспечивающими проектное опирание блоков и надежность их крепления.

Изолированные секции перевозят на трубовозах, оборудованных специальными крепежными устройствами. Для предохранения от механических повреждений между рядами труб закладывают пеньковый канат под оба их конца или применяют другие прокладки. При погрузке или разгрузке изолированных секций краном их захватывают за концы двухветвевыми стропами или с помощью полужесткого полотенца за середину в центре тяжести.

Открытые торцовые полости арматуры и узлов трубопроводов при транспортировании и хранении закрывают инвентарными пластмассовыми заглушками, пробками

или деревянными щитками, чтобы предохранить их от засорения. Заглушки, пробки и щитки снимают только непосредственно перед осмотром внутренней поверхности и монтажом.

При транспортировании узлов на место монтажа нужно следить за тем, чтобы не повреждалась их маркировка. Поврежденную маркировку необходимо восстанавливать.

Промежуточное складирование труб, деталей и узлов трубопроводов производят комплектами по блокам и линиям и располагают так, чтобы невозможно было перепутать или разукомплектовать их, чтобы был обеспечен свободный подход и подъезд к ним для осмотра, проверки, маркировки и выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Мелкие изделия хранят в ящиках или контейнерах. Узлы с установленной арматурой во избежание повреждения складируют только в один ряд.

На открытой площадке возле мест хранения того или иного узла трубопроводов должны быть поставлены таблички-указатели, для того чтобы необходимые изделия можно было легко найти, особенно в зимних условиях. На табличках указывают номер узла трубопровода и номер линии.

При хранении на открытой площадке или в помещениях без деревянного пола независимо от характера упаковки все монтажные заготовки укладывают на деревянные подкладки высотой не менее 200 мм так, чтобы ни одна их часть не касалась земли и была облегчена строповка при подаче на монтаж.

ГЛАВА XI. МОНТАЖ ВНУТРИЦЕХОВЫХ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 45. Технология монтажа внутрицеховых трубопроводов

Технологию монтажа внутрицеховых трубопроводов выбирают в зависимости от конкретных условий и наличия грузоподъемных и такелажных средств. Способы производства работ определяет монтажная организация, которая несет ответственность за соблюдение требований, предъявляемых к монтажу трубопроводов в соответствии с их категориями, указанными в проекте.

За выбор схемы трубопровода, правильность и целесообразность его конструкции, правильность прочностного и гидравлического расчетов, расчета на компенсацию тепловых деформаций, за выбор материала, способов прокладки, дренажа, а также за проект в целом и за соответствие его действующим общесоюзным или ведомственным правилам и нормам несет ответственность организация, разрабатывающая проект.

Все изменения проекта, которые могут возникнуть в процессе изготовления и монтажа трубопровода, в том числе замена марок и материала труб, деталей трубопроводов, арматуры и других изделий, должны быть согласованы с ответственными представителями заказчика и оформлены через проектную организацию соответствующей документацией.

Технологическая последовательность и средняя трудоемкость основных операций монтажа внутрицеховых трубопроводов, %:

Транспортирование и складирование всех материалов и изделий на площадке	3
Внешний осмотр изделий, расконсервация, доукомплектование и подача к месту укрупнительной сборки	9
Устройство лесов и подмостей	3,7
Разбивка трассы	3,9
Установка опор и подвесок	4
Укрупнительная сборка и сварка узлов и блоков	7
Установка узлов и блоков в проектное положение	13
Установка прямолинейных участков в проектное положение	3
Установка арматуры, которая не вошла в состав узлов и блоков	4,6
Сборка и подгонка монтажных стыков	12,5
Сварка монтажных стыков	6,7
Выверка и закрепление на опорах и подвесках	11
Сборка фланцевых соединений	10
Гидравлическое или пневматическое испытание	6
Разборка лесов и подмостей	2,6

Линии и участки трубопроводов сложной конфигурации с условным проходом более 50 мм, как правило, монтируются из узлов, заранее изготовленных в трубозаготовительных цехах. Прямолинейные участки трубопроводов с условным проходом более 50 мм монтируют как из заранее собранных и сваренных секций длиной 24...36 м, так и из отдельных труб. Трубопроводы диа-

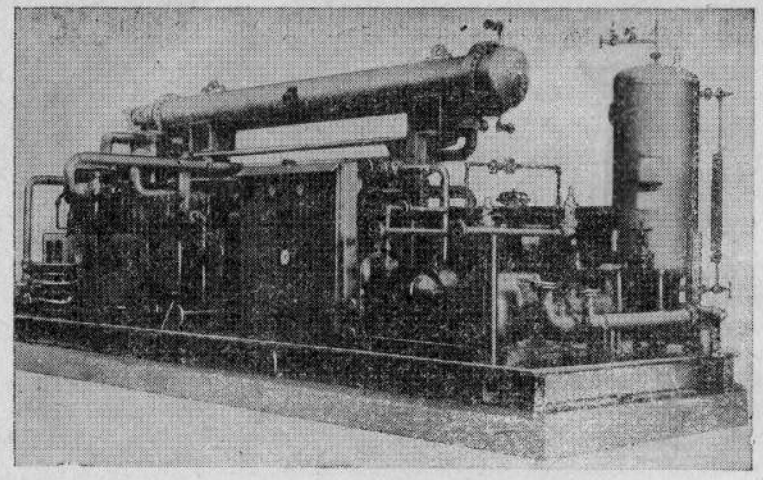


Рис. 72. Агрегированный блок оборудования и трубопроводов, собранный на общей раме

метром менее 50 мм (их масса составляет около 5% общего объема) в основном собирают на месте монтажа.

Широко применяют крупноблочный монтаж конструкций, оборудования и трубопроводов, при котором в цехах и заводах монтажных организаций собирают обвязочные трубопроводы вместе с оборудованием в блоки и доставляют их на место монтажа. В отдельных случаях такие блоки собирают на площадках для укрупнительной сборки. При монтаже внутрицеховых и межцеховых трубопроводов общего и специального назначения выполнение операций, связанных с обработкой труб и деталей, сборкой и сваркой соединений, контролем качества и термической обработкой сварных швов осуществляют с соблюдением тех же требований, что и при централизованном изготовлении трубопроводов. Ряд технологических операций монтажа стальных внутрицеховых трубопроводов общего назначения повторяется и при монтаже стальных межцеховых трубопроводов и трубопроводов специального назначения, а также трубопроводов из других материалов. Значительное сокращение сроков монтажа объектов и повышение производительности труда на монтажной площадке достигаются при переходе на сооружение промышленных объектов из агрегированных блоков оборудования и трубопроводов.

Агрегированный блок (рис. 72) в отличие от трубопроводных блоков, собираемых при укрупнительной сборке, представляет собой часть технологической установки, которая состоит из одной или нескольких единиц оборудования, обвязочных трубопроводов с арматурой, приборов контроля, автоматики и управления, испытанных на месте изготовления (на заводе или в мастерской) и поступающих на монтажную площадку в готовом виде, не требующем разборки перед вводом в эксплуатацию.

Применение агрегированных блоков, смонтированных на жестких рамах, позволяет во многих случаях устанавливать их без фундаментов непосредственно на бетонное основание с креплением самоанкерующимися болтами. Изготовление и поставка таких блоков возможны только в тех случаях, когда это предусмотрено технологическим проектом данного объекта.

§ 46. Разбивка трассы трубопровода

Разбивку трассы производят в соответствии с проектом, в котором указаны привязки осей трубопроводов к перекрытиям, стенам и колоннам. При разбивке трассы переносят на место прокладки оси и отметки трубопроводов и размечают места установки опор, креплений, компенсаторов и арматуры.

При монтаже трубопроводов за нулевую высотную отметку условно принимают отметку уровня чистого пола здания. Положение осей и высотных отметок зданий или сооружений закрепляют знаками. Знаки высотных отметок называют реперами, а знаки, определяющие положение контрольных осей, плашками. Реперы и плашки устанавливают строительные организации. Обычно реперы закрепляют на колоннах на 1 м выше нулевой отметки.

При разбивке трассы внутрицеховых трубопроводов оси и отметки закрепляют с помощью знаков, наносимых непосредственно на стены здания, металлические и железобетонные конструкции чертилкой, масляной краской или мелованной нитью. Сначала разбивают горизонтальные оси трубопроводов.

Обычно высотные отметки горизонтальных осей трубопроводов находят путем простых отмеров от уровня чистого поля с помощью отвеса, стальной рулетки или

линейки. Перед этим необходимо убедиться (по акту приемки строительных конструкций под монтаж) в том, что абсолютные высотные отметки полов или перекрытий здания, от которых даны привязки осей, соответствуют указанным в чертежах.

Если невозможно произвести замер от пола или перекрытия, на стены и колонны зданий вдоль трассы будущего трубопровода примерно через каждые 10 м переносят при помощи нивелира или гидравлического уровня и линейки отметки от имеющихся реперов. От перенесенной отметки отмеряют расстояние до оси трубопровода, которое определяют вычитанием отметки репера из проектного расстояния до оси трубы.

Например, репер нанесен на отметке +1,2 м, а трубопровод по чертежу должен быть проложен на расстоянии 7500 мм от уровня чистого поля. В этом случае ось трубопровода должна располагаться на расстоянии 7500—1200=6300 мм от репера.

К перенесенной на колонну отметке оси трубопровода прикладывают слесарный угольник и проводят яркой краской горизонтальную черту. Полученную отметку H (рис. 73) переносят, пользуясь гидроуровнем, на следующие колонны. Если трубопровод должен прокладываться с уклоном, то отметку переносят на следующую колонну с учетом направления и уклона.

Например, в монтажном чертеже указан уклон $i=0{,}001$ (т. е. 1 мм на 1000 мм). В этом случае при расстоянии между колоннами 12 м отметка оси трубы на второй колонне должна быть выше или ниже отметки на первой колонне (в зависимости от направления уклона) на $12000 \cdot 0{,}001 = 12$ мм.

После этого на каждой колонне от отметки оси трубы откладывают расстояние h до подошвы опоры, а следовательно, до верха опорного кронштейна (точка *Б*), взяв размер из чертежа опоры.

Нивелирование с помощью горизонтального луча нивелира (или лазера) позволяет определять превышение (или понижение) одной точки относительно другой. Для этого нивелир устанавливают примерно посередине между точками замера на линии, соединяющей эти точки. Точку, относительно которой определяют превышение (или понижение), называют задней, а вторую точку — передней.

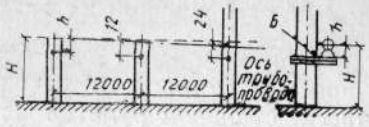


Рис. 73. Разметка положения опорных кронштейнов трубопровода на колоннах здания

Допустим, отметка какой-то точки A известна. Нужно найти отметку точки. B. Для этого между точками A и B устанавливают нивелир, приводят его в горизонтальное положение и делают отсчеты сначала по рейкам, установленным в точке A, а потом в точке B. Допустим, что по рейке в точке A отсчет составил 1375 мм, а в точке B — 355 мм. Таким образом, разность отметок составляет 1375—355=1020 мм. Если отметка в точке A была известна и равнялась 5152 мм, то отметка в точке B будет равна: 5152+355=6172 мм.

Если известно расстояние между точками A и B, например 30 м, то уклон будет равен: 0,355:30=0,012.

Надземные и подземные технологические трубопроводы проектируют с учетом рельефа местности с гидравлическим уклоном, обеспечивающим возможно полное освобождение от их продукта в цеховую аппаратуру или в специальные емкости. Уклоны трубопроводов указывают в проекте и принимают их, не менее: для легкоподвижных жидких веществ — 0,002; для газообразных веществ — 0,003; для высоковязких и застывающих веществ — 0,02.

При прокладке неизолированных трубопроводов в каналах, на высоких и низких опорах и эстакадах расстояние между стенками труб в свету принимают с учетом расположения фланцев вразбежку, не менее: для труб с $D_y=50...100$ мм — 80...90 мм; для труб с $D_y=100...350$ мм—100...120 мм и с $D_y>350$ мм — 150 мм.

Прокладку трубопроводов внутри зданий и установок обычно выполняют на опорах по стенам и колоннам, на подвесках к балкам перекрытий и потолкам с учетом свободного перемещения подъемно-транспортного оборудования. Расстояние от пола до низа труб или поверхности их теплоизоляции должно быть не менее 2,2 м. Расстояние между крайним трубопроводом или поверхностью его теплоизоляции и стеной должно обеспечивать возможность свободного теплового расширения, осмотра и ремонта трубопровода и арматуры и принимается в свету не менее 100 мм.

Разметку выполняют по каждой линии трубопровода отдельно. Сначала разбивают ось главной магистрали, а затем оси ответвлений к аппаратам, машинам, арматуре или другим линиям. По этим осям размеча-

ют места установки компенсаторов, арматуры, подвижных и неподвижных опор, подвесок, кронштейнов.

Разбивку трассы трубопровода оформляют актом, к которому прилагают ведомость привязки осей и поворотов с указанием знаков, поставленных на стойках или нанесенных несмываемой краской на стены.

§ 47. Монтаж опорных конструкций, опор и подвесок

Установку опорных конструкций, опор и подвесок производят после того, как размечены оси трубопроводов и определены места крепления и расположения отдельно стоящих фасонных деталей и арматуры. Места расположения отверстий в строительных конструкциях для закладных частей крепления трубопроводов указывают в строительной части проекта и подготовляют при выполнении строительных работ.

Наиболее распространенные типы опорных конструкций для внутрицеховых трубопроводов — кронштейны. Кронштейны крепят на железобетонных элементах здания, приваривая к закладным деталям при помощи стяжных шпилек или тяг, которые пропускают через сквозные отверстия, имеющиеся в колоннах и балках, или в обхват колонн. Устройство гнезд и установка кронштейнов для отдельно прокладываемых трубопроводов малого диаметра и отверстий для прохода через стены и перегородки часто не предусматриваются строительной частью проекта, поэтому их выполняют после разметки осей трубопроводов.

На пробивку стен и особенно колонн необходимо разрешение строительной организации. Если каркас здания металлический, то опорные конструкции приваривают. При закреплении опорных конструкций необходимо установить их строго горизонтально и обязательно проверить по уровню. Установленные конструкции на вертикальных участках проверяют по отвесу. Допускаемые отклонения опорных конструкций от проектного положения не должны превышать: в плане ± 10 мм; по уклону $+0{,}001$.

Опоры следует устанавливать в проектное положение вместе с соответствующими узлами и блоками. Иногда их устанавливают после подъема узлов и блоков на проектную отметку. Отклонение опор и подвесок от проектного положения не должно превышать: в

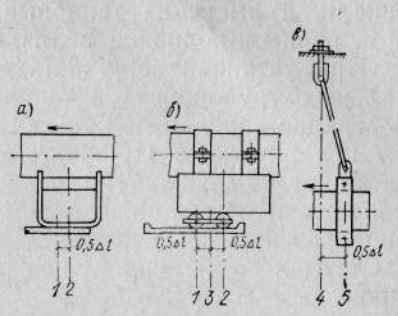


Рис. 74. Установка подвижных опор и подвесок с учетом тепловых расширений
а — скользящая; *б* — катковая; *в* — подвесная; *1* — ось основания; *2* — ось корпуса; *3* — ось обоймы; *4* — ось подвески; *5* — ось хомута

плане ± 5 мм для трубопроводов внутри помещений и ± 10 мм для наружных трубопроводов, по уклону не более $\pm 0{,}001$.

Для выравнивания высотных отметок и уклона трубопровода под подошвы опор можно устанавливать стальные прокладки и приваривать их к закладным частям или к опорным конструкциям. Такие прокладки нельзя устанавливать между трубой и опорой.

Для избежания перемещения трубы в хомуте от теплового расширения трубопровода у неподвижных опор к трубам приваривают упоры, которые упираются в торцы хомутов корпуса опоры и не дают возможности трубе сдвинуться.

Упоры устанавливают так, чтобы зазор был не более 1,5 мм. Вогнутую поверхность упоров и поверхность трубы в месте их установки перед приваркой зачищают шлифовальной машинкой.

При установке подвижных опор трубопроводов необходимо следить за тем, чтобы соприкасающиеся поверхности плотно прилегали друг к другу и исключалась возможность сползания их подвижных частей с опорных поверхностей. У скользящих опор перемещение подвижной части должно быть легким и плавным без заеданий. В подвижных катковых опорах ролики должны свободно вращаться и не выпадать из своих гнезд. Все подвижные части опор смазывают консистентной смазкой.

При установке опор и подвесок учитывают перемещение трубопроводов от теплового расширения Δl. Для этого их смещают на величину, равную $0{,}5\ \Delta l$, от центра опоры в сторону, противоположную удлинению (рис. 74). Тяги подвесок трубопроводов, не имеющих тепловых перемещений, устанавливают строго по вер-

тикали, а имеющих тепловые перемещения — с наклоном, равным половине величины перемещения.

При установке пружинных подвесок и опор вертикальных трубопроводов опорные конструкции пружин и верхние тарелки должны быть строго перпендикулярны оси пружины. Пружины этих опор и подвесок затягивают на величину, указанную в проекте. На время монтажа и испытания трубопроводов пружины должны быть разгружены с помощью жестких стяжек, которые удаляются по окончании испытания трубопровода.

§ 48. Укрупнительная сборка узлов трубопроводов

Предварительная укрупнительная сборка узлов трубопроводов сокращает число трудоемких операций, связанных с подъемом, уменьшает объем работ по сооружению лесов и подмостей, резко сокращает подгоночные работы на высоте, создает условия для безопасного ведения работ и улучшает качество их выполнения. Укрупнительную сборку блоков выполняют в соответствии с проектом производства работ, а при его отсутствии принимают решения исходя из условий монтажа.

Размеры и масса блоков должны обеспечивать удобство их транспортирования к месту монтажа и установки в проектное положение (возможности прохода через проемы, между цеховыми металлоконструкциями, оборудованием, линиями других трубопроводов).

Блок при подъеме и установке должен сохранять необходимую жесткость и прочность, чтобы избежать его поломки или остаточной деформации. В отдельных случаях устанавливают временные связи, обеспечивающие требуемую жесткость. В состав блока входят все детали, которые предусмотрены рабочим чертежом трубопровода (арматура, штуцера и бобышки контрольно-измерительных приборов и автоматики, штуцера для дренажей и воздушников и т. д.).

Укрупнительную сборку блоков трубопроводов выполняют на жестких, хорошо выверенных стеллажах или на бетонированной площадке. Такие площадки размещают вблизи места монтажа в зоне действия монтажного крана и рядом с подъездными дорогами. Для сборки применяют специальные стенды и приспособления — кондукторы и центраторы, обеспечивающие правильное положение деталей, узлов, труб и арматуры при сварке.

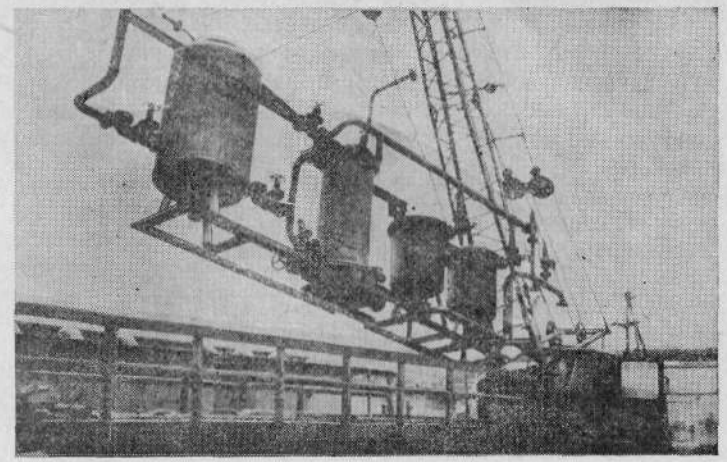


Рис. 75. Блок трубопроводов с оборудованием в момент подъема

В зимнее время сборочный участок оборудуют закрытыми будками (тепляками) для сварки трубопроводов.

Если позволяют условия монтажа, иногда блоки трубопроводов собирают вместе с оборудованием и устанавливают на общей раме (рис. 75).

Узлы собирают в блоки обычно после контрольных замеров готовых узлов и проверки расположения штуцеров оборудования в местах установки блоков. При необходимости после этого на узлах и элементах отрезают припуски или, наоборот, в них вваривают патрубки. Перед укрупнительной сборкой с деталей, арматуры и с узлов трубопроводов снимают временные заглушки и пробки, предохраняющие их концы от загрязнения в период хранения и транспортирования, а также производят расконсервацию фланцев и концов труб и деталей.

На готовом блоке должны быть закончены все сборочные и сварочные работы, произведена термическая обработка стыков (если она требуется) и проверено качество сварки. Собранный блок не должен требовать каких-либо подгоночных работ на месте его установки,

поэтому нужно производить предварительно контрольную сборку сопрягаемых между собой блоков.

Приварку на трубы крепежных деталей для тепловой изоляции также производят на площадке при укрупнительной сборке. При приемке блоков, покрытых тепловой изоляцией, проверяют плотность прилегания теплоизоляционных конструкций к изолируемой поверхности.

§ 49. Установка узлов трубопроводов в проектное положение

Перед установкой узлов, блоков и труб в проектное положение необходимо убедиться в надежном закреплении всех опорных конструкций, в затвердении бетона у кронштейнов, заделанных в строительные конструкции, выверить и закрепить основное технологическое оборудование и подготовить все необходимые устройства и приспособления для работы на высоте.

Монтаж внутрицеховых трубопроводов начинают с установки щитов управления и обвязки оборудования. В первую очередь устанавливают узлы и блоки, присоединяемые к щитам управления и оборудованию, а также узлы основных магистральных участков трубопроводов, за исключением подгоночных (замыкающих) участков, указанных в рабочих чертежах или определяемых монтажной организацией.

Подгоночные участки изготовляют и монтируют только после окончательного закрепления всех смежных участков трубопровода. Размеры и конфигурацию таких участков определяют путем тщательных замеров с натуры по месту.

На поднимаемом блоке желательно заранее установить опоры и подвески — это облегчит выверку блока. Если на блоке трубопровода предусмотрен монтажный (подгоночный) стык и припуск не обрезан на монтажной площадке, измеряют по месту, на какую величину нужно обрезать монтажный припуск с учетом зазора под сварку. Перед подъемом блока обрезают припуск и снимают фаску под сварку. Монтажные припуски устанавливают для компенсации возможной неточности в размерах собираемого блока, строительных конструкций или оборудования.

Если при сборке трубопровода обнаруживается, что зазор между торцами труб превышает допустимую величину, то исправлять этот дефект нагревом, натяжением или искривлением оси трубопровода запрещается. В этом случае один из концов труб обрезают и в трубопровод вваривают вставку.

Чтобы все сварные швы трубопровода были доступны для осмотра, сварные стыки при монтаже располагают на расстоянии не менее 50 мм от опор или подвесок, а в трубопроводах пара и горячей воды, подконтрольных Госгортехнадзору СССР, не менее 200 мм. Если трубопровод изготовлен из сварных труб, то продольный шов располагают так, чтобы его было удобно осматривать. Лучше всего сварной шов располагать сверху, а при наличии двух продольных сварных швов они должны размещаться по бокам. Фланцевые соединения рекомендуется располагать по возможности непосредственно у опор.

При монтаже технологических трубопроводов нельзя устанавливать арматуру, фланцевые и резьбовые соединения (включая дренажные устройства) над оконными и дверными проемами, а также располагать соединения труб (в том числе и сварные стыки) над опорами, в толще стен, перегородок или перекрытий. Прокладываемые трубопроводы не должны пересекать оконные и дверные проемы.

Трубы, проходящие через стены, перегородки и другие строительные конструкции, устанавливают в гильзы, выступающие за пределы строительных конструкций на 50...100 мм в каждую сторону. Гильзы надевают на трубу до начала монтажа и заделывают в стены цементным раствором после окончательной установки трубопровода. Для прохода вертикальных участков трубопроводов через перекрытия в них также устанавливают гильзы, к которым приваривают опорные шайбы. Шайбы должны опираться на черный пол перекрытия. Гильзы должны выступать на 150...200 мм над перекрытием, чтобы при мытье полов вода не натекала через них в нижний этаж. Участок трубопровода, заключенный в гильзе, не должен иметь сварных стыков. Установка гильз обеспечивает их свободное линейное температурное удлинение.

В условиях монтажа на открытых площадках при дожде, сильном ветре и снегопаде сварочные работы могут выполняться лишь при условии надлежащей защиты места сварки от попадания влаги и резкого охлаждения, что достигается с помощью брезентовых зон-

тов и специальных укрытий (тепляков), а также тщательной очистки концов труб от снега, наледи и влаги и их сушки.

Расположение и крепление трубопроводов внутри здания должно производиться с учетом возможности свободного перемещения подъемно-транспортных средств.

При сборке трубопроводов надо обращать внимание на взаимное положение совместно укладываемых участков. Рядом идущие трубопроводы должны быть параллельны, а вертикально расположенные участки — строго вертикальны.

Обвязочные трубопроводы вертикальных аппаратов колонного типа рекомендуется монтировать до подъема аппаратов в проектное положение. При этом отпадает необходимость в выполнении работ на высоте, значительно сокращается продолжительность и повышается качество монтажных работ.

При монтаже обвязочных трубопроводов центробежных насосов необходимо соблюдать особые требования, так как большое значение для нормальной работы насосов имеет правильный монтаж всасывающих трубопроводов, исключающий образование воздушных мешков. Особенно важно правильно установить горизонтальные линии всасывающих трубопроводов, на которых не должно быть участков, расположенных выше чем верхняя точка всасывающего штуцера насоса. Всасывающие трубопроводы должны быть смонтированы таким образом, чтобы воздух не мог скапливаться в трубопроводе.

В случае присоединения трубопроводов к насосам, стопорным клапанам турбин, конденсаторам и другому оборудованию необходимо добиваться, чтобы замыкающий фланец трубопровода был подогнан без натяга и перекоса, чтобы не нарушить центровки насоса (сдвига агрегата) во время его работы. Кроме того, перекос фланцевого соединения при затяжке болтов может вызвать обрыв фланца на чугунном корпусе насоса.

Особенно внимательно нужно следить за тем, чтобы вес узлов не передавался на насосы, компрессоры и другие машины, и не допускать присоединения трубопроводов к оборудованию консольно, без закрепления их на опорах или подвесках.

Сливные линии подключают к нижним точкам участков водопроводов, отключаемых задвижками. Сливные и дренажные трубопроводы прокладывают с уклоном. Дренажные и сливные линии должны иметь достаточную компенсирующую способность, особенно в местах присоединения к основным трубопроводам.

При удлинении основных трубопроводов из-за тепловых расширений присоединенные к ним дренажные и сливные линии должны иметь свободу перемещения, так как при невыполнении этого требования дренажные трубопроводы будут препятствовать свободному тепловому удлинению паропровода, к которому они присоединены, и могут возникнуть опасные напряжения в месте приварки штуцера к трубопроводу.

Для слива воды из трубопровода после гидравлического испытания в первую очередь используют устройства, предусмотренные для технологического дренажа. При отсутствии этой возможности на трубопроводах привариваются специальные спускники в виде штуцера с заглушкой.

На всех трубопроводах независимо от их назначения предусматриваются специальные штуцера-воздушники с краном или вентилем, которые размещают в верхних точках трубопровода, а при необходимости продувки в цеховую аппаратуру — в начальных и конечных точках трубопровода. При монтаже трубопроводов может возникнуть необходимость подключения вновь смонтированных трубопроводов к действующим. Подключение к действующим трубопроводам производит эксплуатационный персонал предприятия, в ведении которого находятся эти трубопроводы, и с разрешения его администрации. При перерывах в работе все открытые концы монтируемых трубопроводов закрывают заглушками или щитками во избежание засорения.

§ 50. Монтаж трубопроводной арматуры

Применяемая для технологических трубопроводов арматура должна иметь сертификаты или паспорта заводов-изготовителей, содержащие указания о пределах допустимых давлений и температуры, а также сведения о материалах основных деталей.

Сальниковые уплотнения установленной и предъявляемой к сдаче арматуры не должны быть затянуты до отказа.

Запорные устройства арматуры должны легко двигаться. Арматура, имеющая механический привод, независимо от срока хранения перед выдачей ее в мон-

таж должна проходить обязательную проверку и регулировку на стенде с составлением акта.

Для определения правильного положения арматуры, установленной на трубопроводах, необходимо руководствоваться указаниями в каталогах, технических условиях и рабочих чертежах арматуры. Соблюдение правильного направления движения транспортируемого продукта определяют по указателю стрелки, отлитой на корпусе арматуры. Положение осей штурвалов определяется проектом.

Трубопроводная арматура размещается по проекту в местах, доступных для свободного и безопасного обслуживания и ремонта. Арматуру устанавливают, как правило, в сборе с готовыми узлами трубопроводов, поставляемыми из трубозаготовительных цехов, или при укрупнительной сборке узлов в блоки на монтажной площадке.

При монтаже арматуры, не вошедшей в состав узлов или блоков, ее предварительно устанавливают и закрепляют на опорах, после чего производят присоединение к ней труб и деталей. При креплении арматуры следят за тем, чтобы элементы крепления не закрывали имеющуюся на ней маркировку.

Перед установкой арматуры необходимо вынуть пробки (или снять щитки) и тщательно осмотреть внутреннюю полость, чтобы убедиться, что в ней нет посторонних предметов и грязи.

При установке фланцевой арматуры проверяют правильность подбора фланцев, крепежа, прокладочных материалов и следят за тем, чтобы не было перекоса при сборке фланцевых соединений. При установке бесфланцевой приварной арматуры необходимо следить за правильной подгонкой стыков к сварке и соблюдением технологии сварки. Перед сваркой арматуры с трубопроводом предусматривают установку временных опор и подвесок вблизи сварных стыков с целью разгрузки их при сварке и термообработке.

§ 51. Монтаж компенсаторов

Перед установкой компенсаторов в проектное положение необходимо их осмотреть. Как правило, все компенсаторы перед окончательным присоединением к трубопроводу должны быть предварительно растянуты или сжаты и установлены на трубопроводы вместе с

распорным (или сжимающим) приспособлением, которое снимают лишь после окончательного закрепления трубопроводов на неподвижных опорах.

Растяжку применяют для «горячих» линий трубопровода, а сжатие — для «холодных». Величину предварительной растяжки (сжатия) компенсатора указывают в проекте. При этом необходимо учитывать поправку на температурные условия в момент монтажа компенсатора. Если монтаж выполняют при температуре воздуха, принятой в расчете компенсатора, то растяжку (сжатие) его осуществляют на величину, равную половине температурного изменения длины участка трубопровода, т. е. $\Delta/2$.

В большинстве случаев в момент монтажа температура окружающего воздуха выше расчетной, поэтому в величину предварительной растяжки (сжатие) следует вносить поправку, значение которой определяют по формуле

$$\Delta_{попр} = \alpha L (t_{монт} - t_{наим}) / 100,$$

и, таким образом, предварительное растяжение компенсатора

$$\Delta_{рост} = \Delta/2 - \Delta_{попр},$$

где α — температурный коэффициент линейного расширения, принимаемый равным для углеродистых и низколегированных сталей 1,2, для высоколегированных сталей 1,6;

$t_{монт}$ — температура воздуха в момент монтажа, °С;

$t_{наим}$ — средняя температура воздуха в наиболее холодной пятидневке на месте монтажа, °С;

L — длина участка трубопровода между неподвижными опорами, м.

Пример. Дано: длина участка трубопровода из углеродистой стали $L=20$ м, температура воздуха в момент монтажа $t_{монт}=20$°С, температура воздуха в наиболее холодной пятидневке на месте монтажа $t_{наим}=-40$°С. Определить поправку, на которую должна быть уменьшена проектная величина растяжки компенсатора.

Решение. Подставляя в формулу данные, получаем

$$\Delta_{попр} = 1{,}2 \cdot 20\,[20 - (-40)]:100 = 14{,}4 \text{ мм}.$$

Принимаем $\Delta_{попр}=15$ мм.

На растяжку компенсаторов независимо от способа ее выполнения составляют акт, в котором указывают строительные длины компенсаторов до и после растяжки.

П-образные компенсаторы, как правило, устанавливают в горизонтальном положении и лишь как исключение — вертикально или наклонно. При установке та-

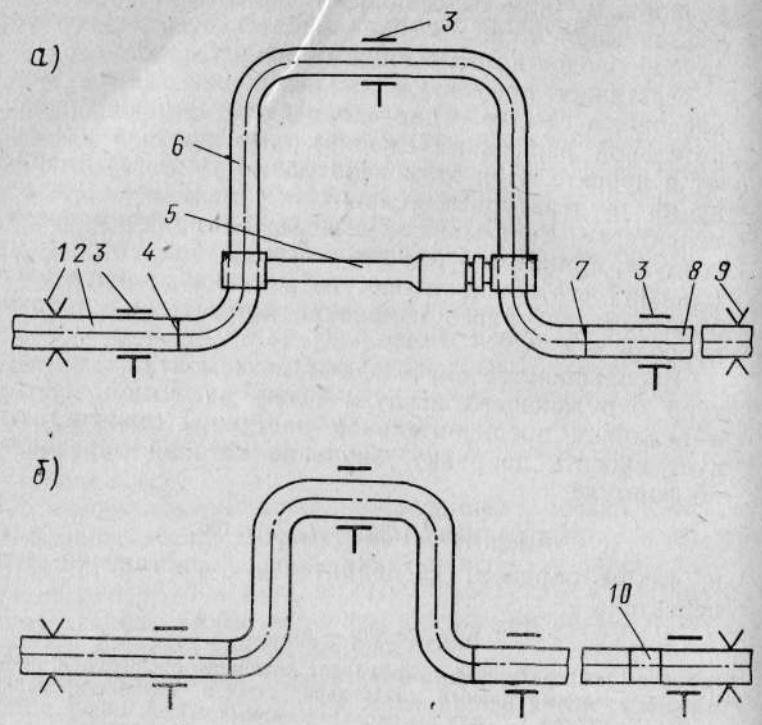


Рис. 76. Монтаж П-образного компенсатора с предварительной растяжкой *а* и без предварительной растяжки *б*

1, 9 — неподвижные опоры; *2, 8* — участки трубопровода; *3* — подвижные опоры; *4, 7* — сварные стыки трубопровода; *5* — приспособление для растяжки; *6* — компенсатор; *10* — временное кольцо

ких компенсаторов вертикально или наклонно в нижних точках с обеих сторон компенсатора необходимо установить дренажные штуцера для отвода конденсата, а в верхней части — воздухоотводчики.

П-образные компенсаторы с растяжкой (рис. 76,*а*) монтируют в такой последовательности. На компенсаторе *6* параллельно его спинке устанавливают приспособление для растяжки *5*, состоящие из двух хомутов, между которыми установлены винт и распорка с натяжной гайкой. Перед растяжкой замеряют длину компенсатора в свободном состоянии, а затем вращением гайки разводят его на необходимую величину предварительной растяжки. Затем к компенсатору с одной стороны приваривают (стык *4*) участок трубопровода *2*.

При подъеме компенсатор стропят и захватывают в трех точках и ни в коем случае за приспособление. Для обеспечения нормальной работы компенсатор устанавливают не менее чем на трех подвижных опорах *3*. Две опоры располагают на прямых участках трубопровода *2* и *8* (при этом край опоры должен отстоять от сварного стыка не менее чем на 500 мм), третью опору ставят под спинку компенсатора (обычно на специальной колонне). После закрепления участка трубопровода *2* в неподвижной опоре *1* компенсатор отсоединяют от грузоподъемных средств. Затем участок трубопровода *8* подтягивают к стыку *7* и после его сварки закрепляют в неподвижной опоре *9* и снимают с компенсатора приспособление для растяжки.

В отдельных случаях монтаж П-образных компенсаторов с растяжкой производят в иной последовательности. Сначала устанавливают и закрепляют в подвижных и неподвижных опорах участки трубопровода *2* и *8* и затем их присоединяют к предварительно растянутому компенсатору или растяжку компенсатора производят после подъема.

При групповом расположении П-образных компенсаторов параллельных трубопроводов (один внутри другого) и в некоторых других случаях предварительную растяжку компенсаторов заменяют натяжением трубопровода в холодном состоянии (рис. 76, *б*). В этом случае при установке компенсаторов трубопровод собирают обычным способом, но в одном из стыков (сварном или фланцевом) оставляют зазор, равный заданной величине растяжки компенсатора. Стык, у которого будет произведена растяжка компенсатора, указывают в проекте. Если указания нет, то во избежание перекоса для растяжки нельзя использовать стык, непосредственно прилегающий к компенсатору. Для этой цели нужно оставлять зазор в соседнем стыке.

Перед растяжкой следует убедиться в том, что все сварные стыки на данном участке трубопровода заварены и прошли термическую обработку, если она требуется по техническим условиям, а также проведено окончательное закрепление неподвижных опор. Для удобства монтажа трубопровода в стык, намеченный для растяжки, вставляют кольцо *10* длиной, равной величине растяжки, и прихватывают электросваркой к обеим кромкам трубопровода. Иногда на концах стыкуемых труб приваривают временные хомуты из угол-

ков. Через отверстия в них пропускают монтажные удлиненные стяжные шпильки и, затягивая гайки, зажимают временное прокладочное вставное кольцо, установленное между торцами стыка. После сварки стыка хомуты удаляются.

Фланцевый стык, оставленный для растяжки, временно (без постоянных прокладок) стягивают монтажными удлиненными шпильками, установленными через одну с оставлением отверстий для постоянных болтов. Диаметр и количество шпилек для натяжения трубопроводов в холодном состоянии указывают в проекте.

После установки компенсаторов в проектное положение, сварки всех стыков (кроме одного) и закрепления трубопровода на всех неподвижных опорах по обе стороны компенсатора временное прокладочное кольцо удаляют и стык стягивают для сварки путем затяжки гаек на монтажных удлиненных шпильках. При фланцевом соединении перед окончательной затяжкой устанавливают прокладку, предусмотренную проектом. При затяжке фланцевого соединения монтажные удлиненные шпильки вынимают и на их место устанавливают постоянные болты или шпильки.

Перед установкой **сильфонных компенсаторов** производят осмотр компенсатора, его расконсервацию и проверку соответствия величины температурного удлинения участка трубопровода по проекту с допускаемой компенсирующей его способностью, проверяют также величину изгиба.

При монтаже сильфонных и линзовых компенсаторов их строповку производят только за патрубки.

Гибкие элементы компенсаторов должны быть защищены от резких механических нагрузок, скручивающих нагрузок и попадания искр при сварке.

Оси шарниров угловых компенсаторов должны быть перпендикулярны к плоскости изгиба трубопровода. Последовательность монтажа осевых сильфонных компенсаторов выбирают в зависимости от наличия в их конструкции приспособлений для предварительной растяжки. При наличии такого приспособления компенсатор одной стороной присоединяется (на фланце или сваркой) к участку трубопровода (рис. 77, *а*), который затем устанавливают на направляющие или скользящие опоры и окончательно закрепляют в неподвижной опоре. С помощью шпилек и гаек компенсатора произ-

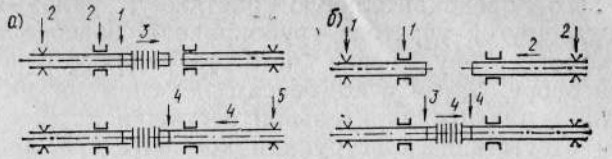


Рис. 77. Монтаж осевого компенсатора на трубопроводе
а — при наличии приспособления для растяжки; *б* — без приспособления; *1—5* — этапы монтажа

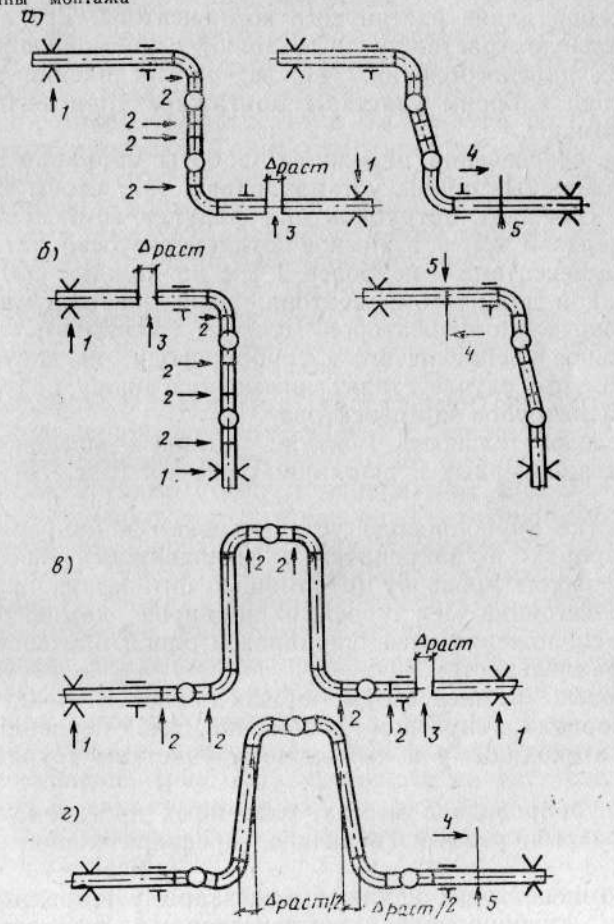


Рис. 78. Монтаж угловых компенсаторов на трубопроводе
а — двухшарнирная схема в угловой системе; *б* — двухшарнирная схема в Z-образной системе; *в* — трехшарнирная схема в П-образной системе; *1—5* — этапы монтажа

водят его предварительную растяжку, укладывают на опоры другой участок трубопровода, подсоединяют его к компенсатору, после чего закрепляют в неподвижной опоре. Затем с компенсатора снимают шпильки и гайки для предварительной растяжки.

При отсутствии в конструкции компенсатора приспособлений для растяжки монтаж производят (рис. 77, *б*) путем установки и закрепления обоих участков трубопровода в опорах с разрывом между ними, равным монтажной длине растянутого компенсатора. Его предварительную растяжку выполняют с помощью монтажных приспособлений. После присоединения компенсатора к обоим участкам монтажное приспособление снимают.

Для обеспечения надежной работы направляющие и неподвижные опоры устанавливают так, чтобы обеспечить соосность патрубков или фланцев компенсатора в пределах 2 мм, а взаимное отклонение осей патрубков компенсатора — не более 1 мм на каждые 200 мм монтажной длины компенсатора. При монтаже многосекционных компенсаторов следует учитывать, что консольное крепление его к трубопроводу не допускается. В этом случае ставят временную опору под свободный патрубок компенсатора.

Последовательность монтажа угловых компенсаторов, установленных в шарнирных схемах (рис. 78), такова:

участки трубопровода устанавливают в направляющих опорах и закрепляют в неподвижных опорах;

производят проверку (с помощью оптических приборов) расстояний между осями шарниров компенсаторов, расположения осей шарниров в одной плоскости и их параллельности;

угловые компенсаторы присоединяют к участкам трубопровода в нулевом положении, т. е. перпендикулярно к входящему и выходящему участкам трубопровода:

в трубопроводе в местах, указанных проектом, создают разрыв, равный величине предварительной растяжки;

в компенсаторах удаляют фиксаторы у шарниров и участок трубопровода с компенсаторами выводят из нулевого положения (при помощи монтажных приспособлений) на величину предварительной растяжки шарнирной системы;

участок трубопровода с компенсаторами приваривают к его продолжению.

При монтаже вертикальных участков трубопроводов с сильфонными и линзовыми компенсаторами необходимо исключить возможность их сжатия (растяжения) под действием силы тяжести трубопровода. Для этого на период монтажа на трубопроводе закрепляют поддерживающие скобы. Компенсаторы сильфонные универсальные типа КМ монтируют аналогично угловым компенсаторам типа КУ.

При установке **линзовых компенсаторов** необходимо следить за тем, чтобы дренажные штуцера (если они имеются) находились в нижнем положении, а направляющий стакан компенсатора был сварен со стороны движения продукта. Такие компенсаторы обычно устанавливают на трубах, узлах или блоках до их подъема в проектное положение. Собранный узел или блок с линзовыми компенсаторами на время транспортирования, подъема и установки предохраняют от деформаций и повреждений. Для этого применяют дополнительные временные жесткости на компенсаторах, которые удаляют после установки и закрепления узлов на опорах.

Линзовый компенсатор растягивают на половину его компенсирующей способности после его сварки или окончательного соединения на фланцах с трубопроводом, а также после установки всех опор и подвесок трубопроводов и закрепления трубопроводов в неподвижных опорах. Растяжку компенсатора производят за счет стягивания ближайшего от компенсатора монтажного стыка, у которого специально оставляют соответствующий дополнительный зазор.

Сжатие компенсатора производят после его окончательного соединения с трубопроводом, но до закрепления последнего на неподвижных опорах. Для сжатия или растяжения линзового компенсатора применяют приспособление (рис. 79), состоящее из двух стяжных хомутов *4*, закрепляемых на трубопроводе по обе стороны от компенсатора *5*, и удлиненных стяжных шпилек *3* с гайками *2*.

При установке на линии трубопровода нескольких линзовых компенсаторов необходимо предусмотреть неподвижные опоры за каждым компенсатором, чтобы исключить возможность прогиба трубопровода,

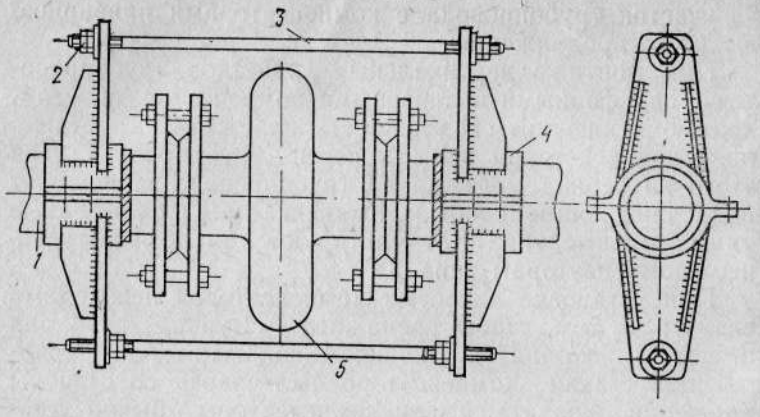


Рис. 79. Приспособление для растяжки (сжатия) линзовых компенсаторов
1 — труба; *2* — гайка; *3* — стяжная шпилька; *4* — хомут; *5* — компенсатор

находящегося в сжатом состоянии, и обеспечить более равномерную деформацию всех компенсаторов, установленных на трубопроводе, так как действительная жесткость всех компенсаторов может быть неодинаковой.

Сальниковые компенсаторы устанавливают строго соосно с трубопроводом во избежание заедания подвижных частей и повреждения набивки компенсатора. Направляющие устройства трубопроводов в местах подсоединения к сальниковым компенсаторам должны точно центровать трубу в горизонтальной и вертикальной поверхности, не создавая больших продольных усилий трения. Сальниковые компенсаторы не подвергают растяжке после установки, так как при приварке компенсатора к трубопроводу его раздвигают на величину, указанную в проекте и определяемую по расстоянию между рисками, нанесенными на его корпусе и стакане.

При установке предусматривают ограничители, чтобы в случае срыва неподвижных опор движущаяся часть трубы не вырвалась из корпуса компенсатора. В большинстве случаев для этого на скользящую часть трубы приваривают ободок так, чтобы он не мешал работе компенсатора.

ГЛАВА XII. МОНТАЖ МЕЖЦЕХОВЫХ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 52. Способы прокладки межцеховых трубопроводов

В зависимости от назначения и условий работы межцеховые трубопроводы прокладывают надземным способом — на эстакадах и лежаках и подземным способом — непосредственно в грунте, в непроходных, полупроходных и проходных каналах. Эстакады в зависимости от конструктивных решений подразделяются на отдельно стоящие стойки, балочные одноярусные, балочные двухъярусные, многоярусные с пролетными строениями ферменного типа (рис. 80).

При прокладке трубопроводов на эстакадах для обеспечения свободного проезда внутризаводского транспорта и беспрепятственного прохода людей минимальная высота от низа трубопроводов или пролетных строений должна быть: над железнодорожными путями (от головки рельсов) 5,5 м; над автодорогами и проездами — 4,5 м и над пешеходными проходами — 2,2 м.

В местах провоза негабаритного оборудования, поставляемого в собранном виде по воде или автодорогам, и прохода самоходных кранов большой грузоподъемности должны быть соблюдены необходимые высоты размещения межцеховых трубопроводов.

Наиболее удобным способом прокладки трубопроводов, значительно облегчающим также и эксплуатацию, является их укладка в открытых лотках. Трубопроводы укладывают на железобетонные шпалы в один ряд, так, чтобы расстояние от низа труб (или поверхности их изоляции) до уровня земли было не менее 0,5 м.

Подземную прокладку технологических трубопроводов на территории промышленных предприятий, особенно в проходных и непроходных каналах (рис. 81), допускают в тех случаях, когда сооружение эстакад является экономически нецелесообразным или практически неосуществимым. Подземная бесканальная прокладка газопроводов для горючих и сжиженных газов, а также прокладка их в непроходных каналах не разрешается.

Бесканальную прокладку применяют в основном для одиночных трубопроводов с температурой

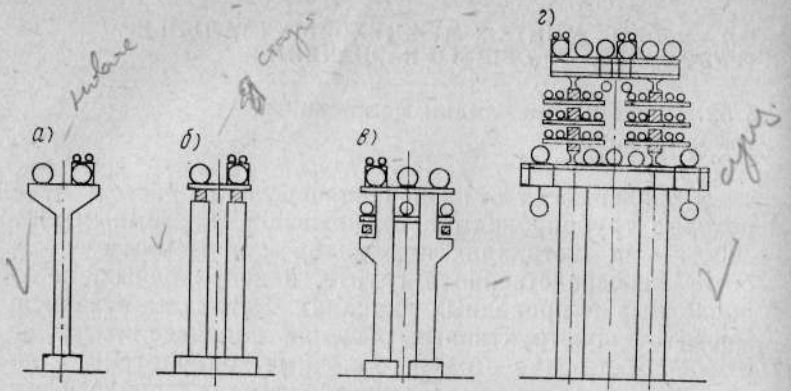


Рис. 80. Типы эстакад межцеховых трубопроводов
а — отдельно стоящая стойка; *б* — одноярусная балочная; *в* — двухъярусная балочная; *г* — многоярусная с пролетным строением ферменного типа

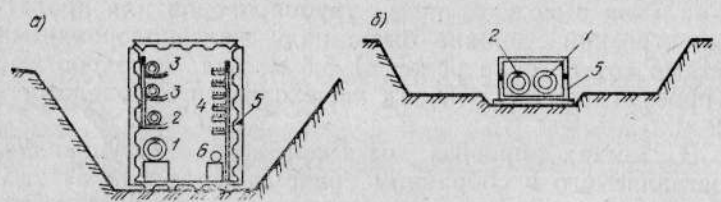


Рис. 81. Схемы подземной прокладки трубопроводов
а — в проходном канале; *б* — в непроходном канале; *1* — подающая теплосеть; *2* — обратная теплосеть; *3* — трубопровод горячего водоснабжения; *4* — электрокабель; *5* — сборные железобетонные конструкции; *6* — водопровод

транспортируемого продукта не более 150 °С и при благоприятных грунтовых условиях.

Подземные трубопроводы непосредственно в грунт укладывают обычно на глубине, несколько превышающей глубину промерзания грунта, но не менее чем на 0,6 м (от верха трубы до планировочной отметки).

При пересечениях с внутризаводскими железнодорожными путями, автомобильными дорогами и проездами подземные трубопроводы укладывают в защитные патроны (футляры) из стальной трубы большего диаметра. В местах таких пересечений глубина заложения подземных трубопроводов от подошвы шпал или поверхности дорожного покрытия до верха защитного патрона трубопровода должна быть не менее 1 м.

Для ускорения монтажа, повышения его качества и снижения стоимости независимо от применяемого способа прокладки межцеховые трубопроводы, как правило, монтируют из готовых прямолинейных секций длиной 24...36 м, централизованно изготовленных на специальных установках.

§ 53. Монтаж надземных трубопроводов

Монтаж надземных трубопроводов осуществляют преимущественно укрупненными блоками или секциями.

Укрупненные блоки в зависимости от их состава подразделяют на блоки строительных конструкций, трубопроводный и комбинированный.

Блоки строительных конструкций применяют при возведении сборных железобетонных и металлических эстакад балочного и ферменного типов. В состав блока строительных конструкций балочных железобетонных эстакад входят балки, траверсы, переходные мостики и их ограждения, а металлических ферменных — фермы, верхние и нижние балки, элементы связей, переходные мостики и их ограждения.

В состав трубопроводных блоков могут входить прямые участки трубопроводов, состоящих из одной или нескольких секций (в пределах температурного блока), спутники; П-образные, линзовые или сальниковые компенсаторы, теплоизоляция. Комбинированный блок (рис. 82) — это собранное до подъема пролетное строение эстакады с установленными и закрепленными трубопроводными блоками.

Вид блока и степень его укрупнения (в том числе нанесение тепловой изоляции) определяются проектом производства работ ППР в зависимости от конструктивных решений эстакад, числа и расположения трубопроводов, их диаметров, наличия грузоподъемных машин и транспортных средств, а также местных условий производства работ.

Обычно монтаж производят трубопроводными блоками, а на металлических ферменных эстакадах — комбинированными. Укрупнительную сборку блоков производят на стационарных или перемещаемых вдоль трассы сборочных площадках, которые располагают в зоне действия монтажного крана. Схема перемещаемой площадки для сборки трубопроводных блоков

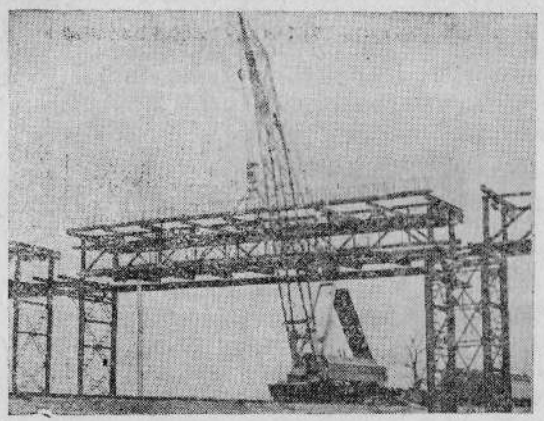


Рис. 82. Монтаж комбинированного блока одним краном

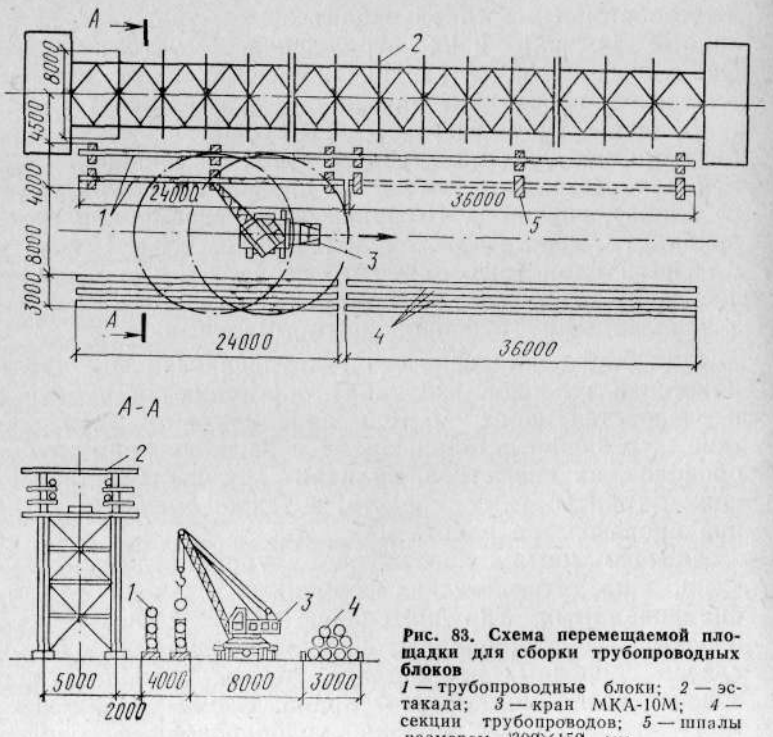


Рис. 83. Схема перемещаемой площадки для сборки трубопроводных блоков
1 — трубопроводные блоки; *2* — эстакада; *3* — кран МКА-10М; *4* — секции трубопроводов; *5* — шпалы размером 300×150 мм

длиной до 60 м, прокладываемых по металлической ферменной эстакаде, приведена на рис. 83.

Сборку трубопроводных блоков производят в такой последовательности: погрузка, транспортирование и разгрузка арматуры, деталей, узлов и секций; установка стеллажей или стендов, подготовка кромок секций под сварку; строповка секций; подъем и укладка секций на стеллажи; сборка стыков; сварка стыков и контроль качества сварных соединений; разметка мест установки опор и их закрепление; контроль качества, маркировка и приемка блоков.

При разбивке на блоки линий трубопроводов, прокладываемых по отдельно стоящим стойкам, а также вне контура поперечного сечения эстакады их длину обычно принимают: для трубопроводов с $D_у <$ <150 мм и >400 мм — не более 36 м, а для трубопроводов с $D_у = 200 \ldots 400$ мм — не более 60 м.

При сборке трубопроводных блоков их размещение допускается не более чем в 3 яруса с высотой штабеля не более 1,7 м. Места установки опор размещают по проекту с учетом смещения опор под действием теплового расширения, с корректировкой в натуре положения опорных конструкций. При предварительной теплоизоляции блоков в местах соединений труб оставляют неизолированные участки длиной не менее 500 мм и на концах блоков — не менее 250 мм. Предварительная изоляция трубопроводов пара и горячей воды, регистрируемых Госгортехнадзором СССР, не разрешается.

Схема стационарной площадки для сборки комбинированных блоков металлических ферменных эстакад приведена на рис. 84.

Сборка комбинированных блоков металлических ферменных эстакад производится в такой последовательности: погрузка, транспортирование и разгрузка укрупненных элементов строительных конструкций и секций трубопроводов; сборка трубопроводных блоков; раскладка и фиксация нижних балок; установка ферм; установка верхних стоек; укладка и временное закрепление трубопроводных блоков, размещаемых внутри контура поперечного сечения блока; установка верхних балок, полубалок и связей верхнего пояса; укладка и временное закрепление температурных блоков, размещаемых вне контура поперечного сечения блока, устройство инвентарных навесных подмостей; подго-

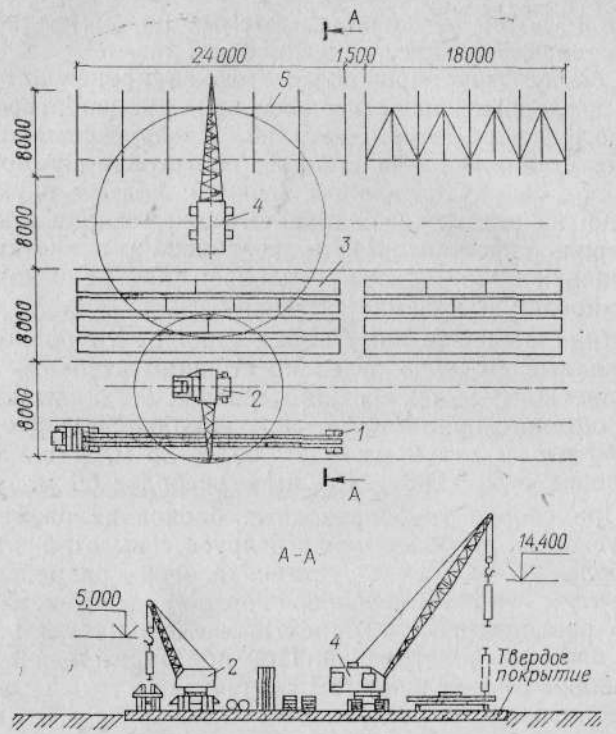


Рис. 84. Схема стационарной площадки для сборки комбинированных блоков металлических ферменных эстакад
1 — трубопровод; *2* — кран К-51; *3* — склад элементов строительных конструкций и секций трубопроводов; *4* — кран МКГ-10; *5* — укрупняемый блок

товка блока к транспортированию, установка элементов жесткости, маркировка и приемка блока.

Временное крепление трубопроводных блоков в комбинированных блоках производят с помощью хомутов в местах опирания трубопровода на строительные конструкции и не менее чем в двух точках на каждый блок. Во время монтажа конструкций пролетных строений эстакад и трубопроводов должна быть обеспечена устойчивость и неизменяемость смонтированной части эстакады.

К монтажным работам по прокладке надземных межцеховых трубопроводов на отдельно стоящих опорах или эстакадах приступают только после получения от строительной организации актов о полном соответствии опорных конструкций проекту и техническим условиям, а также проверки фактического выполнения этих работ представителями монтажных организаций.

Для межцеховых трубопроводов обязательно составляют акт разбивки трассы. К акту прилагают ведомость привязки осей и поворотов с указанием знаков, поставленных на стойках или нанесенных несмываемой краской на стены.

Необходимо проверить готовность строительных конструкций стоек эстакад (для комбинированных и трубопроводных блоков, прокладываемых по отдельно стоящим стойкам) и пролетных строений (для трубопроводных блоков) под монтаж и составить исполнительную схему, учитывающую отклонение отметок и положение в плане опорных конструкций эстакады.

В комплекс работ по монтажу блоков входят устройство подмостей, разбивка осей трубопроводов (для трубопроводных блоков), строповка, подъем и установка блоков в проектное положение, временное крепление блока, расстроповка, сборка монтажных стыков, сварка стыков, испытание и приемка трубопроводов, заделка стыков теплоизоляции. Монтаж в пределах каждого температурного блока начинают только после окончания в полном объеме монтажа промежуточных неподвижных (анкерных) стоек со сваркой всех соединений.

При прокладке трубопроводов, расположенных внутри контура поперечного сечения эстакады, монтаж трубопроводных блоков в зависимости от типов эстакад может быть осуществлен:

путем предварительной укладки блоков внутрь контура поперечного сечения эстакады до установки конструкций верхнего яруса (для сборных железобетонных двухъярусных эстакад балочного типа);

заводкой трубопроводных блоков в открытый торец эстакад;

заводкой блоков внутрь контура через специально предусмотренный для этого проем в плоскости верхнего пояса эстакады (для металлических эстакад ферменного типа).

На двухъярусных эстакадах (рис. 85) монтаж комбинированных блоков (этапы *II*...*IV*) производят только после окончания монтажа в полном объеме вставок (этап *I*) со сваркой соединений. Траверсы и

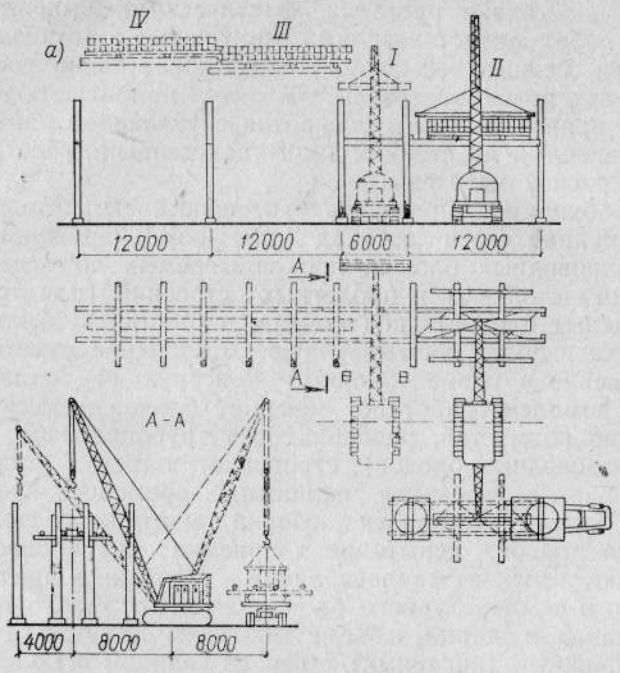


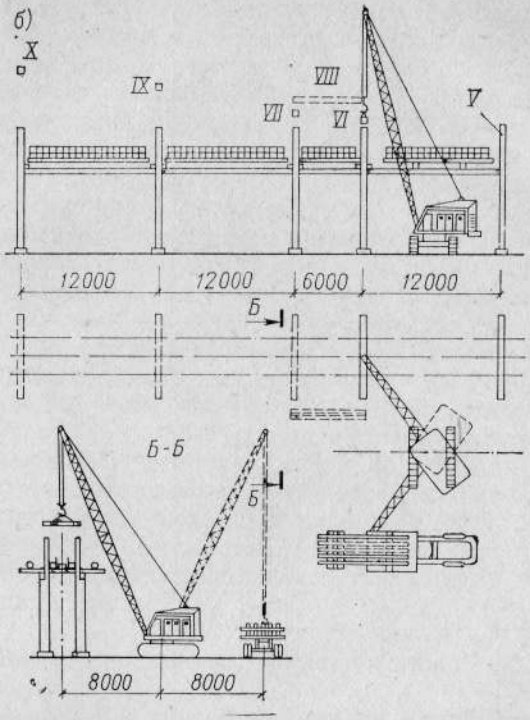
Рис. 85. Схема монтажа одним краном комбинированных блоков железобетонной балочной двухъярусной эстакады

а — монтаж нижнего яруса; *б* — монтаж верхнего яруса; *I—X* — этапы монтажа

связи по верхнему ярусу (этапы *V* . . . *X*) устанавливают после монтажа комбинированных блоков на нижнем ярусе и укладки в нем трубопроводов, подвешиваемых к верхнему ярусу, если это допускается конструкцией эстакады.

При сборке трубопроводных и комбинированных блоков на стационарных сборочных площадках или трубозаготовительных цехах их целесообразно монтировать непосредственно с транспортных средств, что позволяет исключить промежуточные операции по складированию и расстроповке грузов (рис. 86). В этом случае блоки *1* транспортируют непосредственно в зону действия монтажного крана *2* и поэтапно устанавливают на эстакаду.

Монтаж конструкций пролетных строений эстакады (этапы *I*...*IV*) начинают от неподвижной (анкерной) стойки *4* и ведут в обе стороны от нее. При монтаже



комбинированными блоками выступы трубопроводов за пределы строительных конструкций блоков должны быть не более 1,5 м.

Укрупненный блок наводят в проектное положение путем совмещения монтажных отверстий, разбивочных рисок или опорных закладных деталей с соответствующими установочными местами ранее смонтированных конструкций пролетных строений или опор. Во избежание удара наводку производят очень небольшими перемещениями монтажного крана, а также ручным натяжением расчалок (не менее двух), монтажными ломиками, струбцинами и домкратами.

Блоки до их выверки временно закрепляют монтажными болтами, струбцинами и другими инвентарными приспособлениями. Стропы снимают после проверки правильности монтажа и закрепления монтируемых блоков. Окончательное крепление технологических трубопроводов и арматуры, а также сварку монтажных стыков производят после монтажа участка эстакады, составляю-

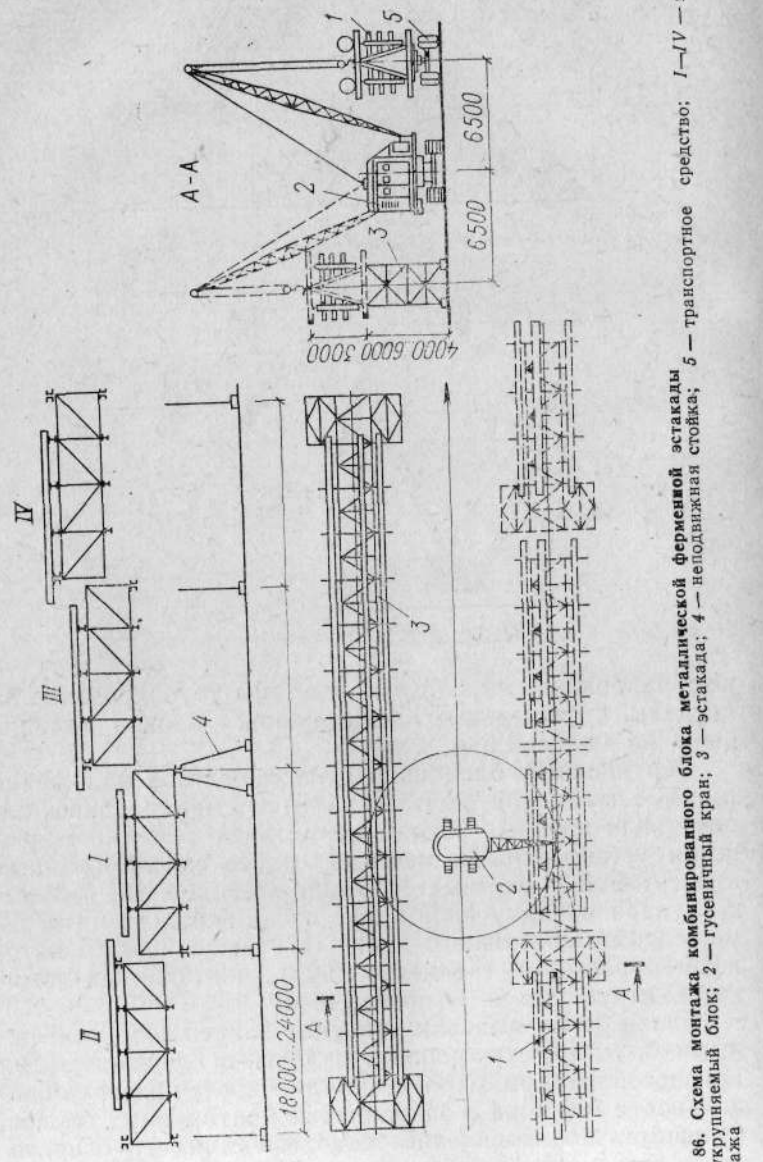


Рис. 86. Схема монтажа комбинированного блока металлической фермовой эстакады
I — укрупняемый блок; *2* — гусеничный кран; *3* — эстакада; *4* — неподвижная стойка; *5* — транспортное средство; *I—IV* — этапы монтажа

щего температурный блок. При этом взаимно смещают стыкуемые секции и блоки трубопроводов до образования необходимого зазора.

Элементы усиления конструкций блоков, установленные на период транспортирования и монтажа, демонтируют только после закрепления блока в проектном положении. При крупноблочном монтаже надземных трубопроводов на эстакадах очень трудоемкими операциями являются сборка и сварка труб между блоками, обрезка припусков и подгонка стыков труб, а также регулировка положения секций в процессе сборки.

При сборке блоков и их монтаже секции из сварных труб следует укладывать так, чтобы продольные швы трубопроводов были смещены один относительно другого не менее чем на 100 мм и были доступны для осмотра, а поперечные сварные стыки — не менее чем на 50 мм от мест установки опор и подвесок.

Монтаж межцеховых трубопроводов блоками и секциями позволяет механизировать 80...85% заготовительных, сборочно-сварочных, изоляционных и монтажных работ и значительно повысить качество и производительность труда.

§ 54. Монтаж подземных трубопроводов

Бесканальный способ прокладки трубопроводов в траншеях. Трубопроводы, укладываемые в траншеях, монтируют секциями и плетями. При бесканальном способе обязательны предварительные тепло- и гидроизоляция трубопроводов до укладки их в траншею.

Готовые изолированные секции длиной 24...36 м перед монтажом раскладывают у бровки вдоль траншеи, собирают и сваривают стыки секций в неповоротном положении в плеть длиной 100...1000 м в зависимости от условий площадки. Изолированные секции и плеть укладывают на деревянные брусья-лежаки или на вынутый грунт. Это необходимо для удобства захвата трубопровода монтажными полотнищами при укладке его в траншею, для выполнения сборочных и сварочных работ, а также для контроля качества изоляции. Во избежание прогиба трубопровода расстояние между лежаками должно составлять 30...35 м при отсутствии на местности седловин и перегибов. При волнистом рельефе расстояние между лежаками должно быть таким, чтобы трубопровод не касался грунта. Перед укладкой

трубопроводов проверяют соответствие размеров и отметок траншеи проектным, правильность устройства откосов и состояние креплений, соблюдение уклонов и качество постели. Подчистку дна траншеи до проектных отметок, а также рытье приямков для сборки и сварки стыковых соединений производят непосредственно перед укладкой труб. Отвалы грунта размещают только с одной стороны траншеи на расстоянии не менее 0,5 м от бровки. Вторая сторона траншеи остается свободной для производства монтажных работ вдоль трассы.

Дно траншеи после рытья должно быть спланировано так, чтобы трубопровод на всем протяжении имел заданный проектом уклон и лежал на грунте равномерно, без провисания.

Обычно стальные трубопроводы в большинстве случаев укладывают на естественное основание. Исключение составляют трубопроводы, прокладываемые в скальных грунтах или в торфяных массивах, для которых делают искусственное основание. Чтобы не повредить изоляцию, трубопровод поднимают с помощью так называемых инвентарных мягких полотенец (с указанной на них грузоподъемностью), состоящих из стального каната и внутренней защитной оболочки из прорезиненной ткани.

Укладка плети в траншею осуществляется обычно тремя подъемными механизмами, установленными вдоль плети на расстоянии 15...40 м один от другого (в зависимости от диаметра трубопровода).

Укладку трубопровода ведут с одного конца плети. Подъемный механизм, расположенный у конца плети, захватив ее на расстоянии 3...4 м от конца, опускает стрелу, вынося тем самым трубопровод над траншеей. Опускание плети в траншею осуществляется лебедкой подъемного механизма. Затем первый механизм переходит вперед по направлению укладки трубопровода. Опускание плети продолжает второй механизм и т. д. Плети и секции трубопроводов нужно опускать на дно траншеи плавно, без рывков и ударов о стенки и дно траншеи или о распорки креплений.

При отсутствии трех подъемных механизмов укладку плетей выполняют двумя механизмами. В этом случае плеть сначала укладывают над траншеей на лежаки, а затем опускают ее в проектное положение. Пребывание в траншее людей во время опускания в нее плетей, секций или узлов трубопроводов запрещается.

Разрыв во времени между отрывкой траншей и опусканием в них трубопроводов должен быть минимальным.

В летнее время центровку и сварку монтажных стыков, а также укладку и засыпку плетей трубопровода следует производить в самое прохладное время суток (утром), так как при укладке в жаркое время трубопровод будет защемлен засыпанным грунтом. В дальнейшем при охлаждении металла труб, особенно зимой, в сварных стыках будут возникать значительные растягивающие напряжения.

В зимнее время трубы укладывают в траншеи сразу же после подчистки дна траншеи и засыпают талым грунтом на глубину не менее 30...50 см над верхом трубопровода.

Перед засыпкой крепленых траншей необходимо полностью разбирать и вынимать крепления.

Во время перерывов в работе концы трубопроводов, уложенных в траншею, закрывают деревянными пробками или заглушками, чтобы внутрь трубопровода не могли попасть посторонние предметы.

После опускания трубопровода в траншею захлесточные стыки плетей или секций сваривают в приямках в неповоротном положении. При сварке не следует подгонять трубы за счет расширения трубопровода при нагревании солнечными лучами. Если при подгонке монтажных стыков остается большой зазор, необходимо в этом месте врезать катушку длиной не менее 0,5 м.

После укладки в траншею трубопровод на всем протяжении должен опираться на нетронутый или плотно утрамбованный грунт.

Трубопровод, собранный из электросварных труб, должен быть уложен в траншею так, чтобы все продольные швы располагались вразбежку наверху трубопровода и были доступны для осмотра.

После опускания трубопровода на дно траншеи и сварки захлесточных стыков производят геодезическую проверку отметок укладки, подбивку труб грунтом и присыпку трубопровода мягким грунтом слоем 200 мм, оставляя незасыпанными сварные стыки. Окончательную засыпку траншеи осуществляют после испытания трубопровода и составления соответствующего акта.

Прокладка трубопроводов в каналах. Трубопроводы в каналах прокладывают на бетонных подушках, к которым они крепятся металлическими приварными или хомутовыми опорами. Расстояние от дна канала до низа

трубы или тепловой изоляции должно быть не менее 100 мм независимо от диаметра труб. Трубопроводы монтируют обычно при открытом канале. Опоры, устанавливаемые на дне каналов, закрепляются так, чтобы они не препятствовали свободному стоку воды.

Укладку плетей в непроходных каналах ведут так же, как при укладке их непосредственно в землю. При этом рекомендуется плеть предварительно укладывать на лежаки над каналом, а затем опускать ее. Окончательное закрепление трубопроводов в каждом температурном блоке ведут в обе стороны от неподвижных опор.

Секции трубопроводов, укладываемых в каналах, рекомендуется до укладки их в проектное положение изолировать, оставляя свободными сварные стыки, которые изолируют после испытаний. Опоры крепят к секциям заранее, до монтажа, по снятой с натуры схеме расстановки опор, а также до их теплоизоляции. Такой способ снижает трудоемкость монтажа и теплоизоляционных работ и повышает качество этих работ.

Каналы с уложенными трубопроводами закрывают только после завершения всех работ и сдачи линии заказчику по акту.

В том случае, когда открытая прокладка невозможна, трубопроводы монтируют в закрытых каналах отдельными трубами или секциями, которые протаскивают на место на роликовых опорах лебедками и отводными блоками через специальные торцовые проемы. Замыкающие участки сваривают в местах установки колодцев и люков. На укладку трубопровода в каналах и его испытание составляют акт.

Прокладка трубопроводов на пересечениях с железнодорожными путями, автомобильными дорогами и проездами. Такие трубопроводы укладывают в патроны-кожухи из стальных труб большого диаметра, концы которых должны выступать на 2 м в каждую сторону от крайнего рельса или от края проезжей части автодороги. Концы патронов уплотняют просмоленной паклей и заливают битумом. Внутренние диаметры защитных патронов обычно принимают на 175...200 мм больше наружных диаметров прокладываемых в них трубопроводов.

Патрон воспринимает давление грунта и нагрузки от движущегося транспорта. При строительстве промышленных объектов такие патроны укладывают заранее в соответствии с проектом производства работ двумя способами: без нарушения нормальной работы транспорта (бестраншейный или закрытый) и с прекращением движения транспорта (открытый). Применение того или иного способа прокладки трубопровода зависит от категории дорог и путей.

Сооружение перехода трубопровода как открытым, так и закрытым способом состоит из следующих основных операций: рытья котлована, разработки грунта, установки защитного патрона внутри разработанного грунта (одновременно с его разработкой или после нее), протаскивания через патрон заизолированного трубопровода с установкой его на опоры, засыпки трубопровода с установкой его на опоры, засыпки трубопровода и восстановления участка пересекаемой дороги.

Сооружение перехода необходимо оформлять актом.

Способы бестраншейной прокладки трубопроводов в зависимости от того, как производится разработка (проходка) грунта: продавливание без выемки грунта (метод прокола), продавливание с выемкой грунта из труб.

Продавливание без выемки грунта — способ проходки, при котором на конец патрона *6* надевают или приваривают наконечник *8* конической формы, который раздвигает грунт во время движения патрона (рис. 87). Прокалывание патроном диаметром 250... 500 мм производится с помощью гидродомкратов *1* или тракторов, а диаметром 100...200 мм — с помощью винтовых домкратов.

Недостатком метода прокалывания грунта наконечниками является значительное отклонение прокалывающих патронов от заданных горизонтального и вертикального положений.

Для труб диаметром до 300 мм используют способ проходки с помощью пневмопробойника ИП-4603. Пробойник продавливается через грунт, оставляя за собой прямолинейную скважину. Скорость проходки 10... 80 м/ч.

Продавливание с выемкой грунта — способ проходки, при котором патрон вдавливается открытым концом в грунт, разрабатываемый механическим или ручным способом и удаляемый с помощью тележек, скреперов, совков, шнеков.

Для продавливания патрона с механизированным удалением грунта применяют установку У-12/60 (рис. 88). Установка продавливает патроны диаметром до 1220 мм с максимальной длиной проходки до 60 м и

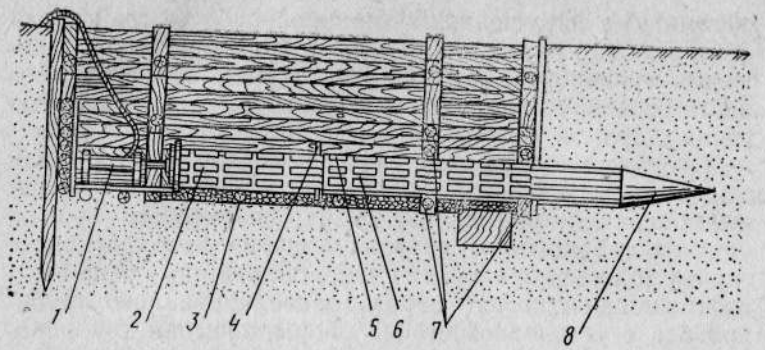


Рис. 87. Схема установки для продавливания патрона без выемки грунта
1 — гидродомкрат; *2* — шомпол; *3* — сменные катки; *4* — стержень; *5* — фланец; *6* — патрон; *7* — брусья; *8* — наконечник

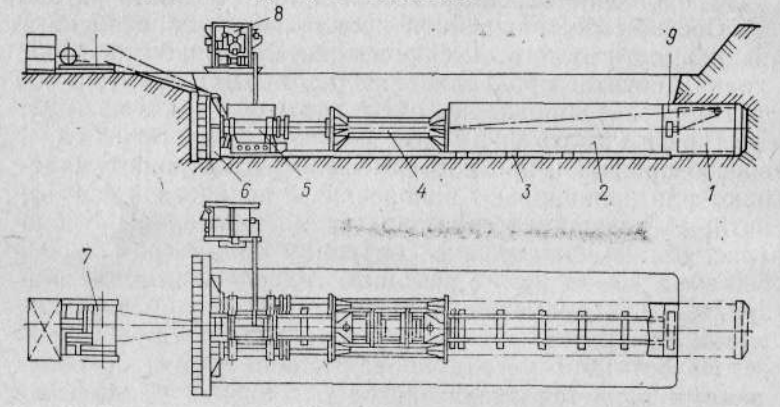
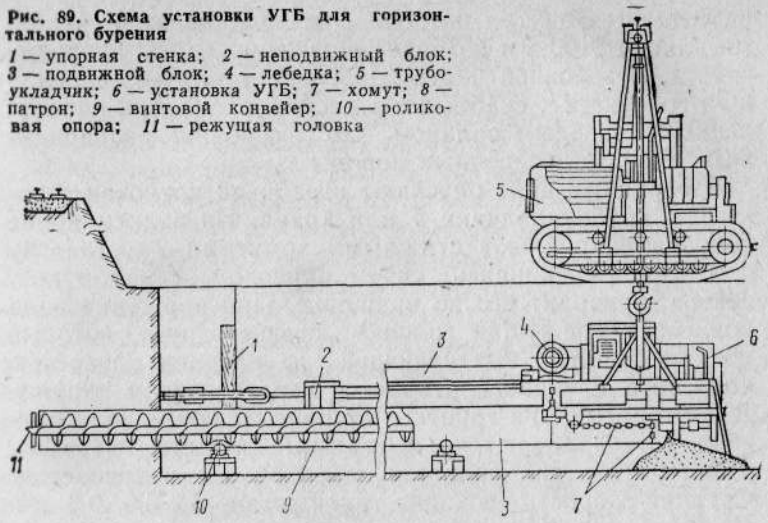


Рис. 88. Схема установки У-12/60 для бестраншейной прокладки труб
1 — головка; *2* — патрон; *3* — направляющая патрона; *4* — вставка; *5* — гидродомкрат; *6* — башмак; *7* — лебедка; *8* — привод гидравлический; *9* — челнок

скоростью до 8 м/ч. Установку размещают в котловане, который располагают в начале участка. Патрон *2* с головкой *1* продавливают в результате усилий, развиваемых двумя гидродомкратами *5* и передаваемых через вставку *4*. Головка патрона на конце имеет кольцевую режущую кромку. Грунт из патрона извлекают челноком *9*, совершающим возвратно-поступательное движение, с приводом от лебедки *7*.

Горизонтальное бурение — наиболее распространенный способ проходки под дорогами при прокладке одновременно нескольких трубопроводов. При бурении грунт перед патроном разрабатывается механическим резанием или размывается струей воды под

Рис. 89. Схема установки УГБ для горизонтального бурения
1 — упорная стенка; *2* — неподвижный блок; *3* — подвижной блок; *4* — лебедка; *5* — трубоукладчик; *6* — установка УГБ; *7* — хомут; *8* — патрон; *9* — винтовой конвейер; *10* — роликовая опора; *11* — режущая головка



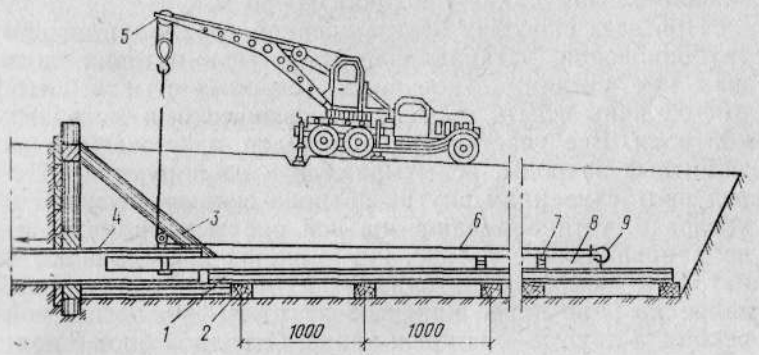


Рис. 90. Схема протаскивания секции трубопровода внутрь патрона
1 — направляющая рельсовая дорожка; *2* — шпала; *3* — отводной блок; *4* — патрон; *5* — автокран; *6* — канат; *7* — опора-ползунок; *8* — секция трубопровода; *9* — крюк

напором и удаляется из скважины отработанной водой, винтовым или скребковым конвейером. Для горизонтального бурения применяют различные машины и установки.

Установка УГБ (рис. 89) прокладывает патроны диаметром до 1220 мм одновременно с разработкой грунта. На дне котлована на расстоянии 10...15 м одна от другой устанавливают роликовые опоры *10*, которые поддерживают винтовой конвейер во время проходки, сохраняя заданное направление. Винтовой конвейер *9*

размещается внутри патрона *8* и наращивается секциями длиной 2400 мм по мере увеличения длины проходки грунта. В головной части конвейера установлена режущая головка *11*, снабженная диском с зубьями, наплавленными твердым сплавом, что позволяет разрабатывать твердые осадочные породы.

Собранный винт опускают в рабочий котлован с помощью трубоукладчика *5* или крана. На заднем конце патрона закрепляют стяжными хомутами *7* установку *6*, которая, соединяясь своим приводом с валом конвейера, приводит его во вращение. При вращении вала конвейера режущая головка срезает грунт, который подхватывается выступающей из патрона лопастью конвейера и транспортируется через патрон наружу. Для отбрасывания грунта в сторону на конце вала привода устанавливаются специальные лопасти. Прокладываемый патрон подается лебедкой *4* с полиспастом. Средняя скорость проходки такой установки 0,6...0,8 м/ч. Максимальная длина проходки до 60 м.

При всех способах бестраншейной прокладки секции трубопроводов, устанавливаемые внутри патрона, должны иметь минимальное число сварных стыков, которые должны быть проверены физическими методами контроля. Все участки трубопроводов, заключаемые в защитные патроны, испытываются и изолируются. Перед протаскиванием внутрь патрона секцию спускают в котлован, устанавливают на ней опоры и укладывают на направляющие *1* (рис. 90). Секцию протаскивают в патрон с помощью автокрана *5* или трубоукладчика, закрепив один конец каната *6* за торец укладываемой секции, а другой — за крюк крана. Отводной блок *3* приваривают на патроне *4* или закрепляют канатом. При укладке секции без специальных опор ее поверхность защищают деревянными рейками.

§ 55. Защита подземных трубопроводов от почвенной коррозии

При подземной прокладке стальные трубопроводы подвергаются почвенной коррозии. В грунтах почти всегда содержатся соли, кислоты, щелочи и органические вещества, которые разрушают стенки стальных труб. В некоторых случаях такая коррозия может вызвать очень быстрее появление сквозных свищей в металле трубы и этим вывести трубопровод из строя. Такие разрушения происходят особенно часто в трубопроводах, плохо защищенных от коррозии.

Наиболее распространенный способ защиты от почвенной коррозии — устройство изоляции. Обычно применяют покрытия из нефтяных битумов с наполнителями из липких поливинилхлоридных и стабилизированных сажей полиэтиленовых лент.

В зависимости от степени агрессивности грунтов применяют нормальную и усиленную изоляцию. Для нормальной изоляции используют однослойное покрытие полимерной изоляционной лентой с защитной оберткой или двухслойное покрытие битумно-резиновой мастикой и стеклохолстом с защитной оберткой. Для усиленной изоляции используют те же покрытия, только с увеличенным вдвое числом слоев.

Чтобы защитное битумное покрытие прочно пристало к поверхности секции трубопроводов, ее перед нанесением изоляции очищают от ржавчины, земли, пыли, влаги, копоти и поддающейся механической очистке окалины. Очищенная поверхность должна иметь серый цвет с проблесками металла. Очищенную поверхность секций грунтуют, для того чтобы усилить прилипаемость изоляционного покрытия к металлу. Грунтовку наносят на сухую поверхность ровным слоем, без пропусков, сгустков, подтеков и пузырей.

Состав грунтовки зависит от применяемого изоляционного материала. Под покрытия из полимерных липких лент применяют клей марок 4010 или 61, растворенный в бензине Б-70 в соотношении по объему соответственно 1:1 или 1:3, клей 88 или 12...20%-ный полиизобутиленовый клей.

Битумные грунтовки под покрытия битумно-резиновой мастикой изготовляют из битума, растворенного в бензине марки Б-70 в соотношении 1:3 по объему или 1:2 по массе. В летнее время применяют битум марки БН-90/10, в зимнее — БН-70/30. Для приготовления грунтовки битум, разогретый до 70°С, смешивают с бензином. Грунтовку наносят слоем, толщина которого обычно не превышает 0,2 мм. После высыхания грунтовки на поверхность трубопровода наносят изоляционную мастику.

Битумно-резиновые мастики следует изготовлять в условиях баз монтажных организаций. Составы этих мастик должны соответствовать ГОСТ 15836—79. Мастику приготовляют в битумоварочных котлах УБ-1, оборудо-

ванных смесительными устройствами УБ-2. На трубопровод наносят горячую мастику, температура которой 165...170°С, путем облива или набрызга.

Защиту изоляционных покрытий из битума и полимерных лент следует выполнять полимерными пленками толщиной не менее 0,5 мм (полимерно-дегтебитумными ПДБ и полимерно-резинодегтебитумными ПРДБ по ТУ 102-31-74) или бикарулом (ТУ 102-38-74), бризолом марки БРП (ГОСТ 17176—71), стеклорубероидом (ГОСТ 15879—70). При применении более тонких полимерных оберток их следует наносить в несколько слоев (общей толщиной не менее 0,5 мм).

При соответствующем технико-экономическом обосновании по согласованию с заказчиком для защиты изоляционного покрытия допускается применять обертки на картонной основе, используя рулонные гидроизоляционные материалы толщиной не менее 1 мм: гидроизол (ГОСТ 7415—74), толь (ТУ 102-21-74), антисептированный рубероид (ГОСТ 10923—76) и др.

Оберточные рулонные материалы накладываются на защитное покрытие витками внахлестку, каждый виток должен перекрывать предыдущий на 20...25 мм.

Все работы по очистке и изоляции секций трубопроводов выполняют механизированным способом.

При централизованном изготовлении технологических трубопроводов наибольшее применение получили установки типа ТСИУС-1420 и ТСИУП-630, на которых производят сборку, сварку и изоляцию секций трубопроводов с D_y=80...1400 мм и D_y=80...630 мм соответственно с последующим их транспортированием к месту производства монтажных работ. Установка ТСИУС-1420 (рис. 91) состоит из линий сварки и изоляции. Все технологические операции на установке полностью механизированы.

Трубы подают на приемный стеллаж *1*, откуда отсекателем и сбрасывателем их перекладывают на роликовые конвейеры *2* или *3* линий для сборки и сварки секций с D_y=100...600 мм и D_y=700...1400 мм, оборудованных роликовыми опорами осевого перемещения и вращения. Перемещаясь по роликам, трубы поступают в центрирующую установку *4*, где производятся центровка и автоматическая сварка труб в секции длиной до 36 м. После сварки секции перемещаются в конец линии, где они с помощью сбрасывателя перекладываются на промежуточный стеллаж *5*. На промежуточном стеллаже контролируют качество сварных швов неразрушающими физическими методами дефектоскопии и часть секций, не требующих последующей изоляции, краном перегружают на склад готовой продукции. Остальные секции отсекателем и сбрасывателем перекладывают на конвейер *6* линии изоляции. Конвейер оборудован наклонно расположенными роликами, которые обеспечивают поступательно-вращательное движение секций.

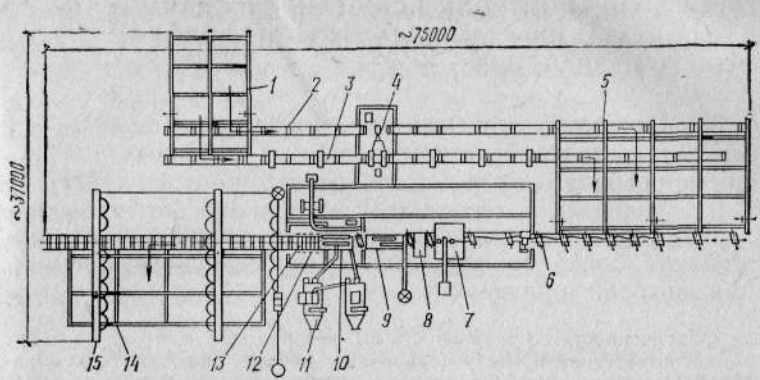


Рис. 91. Схема установки ТСИУС-1420 для сборки, сварки и изоляции секций трубопроводов с D_y =80...1400 мм

1 — приемный стеллаж; *2* — роликовый конвейер линии для сборки и сварки секций с D_y=100...600 мм; *3* — то же, с D_y =700...1400 мм; *4* — центрирующая установка; *5* — промежуточный стеллаж; *6* — конвейер; *7* — очистная камера; *8* — установка для нанесения грунтовки; *9* — камера сушки грунтовки; *10* — установка для нанесения изоляционной мастики; *11* — битумосварочные и смесительные котлы; *12* — холостая тележка; *13* — приводная тележка; *14* — концевой стеллаж; *15* — кран-перегружатель

На линии изоляции секции последовательно проходят через очистную камеру *7*, установку *8* для нанесения битумной грунтовки, камеру сушки грунтовки *9*, установку *10* для нанесения изоляционной мастики, оборудованной битумоварочными смесительными котлами *11*. Покрытие изоляцией секции вывозят на специальных тележках *12* и *13*, затем краном-перегружателем *15* укладывают на концевой стеллаж *14* или непосредственно на трубовоз. Обслуживают установку шесть рабочих (трое на линии сварки и трое на линии изоляции).

Производительность установки для труб с D_y=200 мм составляет 100...120 м секций в час на линии сварки и 60...70 м секций в час на линии изоляции. Разница в производительности линий вызвана тем, что часть секций, предназначенных для надземных межцеховых трубопроводов, не требует изоляции.

ГЛАВА XIII. КОНТРОЛЬ, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 56. Поузловая приемка и техническое освидетельствование смонтированных стальных трубопроводов

По окончании монтажа линии трубопровода или отдельного блока производится поузловая сдача-приемка, при которой проверяют:

законченность и правильность выполнения всех монтажных работ и их соответствие проекту (сварочных работ, включая термообработку и контроль качества сварки, соответствие положения трубопровода с учетом заданных уклонов, соответствие типов установленной арматуры, правильность монтажа арматуры и дистанционных приводов к ней, легкость открывания и закрывания арматуры);

законченность и правильность расположения и установки дренажей, воздушников, сливных линий, штуцеров и диафрагм, бобышек для замера ползучести, реперов для замера тепловых удлинений трубопровода;

наличие и достаточность зазоров между параллельно проложенными трубопроводами, между трубопроводами и строительными конструкциями, в местах прохода через перекрытия и стены;

наличие площадок и лестниц для обслуживания арматуры, расположенной в труднодоступных местах;

соответствие проекту типов опор и подвесок, мест их расположения и правильность монтажа;

наличие и правильность оформления монтажной технической документации.

Поузловая приемка производится прорабом и представителем заказчика, после чего производят техническое освидетельствование трубопроводов.

Техническое освидетельствование заключается в проверке монтажной технической документации, в наружном осмотре и гидравлическом (пневматическом) испытании смонтированного трубопровода. При наружном осмотре проверяют готовность трубопровода к проведению испытаний.

Техническое освидетельствование трубопроводов, включая трубопроводы, на которые распространяются требования ПУГ-69, а также трубопроводов пара и горячей воды IV категории, производится руководством монтажного участка при участии представителя технического надзора заказчика. Техническое освидетельствование трубопроводов пара и горячей воды, на которые распространяются требования Госгортехнадзора

СССР, для I категории с $D_y > 70$ мм и трубопроводов II и III категории с $D_y > 100$ мм проводит инженер-контролер местного органа Госгортехнадзора СССР.

§ 57. Общие сведения об испытаниях трубопроводов

Надежность и безопасность работы трубопроводов определяются прочностью и плотностью их конструкции и зависят от многих условий: правильности выбора и качества материалов, точности расчета, качества выполнения монтажных работ, объема контроля сварных соединении, условий эксплуатации и т. п.

Основным методом проверки, который позволяет судить о надежности трубопровода, является его испытание в собранном виде, поэтому все технологические трубопроводы после монтажа подвергают испытанию на прочность и плотность перед сдачей их в эксплуатацию.

Кроме испытания на прочность и плотность для особо ответственных трубопроводов производится их испытание на плотность (герметичность) с определением падения давления во время испытания. Суть испытания на прочность состоит в том, что во время испытания в трубопроводной системе создается давление, превышающее рабочее. При этом в материале трубопровода возникают повышенные напряжения, которые вскрывают дефектные места его конструкции.

При испытании на плотность в трубопроводе создается рабочее давление, при котором производятся осмотр и обстукивание с целью выявления неплотностей в системе в виде сквозных трещин, отверстий и т. д. При испытании на плотность с определением падения давления в испытываемом трубопроводе воздухом или инертным газом создается рабочее давление, которое выдерживается в течение длительного времени (не менее 12 ч). При этом по манометру определяют падение давления за время испытания, по которому судят о герметичности системы. Этот вид испытания позволяет выявить мельчайшие неплотности системы.

Испытание трубопроводов на прочность и плотность обычно производят одновременно, при этом используют гидравлический или пневматический метод, а при испытании на плотность с определением падения давления — только пневматический.

Испытание на прочность и плотность производят преимущественно гидравлическим способом, являющимся

наиболее безопасным. Замену гидравлического испытания пневматическим предусматривают только в тех случаях, когда опорные конструкции или сам газопровод не рассчитаны на заполнение его водой, когда температура воздуха отрицательная и отсутствуют средства, предотвращающие замораживание системы, когда гидравлическое испытание недопустимо или невозможно по технологическим или другим требованиям.

При проведении гидравлических и пневматических испытаний трубопроводов необходимо принимать специальные меры предосторожности.

Виды и способы испытаний и испытательные давления указывают в проекте для каждого трубопровода. В случае отсутствия в проекте этих указаний способ испытания выбирается монтажной организацией и согласовывается с заказчиком, а испытательное давление принимают в соответствии с указаниями СНиП 3.05.05-84, ПУГ-69 или правилами Госгортехнадзора СССР. Испытательное давление для стальных технологических трубопроводов на прочность и плотность как гидравлическим, так и пневматическим способом приведено в табл. 24.

При наличии на трубопроводе арматуры из серого чугуна пневматическое испытание на прочность допускается давлением не более 0,4 МПа независимо от диаметра трубопровода. Испытание производят только полностью смонтированных линий или отдельных участков, после проверки исполнительной схемы, внешнего осмотра и получения письменного разрешения заказчика. В случае необходимости проведения испытания отдельными участками их разбивка производится монтажной организацией.

Для герметизации концов испытываемых узлов и секций используют инвентарные заглушки.

При испытании труб и узлов с $D_y = 80...700$ мм на давление до 2,5 МПа применяют инвентарную заглушку с круглым резиновым кольцом (рис. 92, *а*). Заглушка состоит из двух дисков *1* и *3*, обработанных на конус и соединенных между собой стяжными винтами *4* с гайками. Между дисками установлена резиновая уплотняющая манжета *2*, наружный диаметр которой на 1 мм меньше внутреннего диаметра трубы. При завинчивании гаек диски подтягиваются один к другому и своими конусами разжимают резиновую манжету. Для предохранения от выдавливания заглушек из труб устанавливают 3...4 упорные струбцины *6*.

24. Испытательное давление для стальных технологических трубопроводов

Транспортируемый продукт	Рабочие параметры трубопровода		При испытании	
	$P_р$, МПа	$t_р$, °С	на прочность и плотность	на плотность с определением падения давления
Любой, кроме пара и горячей воды	От 0,095 (абс.) до 0,5 (изб.)	до 400	1,5 $P_р$, но не менее 0,2 МПа	$P_р$
	0,5 (изб.) и выше	до 400	1,25 $P_р$, но не менее $P_р$+0,3 МПа	$P_р$
	Не зависит	Выше 400	1,5 $P_р$, но не менее 0,2 МПа	$P_р$
Пар и горячая вода[1]	Более 0,07 (изб.)	Выше 115	1,25$P_р$	—
Горючие токсичные и сжиженные газы[2]	До 0,005 (изб.)	Не зависит	—	0,02 МПа
	От 0,0051 до 0,05 (изб.)		—	$P_р$+0,3 МПа
	От 0,051 до 0,1 (изб.)		—	$P_р$, но не менее 0,085 МПа
	От 0,001 до 0,095 (абс.)		0,2	0,1 МПа

[1] Трубопроводы, по которым транспортируют пар и горячую воду, подконтрольные Госгортехнадзору СССР, подвергаются только гидравлическим испытаниям.

[2] Газопроводы подвергаются только пневматическим испытаниям.

Для испытания труб и узлов трубопроводов с $D_y = 100...1000$ мм на $P_y < 2,5$ МПа применяют инвентарные заглушки с конусным и плоским резиновым кольцом (рис. 92, *б* и *в*). Их отличительная особенность — наличие разрезной цанги *7*. Она упирается в стенки трубы и

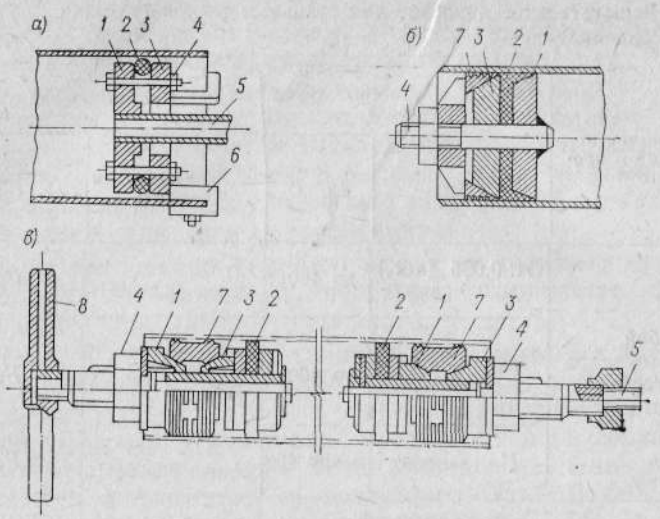


Рис. 92. Инвентарные заглушки для испытаний труб и узлов
а — с круглым резиновым кольцом; *б* — с конусным резиновым кольцом; *в* — с плоским резиновым кольцом; *1* и *3* — конусные диски; *2* — кольцо; *4* — винт с гайкой; *5* — штуцер; *6* — струбцина; *7* — разрезная цанга; *8* — ручка

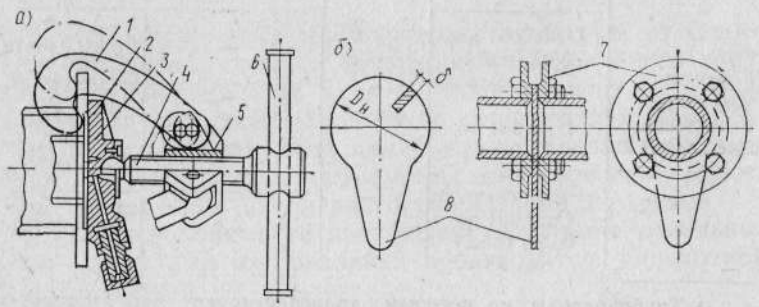


Рис. 93. Заглушка для испытаний трубопроводов с фланцами
а — торцовая; *б* — межфланцевая; *1* — крюк; *2* — прокладка; *3* — диск; *4* — винт; *5* — гайка; *6* — рукоятка; *7* — фланец; *8* — заглушка с хвостовиком

предотвращает выдавливание заглушек под действием внутреннего давления жидкости или газа.

Для испытания труб и узлов трубопроводов с фланцами применяют торцовую заглушку (рис. 93, *а*), обеспечивающую прижим плоской прокладки *2*, установленной в диске *3* с помощью винта *4* и гайки *5*. Установку такой заглушки на конце трубы или узла производят с помощью крючков *1*.

Испытываемый участок трубопровода временно отключают от оборудования или других участков. Для этого между фланцами *7* устанавливают заглушки *8* с хвостовиком (рис. 93, *б*). Такие заглушки выбирают соответствующей толщины с учетом параметров среды, при которых они должны работать.

Толщина стенок заглушки

$$\delta = 0{,}41\, D_н \sqrt{p/\sigma_{доп}},$$

где δ — толщина заглушки, мм;
$D_н$ — наружный диаметр заглушки, принимаемый равным диаметру окружности центров болтовых отверстий фланца, мм;
p — расчетное давление среды, МПа;
$\sigma_{доп}$ — допускаемое напряжение, МПа.

Пример. Дано: расчетное давление воды в трубопроводе $P_у = 1{,}6$ МПа, температура 20°С, наружный диаметр 219 мм. Определить толщину стенки заглушки.

Решение. Находим все величины, входящие в формулу; принимаем материал заглушки ВСт3сп и по табл. 4 $\sigma_{доп} = 140$ МПа, по ГОСТ 12819—80 для фланцев на $P_у = 1{,}6$ МПа $D_н = 280$ мм.

Подставляя в формулу данные, получаем:

$$\delta = 0{,}41 \cdot 280 \cdot 1{,}6 : 140 = 12{,}3 \text{ мм}.$$

Принимаем $\delta = 12{,}5$ мм.

Смонтированные трубопроводы, как правило, испытывают до их изоляции. Разрешается проводить испытание трубопроводов из бесшовных труб или заранее изготовленных и испытанных блоков независимо от вида труб с нанесенной тепловой или антикоррозионной изоляцией при условии, что сварные монтажные стыки и фланцевые соединения остаются неизолированными и доступными для осмотра.

Измерение давления при испытаниях производят по двум манометрам, один из которых контрольный. Манометры должны отвечать классу точности не ниже 1,5 (ГОСТ 2405—80). Термометры, применяемые при пневматическом испытании, должны иметь цену деления шкалы не более 0,1°С. Проведение испытания трубопровода на прочность и плотность оформляется соответствующим актом.

§ 58. Гидравлическое испытание трубопроводов

Гидравлическое испытание трубопроводов проводят преимущественно в теплое время года при положительной температуре окружающего воздуха, обычно не ниже 5°С. Если гидравлическое испытание производят при температуре окружающего воздуха ниже 0°С, должны

быть приняты меры против замерзания воды в трубопроводе, особенно в спускных линиях. По окончании испытания вся вода из трубопровода удаляется.

На рис. 94 показана схема гидравлического испытания трубопровода. При испытании на прочность линию трубопровода или ее участок *3* отключают от аппаратов и других трубопроводов заглушками *4*. Использовать для этой цели установленную на трубопроводе запорную и регулирующую арматуру не разрешается.

Манометр *6* устанавливают на трубопровод так, чтобы шкала его находилась в вертикальной плоскости или имела наклон вперед 30°. Манометры не должны испытывать вибрации или толчков. На временном трубопроводе *10*, который соединяет опрессовочный агрегат или трубопровод, подающий воду, с испытываемым трубопроводом, устанавливают последовательно задвижку *9* и кран *7*. Временный трубопровод изготовляют из труб, прочность которых соответствует параметрам испытания и надежно закрепляют. Трассу выбирают и прокладывают по месту.

За трубопроводами, заполненными водой, необходимо вести наблюдение. При появлении течи во фланцевых соединениях или сальниках арматуры подачу воды прекращают, удаляют ее из трубопровода (если это необходимо) и устраняют дефекты. Если дефекты незначительны, следует продолжать заполнение трубопровода и проводить гидравлическое испытание. В этом случае все обнаруженные дефекты устраняют после снятия давления.

Для создания испытательного давления в трубопроводе применяют наполнительно-опрессовочные насосы (НШ-40, НП-600, МГН-720/100, ГП-1200-400), ручные насосы (НР-450, ГН-60, ГН-200, ГН-500), передвижные водоотливные насосы (С-247А, С-245), а также эксплуатационные насосы или действующую водопроводную сеть. Под испытательным давлением на прочность все трубопроводы выдерживают в течение 5 мин.

Проверяют на плотность трубопроводы после снижения в них давления до рабочего, при этом сварные швы на расстоянии 15—20 м м по обе стороны легко обстукивают закругленным молотком массой не более 1,5 кг. Все обнаруженные в процессе осмотра дефекты (трещины, поры, неплотности разъемных и сварных соединений и сальников) отмечают на трубопроводе мелом или краской. Дефекты устраняют только после того, как

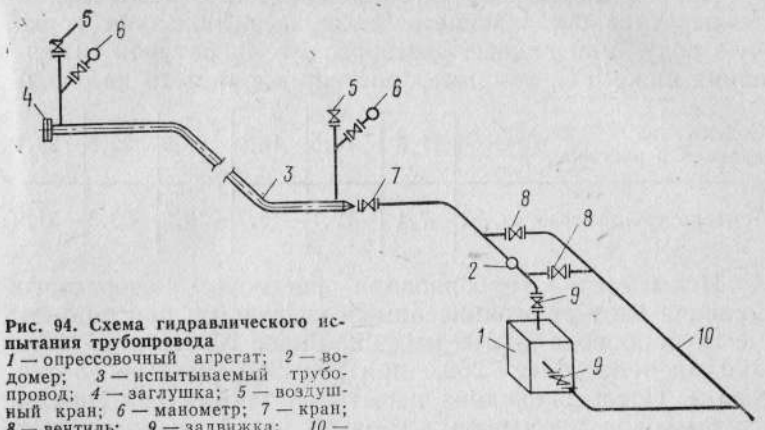


Рис. 94. Схема гидравлического испытания трубопровода
1 — опрессовочный агрегат; *2* — водомер; *3* — испытываемый трубопровод; *4* — заглушка; *5* — воздушный кран; *6* — манометр; *7* — кран; *8* — вентиль; *9* — задвижка; *10* — временный трубопровод

давление в трубопроводе станет равным атмосферному.

Обнаруженные дефекты в сварных швах подчеканкой исправлять не разрешается. Участки стыков, подвергавшихся исправлению, проверяют физическими методами контроля.

Трубы и детали с дефектными продольными швами должны быть заменены новыми.

При обнаружении течи во фланцевых соединениях (разъемных) их следует разобрать, определить причину течи и устранить ее. Не следует в таких случаях затягивать болты чрезмерным усилием за счет удлинения ручки ключа. Результаты гидравлического испытания на прочность и плотность считаются удовлетворительными, если во время испытания давление по манометру не упало, а в сварных швах, фланцевых соединениях и сальниках не обнаружены течь и отпотевание. При неудовлетворительных результатах испытания дефекты следует устранить и испытание повторить.

После проведения испытания воду спускают при открытых воздушниках. В осенне-зимний период во избежание разрыва арматуры, труб и других соединений после гидравлического испытания для полного удаления воды трубопровод продувают воздухом.

При гидравлическом испытании трубопроводов всех назначений температура воды, предназначенная для заполнения водой трубопроводов, не должна превышать 60°С.

Проводя испытание трубопровода при отрицательной температуре окружающего воздуха, используют горячую воду или водные растворы с температурой замерзания ниже 0°С, например раствор хлористого кальция.

Содержание хлористого кальция в растворе, %	11,5	16,5	18,9	20,9	22,8	25,7
Температура замерзания, °С	—7,1	—12,7	—15,7	—19,2	—23,3	—31,2

Испытывать трубопровод раствором хлористого кальция следует ограниченными участками: при диаметре трубопровода до 100 мм — не более 1000 м, при 100... 200 мм — не более 250, при 200...300 мм — не более 150 м. После окончания испытания такими растворами трубопровод промывают горячей водой и продувают воздухом. Использованный раствор хлористого кальция собирают в специальную емкость для повторного использования.

§ 59. Пневматическое испытание трубопроводов

Пневматическое испытание трубопроводов проводят с целью проверки их прочности и плотности, причем на плотность (в том числе с определением падения давления) трубопроводы испытывают только после предварительного их испытания на прочность любым способом.

Пневматические испытания на прочность запрещены для трубопроводов, расположенных в действующих цехах, или расположенных на эстакадах, каналах, лотках рядом с действующими трубопроводами. Пневматическое испытание производят воздухом или инертным газом, для чего используют компрессоры или воздухогазодувки, а также специальные передвижные компрессоры. Участок трубопровода подключают к сети сжатого воздуха или к компрессору с помощью съемного рукава *1*, масловодоотделителя *2*, запорного вентиля *4* и контрольного манометра *7* (рис. 95). Для контроля температуры в испытываемый трубопровод *10* устанавливаются термометры *5*.

Если испытательное давление превышает давление воздуха или газа в действующей сети, можно заполнять испытываемый трубопровод от действующей сети, а подъем давления до требуемого производить от передвижного компрессора.

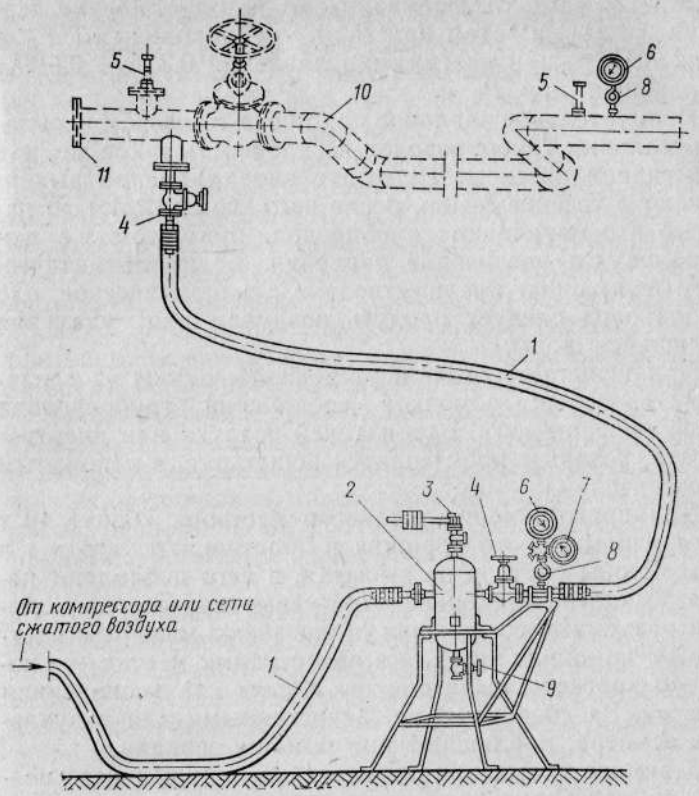


Рис. 95. Схема подключения трубопровода при пневматическом испытании
1 — воздушный рукав; *2* — масловодоотделитель; *3* — предохранительный клапан; *4* — вентиль; *5* — термометр; *6* — манометр; *7* — контрольный манометр; *8* — компенсационный патрубок; *9* — вентиль для продувки; *10* — испытываемый трубопровод; *11* — заглушка

В процессе заполнения трубопровода воздухом или инертным газом и подъема давления необходимо постоянно наблюдать за испытываемым трубопроводом. Утечки обнаруживают по звуку. При обнаружении значительных утечек во фланцевых соединениях или сальниках арматуры испытание прекращают, снижают до атмосферного и устраняют обнаруженные дефекты.

Обстукивание молотком трубопроводов, находящихся под давлением, при пневматическом испытании не допускается.

Давление при испытании трубопровода на прочность следует поднимать постепенно, по ступеням. Трубопро-

воды на $P_у < 0{,}2$ МПа осматривают при достижении давления 0,6 $P_{пр}$, а затем при $P_р$, а трубопроводы на $P_у \geqslant 0{,}2$ МПа — при достижении давления 0,3 $P_{пр}$, 0,6 $P_{пр}$ и, наконец, при $P_р$.

Испытательное давление при пневматическом испытании стальных трубопроводов на прочность такое же, как при гидравлическом. Испытательное давление выдерживают в течение 5 мин, после чего его снижают до рабочего и осматривают трубопровод, при этом не допускается увеличение давления. Если пневматическому испытанию предшествовало гидравлическое, то трубопровод следует продуть воздухом для удаления оставшейся воды.

При испытании выявляют дефекты одним из следующих способов: обмазкой соединений трубопровода мыльным раствором, одоризацией воздуха или инертного газа, которым производится испытание, и галоидным течеискателем.

Для приготовления мыльного раствора берут 40 г мыла или мыльного порошка и растворяют его в 1 л воды. Чтобы раствор не высыхал, в него добавляют несколько капель глицерина. При испытании сварные стыки и разъемные соединения обмазывают мыльным раствором с помощью кисти, а в недоступных местах — с помощью краскораспылителя, и следят за появлением пузырей. За соединениями, недоступными для визуального осмотра, наблюдают при помощи зеркала.

В зимнее время при температуре окружающего воздуха до —20°С мыльные растворы следует приготовлять на незамерзающих растворителях — техническом глицерине или этиловом спирте. Готовят раствор из 460 г глицерина, 515 г воды и 35 г мыла или из 500 г этилового спирта, 465 г воды и 35 г мыла.

Метод выявления дефектов с помощью одоризации воздуха заключается в том, что к вводимому в испытываемый трубопровод воздуху прибавляют различные пахучие вещества-одоранты и утечки определяют по запаху. В качестве одорантов используют метилмеркаптан или этилмеркаптан. Жидкого одоранта расходуют 1 л на 5000...20 000 м³ воздуха или инертного газа. Утечка воздуха обнаруживается переносными электрическими течеискателями ГТИ-1, ГТИ-2 и ГТИ-3. Все дефектные места трубопровода отмечают мелом или краской. При осмотре трубопровода подъем давления необходимо прекратить и поддерживать постоянное рабочее давление,

периодически подкачивая в трубопровод дополнительный воздух или инертный газ. Результаты пневматического испытания считаются удовлетворительными, если за время испытания в сварных швах, фланцевых соединениях и сальниках не обнаружено утечек и пропусков.

Трубопроводы, по которым транспортируют сильнодействующие ядовитые вещества и другие продукты с токсическими свойствами (сжиженные нефтяные газы, горючие и активные газы, а также легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, транспортируемые при температурах, превышающих температуру их кипения), как правило, подвергают дополнительному испытанию на плотность (герметичность), определяя падение давления за время испытания (об этом дается указание в проекте).

Пневматическое испытание внутрицеховых трубопроводов с определением падения давления производят в процессе комплексного опробования объекта совместно с оборудованием после завершения всех монтажных работ (испытаний на прочность и плотность, промывки продувки, установки измерительных диафрагм, ревизий арматуры).

Межцеховые трубопроводы подвергают дополнительному испытанию на плотность отдельно от оборудования. Длительность дополнительного испытания на плотность с определением падения давления за время испытания принимается не менее 12 ч и должна быть указана в проекте.

Утечка воздуха (газа) в трубопроводе по истечении времени испытания

$$P = 100\ [1 - P_{кон} T_{нач} / (P_{нач} T_{кон})] / n,$$

где ΔP — падение давления за 1 ч, %;

$P_{нач}$ и $P_{кон}$ — сумма манометрического и барометрического давления соответственно в начале и конце испытания, МПа;

$T_{нач}$ и $T_{кон}$ — абсолютная температура воздуха (газа) соответственно в начале и конце испытаний, °С;

n — продолжительность испытания трубопровода, ч.

Абсолютная температура $T = 273 + t$, где t — температура внутри трубопроводов в момент испытания, °С.

Трубопровод признают выдержавшим дополнительное испытание на плотность, если процент падения давления (от испытательного) составляет: для трубопроводов внутрицеховых, транспортирующих токсичные продукты — не более 0,05% в час, а межцеховых с $D_у < 250$ мм — не более 0,1% в час; для трубопроводов внутрицеховых, транспортирующих взрывоопасные, лег-

ковоспламеняющиеся, горючие и сжиженные газы, — не более 0,1% в час, а межцеховых с $D_у < 250$ мм — не более 0,2% в час.

При испытании межцеховых трубопроводов с $D_у > 250$ мм нормы падения давления определяют умножением приведенных выше цифр на поправочный коэффициент, подсчитываемый по формуле $K = 250/D_в$, где $D_в$ — внутренний диаметр трубопровода, мм.

Если испытываемый трубопровод состоит из участков труб различных диаметров, средний внутренний диаметр трубопровода определяют по формуле

$$Д_{ср} = \frac{Д_{в_1}^2 L_1 + Д_{в_2}^2 L_2 + \ldots + Д_{в_n}^2 L_n}{Д_{в_1} L_1 + Д_{в_2} L_2 + \ldots + Д_{в_n} L_n},$$

где $D_{в_1}$, $D_{в_2}$, ..., $D_{в_n}$ — внутренние диаметры участков трубопровода, мм;

L_1, L_2, ..., L_n — длина соответствующих участков трубопровода, м.

Давление во время испытания на герметичность замеряют только после выравнивания температур внутри трубопровода, для чего в начале и в конце испытываемого участка устанавливают термометры.

При пневматических испытаниях трубопроводов с определением падения давления применяют пружинные манометры с диаметром корпуса не менее 160 мм, класса точности 0,5 или 1, предназначенные для работы в эксплуатационных условиях при температуре окружающей среды — 50...60°С, а при испытательных давлениях ниже 0,1 МПа — ртутные или водяные манометры.

При наблюдении за изменением барометрического давления используют данные метеорологических станций или показания барометров.

В период испытаний трубопроводов применяют установленные проектом гильзы для термометров и штуцера для манометров.

Во время проведения пневматических испытаний на прочность как внутри помещений, так и снаружи необходимо ограничить охраняемую зону и отметить ее флажками. Минимальное расстояние от испытываемого трубопровода до границы зоны в любом направлении должно составлять при надземной прокладке 25 м, а при подземной — 10 м. Для наблюдения за охраняемой зоной устанавливают контрольные посты. Во время подъема давления в трубопроводе и при испытании его на прочность должно быть исключено пребывание людей в охраняемой зоне. Компрессор, используемый при проведении испытаний, должен находиться вне охраняемой зоны. Подводящую линию от компрессора к испытываемому трубопроводу предварительно проверяют гидравлическим способом.

Осмотр трубопровода разрешается лишь после того, как испытательное давление снижено до рабочего. Осмотр могут производить только специально проинструктированные рабочие.

§ 60. Сдача трубопроводов в эксплуатацию

Технологические трубопроводы сдают в эксплуатацию одновременно с промышленными установками, агрегатами, цехами и другими объектами, к которым они относятся. Межцеховые трубопроводы, обслуживающие несколько объектов, можно сдавать самостоятельно после окончания всех относящихся к ним строительных, монтажных и специальных работ.

При сдаче в эксплуатацию технологических трубопроводов на $P_у < 10$ МПа монтажная организация обязана представить заказчику следующую техническую документацию:

акты приемки — сдачи траншей, опорных конструкций и других сооружений под монтаж трубопроводов;

акты на укладку патронов;

сертификаты на трубы, детали трубопроводов;

сварочные материалы и крепежные изделия;

паспорта на арматуру и акты ее испытаний (в случае их проведения);

журнал сварочных работ (для трубопроводов I и II категорий);

списки сварщиков, участвовавших в сварке трубопроводов, с указанием номеров удостоверений и клейм;

журнал режимов термической обработки сварных соединений;

акты проверки внутренней очистки трубопроводов;

акты испытания трубопроводов на прочность и плотность;

акты дополнительного пневматического испытания трубопроводов на плотность с определением падения давления;

акты промывки и продувки трубопроводов;

исполнительные схемы трубопроводов (для трубопроводов I категории).

Трубопроводы пара и горячей воды I категории с $D_у = 70$ мм и более, а также трубопроводы II и III категорий с $D_у = 100$ мм и более подлежат освидетельствова-

нию и регистрации в местных организациях Госгортехнадзора СССР, которым организация, производящая их монтаж, представляет:

паспорт трубопровода, содержащий данные о его рабочих параметрах, результатах освидетельствования и др.;
свидетельство об изготовлении узлов трубопровода;
свидетельство о монтаже трубопровода;
аксонометрическую схему трубопровода.

Свидетельство об изготовлении узлов и монтажа трубопровода содержит: сертификаты на металл труб и всех деталей трубопроводов; паспорта арматуры; сертификаты на применяющиеся при монтаже электроды; удостоверения и данные о результатах испытаний электросварщиков; данные о результатах испытаний пробных образцов сварных стыков; журнал термообработки сварных стыков из легированной стали; протокол испытания сварных стыков физическими методами контроля; журнал замера диаметров паропровода для наблюдения за ползучестью металла; журнал фиксации оси трубопровода; журнал исходных замеров положения паропровода по реперам термического перемещения.

На схеме трубопровода, в качестве которой обычно используют исполнительные деталировочные чертежи линий трубопровода, должны быть указаны: диаметр и толщина стенки труб; расположение опор, подвесок и сварных стыков с указанием клейм сварщиков, выполняющих эти стыки; расположение арматуры, спускных продувочных и дренажных устройств; нумерация точек для наблюдения за ползучестью.

Разрешение на пуск в эксплуатацию вновь смонтированных трубопроводов, подлежащих освидетельствованию и регистрации местными ограпами Госгортехнадзора СССР, выдается инженером-контролером Госгортехнадзора СССР на основании акта приемки трубопроводов заказчиком и произведенного им технического освидетельствования.

§ 61. Промывка и продувка трубопроводов

Промывку или продувку трубопроводов производят с целью очистки внутренней поверхности от механических загрязнений или удаления влаги по окончании монтажа и испытания трубопроводов и выполняют обычно в период пусконаладочных работ. Промывку и продувку

трубопроводов производят согласно разработанным схемам, предусматривающим технологическую последовательность выполнения этих операций. О выполнении промывки и продувки составляют акты.

Промываемый или продуваемый трубопровод должен быть отделен от других трубопроводов заглушками. Промывать трубопроводы следует достаточно интенсивно, обеспечивая скорость воды в трубопроводе 1... 1,5 м/с, до устойчивого появления чистой воды из выходного патрубка или спускного устройства, сечение которых должно быть не менее 50% сечения промываемого трубопровода. Во время промывки все запорные органы на трубопроводах полностью открывают, а регулирующие и обратные клапаны вынимают.

На всасывающем патрубке трубопровода перед насосом устанавливают временный фильтр или конусную сетку с размерами ячейки или диаметром отверстий 4 мм. Размеры конуса и число отверстий выбирают с таким расчетом, чтобы суммарная площадь отверстий (живое сечение) была в 2...3 раза больше площади поперечного сечения всасывающей трубы.

Во время промывки обстукивают такие участки трубопровода, где возможна задержка грязи (переходы, отводы и др.). Обычно промывку ведут с перерывами в 3...4 этапа. Каждый этап промывки продолжается 10... 15 мин.

Продувают трубопроводы воздухом под давлением, равным рабочему, но не более 4 МПа. Продолжительность продувки, если нет указаний в проекте, составляет не менее 10 мин. Продувку газопроводов, работающих на $P_у < 0{,}1$ МПа, избыточных или вакууме, производят воздухом под давлением не более 0,1 МПа (изб.).

После окончания промывки или продувки восстанавливают проектную схему трубопровода, демонтируют временный промывочный трубопровод, осматривают и очищают арматуру, установленную на спускных линиях и тупиках. Монтажные шайбы, временно установленные в контрольно-измерительных приборах, вынимают и заменяют их диафрагмами.

ГЛАВА XIV. ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, МОНТАЖА И ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

§ 62. Типы соединений трубопроводов

Способ соединения труб указывают в проекте, при отсутствии таких указаний он выбирается монтажной организацией в зависимости от условий работы и способа прокладки трубопроводов, материала труб и вида соединительных деталей.

Соединения труб могут быть неразъемными и разъемными. Стоимость неразъемного соединения во много раз ниже стоимости разъемного. Оно более прочное, плотное и не требует частых ремонтов в процессе эксплуатации.

Неразъемные соединения трубопроводов из ПНД, ПВД и ПП с толщиной стенки более 3 мм выполняют контактной сваркой встык (рис. 96, *а*). Для безнапорных трубопроводов из ПНД, ПВД и ПП допускается применять контактную раструбную сварку с использованием раструбов, предварительно отформованных на концах труб (рис. 96, *б*). Для напорных трубопроводов из ПВД применяют контактную раструбную и контактную раструбно-стыковую сварку труб с раструбными соединительными деталями (рис. 96, *в*). При этом для раструбной сварки применяют соединительные детали на тип выше, чем тип соединяемых труб, а контактную раструбно-стыковую сварку — того же типа, что и трубы.

Для трубопроводов из ПВХ любых диаметров и толщин стенок неразъемное соединение выполняют склеиванием в раструб с использованием раструбов, предварительно отформованных на концах труб или раструбных соединительных деталей. Газовая прутковая сварка труб и деталей из ПНД, ПВД, ПП и ПВХ допускается для напорных трубопроводов не выше IV категории как исключение в случаях невозможности применения других видов сварки или склеивания (рис. 96, *г* и *д*).

Разъемные соединения трубопроводов из термопластов выполняют с применением металлических или пластмассовых фланцев. Для трубопроводов из ПНД, ПВД, ПП, ПВХ и фторопласта-4 разъемное соединение выполняют на отбортованной трубе (рис. 97, *а*), из ПНД, ПВД и ПП — на втулках с утолщенным буртом

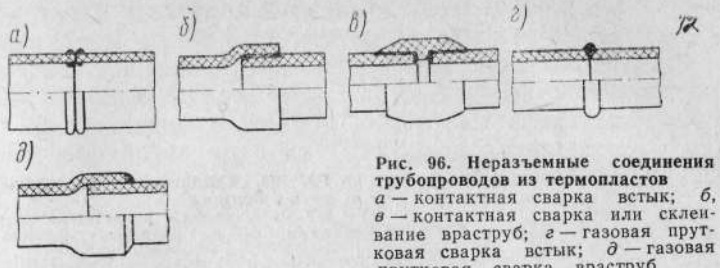


Рис. 96. Неразъемные соединения трубопроводов из термопластов
а — контактная сварка встык; *б*, *в* — контактная сварка или склеивание враструб; *г* — газовая прутковая сварка встык; *д* — газовая прутковая сварка враструб

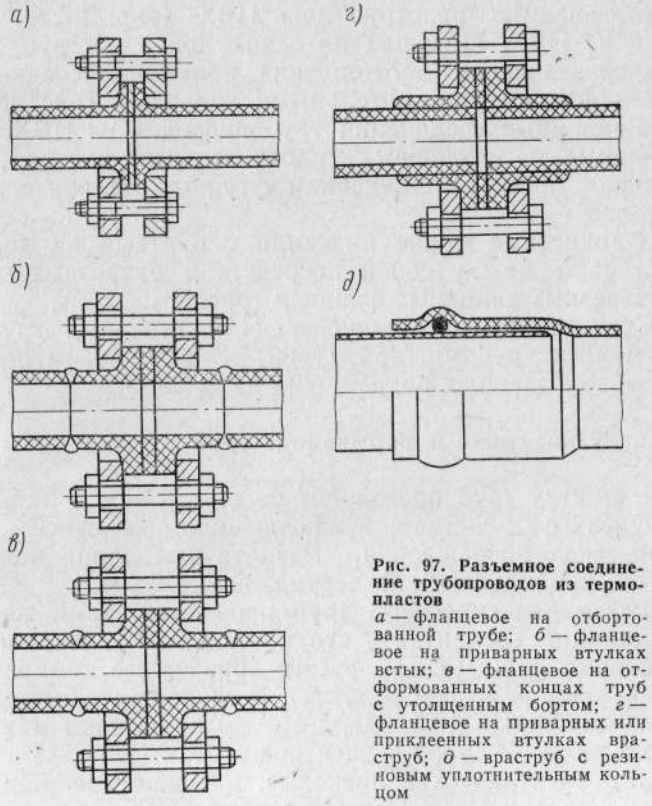


Рис. 97. Разъемное соединение трубопроводов из термопластов
а — фланцевое на отбортованной трубе; *б* — фланцевое на приварных втулках встык; *в* — фланцевое на отформованных концах труб с утолщенным бортом; *г* — фланцевое на приварных или приклеенных втулках враструб; *д* — враструб с резиновым уплотнительным кольцом

привариваемых к концам труб контактной сваркой встык (рис. 97, *б*) или формуемых на концах труб (рис. 97, *в*). Разъемное соединение со свободными фланцами на буртовых втулках с утолщенными буртами, привариваe-

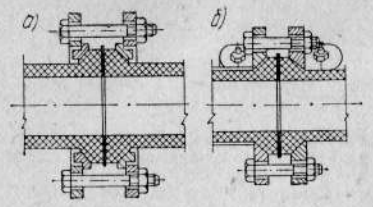


Рис. 98. Соединение фаолитовых труб с буртами
а — на фланцах с разрезными кольцами; *б* — на разрезных фланцах

мых контактной раструбной или раструбно-стыковой сваркой, применяют для трубопроводов из ПВД, а приклеиваемых враструб — из ПВХ (рис. 97, *г*). Для труб из ПВХ, имеющих на одном конце раструб с канавкой заводского изготовления, применяют соединение с резиновыми уплотнительными кольцами (рис. 97, *д*).

Разъемные соединения трубопроводов из ПВХ, соединяемые на резиновых уплотнительных кольцах, выполняют также с применением чугунных соединительных деталей.

Фаолитовые трубы и детали с буртами на концах соединяют между собой посредством разрезных колец и разрезных накидных фланцев (рис. 98).

Соединения трубопроводов из полимерных труб со стальными трубами, арматурой, оборудованием выполняют, как правило, разъемными на фланцах.

§ 63. Резка, гибка и формование труб

Разметку труб производят на стеллажах, в желобах и других устройствах, исключающих возможность механических повреждений. Разметочные линии наносят мелом, карандашом или чертилкой.

Резку пластмассовых труб производят теми же режущими инструментами, что и стальных (дисковые и ленточные пилы, резцы, фрезы, абразивные армированные круги и режущие полотна). В трубозаготовительных цехах для резки труб с $D_н < 315$ мм применяют маятниковые пилы УРП-500 и электроножовки ПРП-315, пилы ручные электрические дисковые, а также специальные механизированные и ручные устройства. На монтаже применяют для резки труб ручные ножовки по металлу, обычные столярные ножовки, лучковые и поперечные двуручные пилы.

Сверление отверстий в трубах осуществляют на

станках и электроприводных устройствах. Для отверстий диаметром до 50 мм применяют перовые и спиральные сверла, а свыше 50 мм — циркульные резцы и специальные трубные сверла.

Охлаждение режущего инструмента при механической обработке труб из ПВХ производят сжатым воздухом. Применение воды и других охлаждающих жидкостей не допускается.

Гибку труб из ПВД, ПНД, ПП и ПВХ выполняют одним из следующих способов: обкаткой роликом вокруг шаблона без применения наполнителя при $S/D_н \geqslant 0{,}065$; наматыванием на шаблон с внутренней оправкой при $S/D_н < 0{,}065$; по шаблонам с применением наполнителя. Последний способ применяют при отсутствии трубогибочного оборудования. Радиус изгиба труб принимают в соответствии с проектом. При отсутствии таких указаний радиус изгиба принимают не менее 3,5 $D_н$. Трубы перед гибкой нагревают в глицериновых ваннах, электропечах и др. Температура глицерина в ванне должна составлять, °С: для труб из ПНД — 135, из ПВД — 105, из ПП — 165, из ПВХ — 130. При нагреве в печах или камерах температура воздуха должна быть на 25...30°С выше.

При гибке труб по шаблонам в качестве наполнителя используют резиновый жгут, гибкий металлический или резиновый шланг и сухой песок, предварительно нагретый до 100°С. Наружный диаметр жгута или шланга принимают на 1...2 мм меньше внутреннего диаметра изгибаемой трубы. Вследствие остаточного пружинения угол загиба труб на 90°С следует увеличить: из ПВД — на 6°, из ПНД и ПП — на 10° и фторопласта-4 — на 15°. Трубы из ПВХ остаточного пружинения при гибке не имеют.

Изготовление на трубах или заготовках отбортовок, утолщенных буртов, раструбов и переходов, калибровку концов и вытяжку ответвлений производят формованием участка трубы с предварительным нагревом до температур, указанных в табл. 25.

Нагрев под формование производят в термошкафах и кольцевых печах, в которых в качестве теплоносителя используют воздух, а также в нагревательных устройствах с инфракрасными излучателями или в глицериновых ваннах. При формовании концы труб нагревают до размягчения материала, а труб из фторопласта — до появления прозрачности. Время нагрева устанавли-

25. Температура теплоносителя при нагреве труб перед формованием, °С

Материал	При отбортовке, изготовлении раструбов, калибровке и вытяжке ответвлений (без формования стенки)		При изготовлении утолщенных буртов, переходов и вытяжки ответвлений (с формованием стенки)
	глицерин	воздух	воздух
ПНД	135±5	150±10	240±10
ПВД	105±5	135±10	220±10
ПП	—	185±10	280±10
ПВХ	135±5	160±5	—
Фторопласт-4	—	315±10	—

вают из расчета 1...1,5 мин на 1 мм толщины стенки трубы. Формование (рис. 99) производят с применением специальных инструментов и устройств с ручным или механизированным приводом.

Отформованный конец трубы или отформованную деталь следует держать в формовочном инструменте в зафиксированном состоянии при охлаждении до температуры 35°С и ниже. Применяют также для ускорения принудительное охлаждение водой или сжатым воздухом.

Длину нагреваемых концов труб или заготовок при тепловом формовании раструба или перехода принимают в 1,5 раза больше длины формуемого участка, а для отбортовки и изготовлении утолщенного бурта — в 1,2 раза больше. Цилиндрический раструб формуют пуансоном, вдвигаемым в размягченную трубу, а калибровку производят гильзой, надвигаемой на ее конец. Для труб из ПВХ также производят формование раструба путем вдвигания холодной трубы со снятой фаской на конце в разогретый конец другой трубы. Отбортовку на концах труб или заготовок выполняют пуансоном и прижимным фланцем, оформляющим наружную поверхность отбортовки.

Трубы из фторопласта с $D_y > 100$ мм отбортовывают в два приема. При этом сначала производят раздачу конца трубы конусной оправкой на угол 45°, а затем окончательно отбортовывают плоским пуансоном. Для формования утолщенных буртов и переходов используют пресс-формы. Для изготовления переходов на конце трубы формуют раструб, внутренний диаметр которого должен соответствовать наружному диаметру соединяемой трубы. Переходы для труб типа С выполняют из труб типа Т, а для труб типа Т — из труб, имеющих максимальный плюсовой допуск на толщину стенки. Конструкции переходов должны иметь максимальное соотношение диаметров присоединительных концов труб.

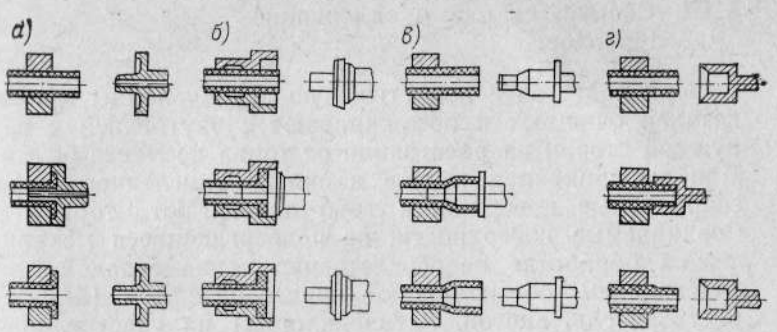


Рис. 99. Схема обработки концов труб формованием
а — отбортовка; *б* — изготовление утолщенных буртов; *в* — изготовление раструбов; *г* — калибровка

При выполнении операций, связанных с нагревом труб из фторопласта, необходимо соблюдать правила техники безопасности, так как при температуре выше 415°С начинается разложение фторопласта с выделением токсичных продуктов. Работы необходимо производить в изолированном помещении, в котором устроена вытяжная и приточная вентиляция. Рабочие, выполняющие эти операции, должны работать в противогазах. Посторонние лица в это производственное помещение не допускаются.

Переходные тройники и коллекторы в трубопроводах из ПНД, ПВД и ПП могут быть изготовлены вытяжкой горловины ответвлений, при этом применяемая технология и оснастка такая же, как и для стальных трубопроводов. Форма пуансона может быть конической или сферической. Размеры отверстий в трубе в месте вытяжки ответвлений выполняют эллиптической или овальной формы.

Диаметр нагреваемого участка должен на 20...40 мм превышать наружный диаметр ответвления. Допускается нагрев всей трубы-заготовки в глицериновых ваннах, газовых и паровых камерах.

§ 64. Сборка, сварка и склеивание трубопроводов

При подготовке под стыковую сварку концы труб и деталей очищают и обезжиривают с внутренней и наружной сторон на расстоянии от торца не менее 50 мм. Для выравнивания торцов и снятия окисленного слоя свариваемые поверхности труб подвергают торцовке. Соединяемые поверхности, не подвергающиеся механической обработке непосредственно перед сваркой или склеиванием, обезжиривают растворителями (бензин-растворитель, ацетон, метиленхлорид) на участке, превышающем зону соединения на 30 мм.

Сварку встык и враструб пластмассовых труб и деталей из ПНД, ПВД производят при температуре окружающего воздуха не ниже — 5°С, из ПП и ПВХ — не ниже 5°С, а газовую сварку — не ниже 10°С. Склеивание соединений из ПВХ производят при температуре не ниже 5°С.

К работам по сварке и склеиванию допускают рабочих, сдавших пробные испытания и имеющих удостоверение о допуске к сварке (склеиванию) пластмассовых трубопроводов.

Стыки труб из пластмассы сваривают на специальном сварочном оборудовании или переносных приспособлениях, обеспечивающих крепление и центрирование труб, устранение овальности, а также создание и поддержание необходимых контактных давлений при сварке. Контактную сварку встык труб и деталей из ПНД, ПВД и ПП выполняют в такой технологической последовательности: очистка, сборка, центровка, обработка торцов, оплавление торцов, удаление нагревательного инструмента; осадка и охлаждение сварного соединения (рис. 100).

Для сварки встык преимущественно применяют электронагреватели с терморегулятором НСПМ-110 и НСПМ-225 (рис. 101). Термоэлектронагревательный элемент (ТЭН) размещен внутри плиты инструмента *1*, рабочие поверхности которой покрывают термостойкой липкой лаковой тканью *4* на основе фторопласта-4Д. Это исключает необходимость перед каждой сваркой очищать поверхности плиты от расплавленного материала. Заданная температура инструмента поддерживается биметаллическим терморегулятором *3*.

Для сварки встык монтажных стыков труб с $D_н$=

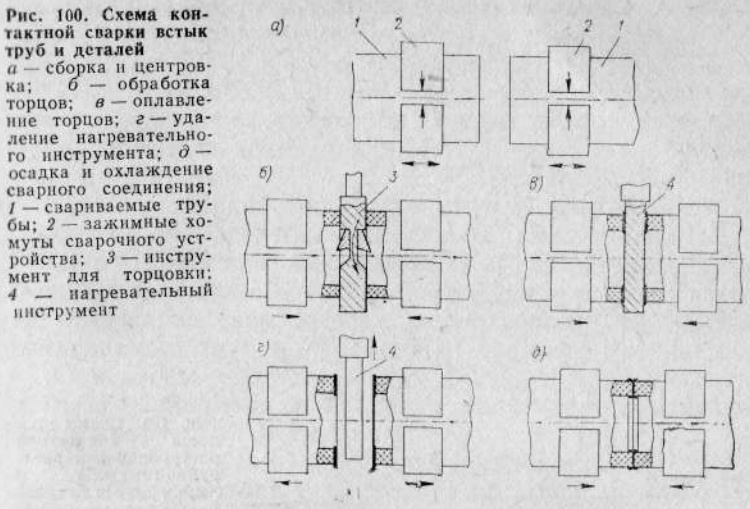


Рис. 100. Схема контактной сварки встык труб и деталей
а — сборка и центровка; *б* — обработка торцов; *в* — оплавление торцов; *г* — удаление нагревательного инструмента; *д* — осадка и охлаждение сварного соединения; *1* — свариваемые трубы; *2* — зажимные хомуты сварочного устройства; *3* — инструмент для торцовки; *4* — нагревательный инструмент

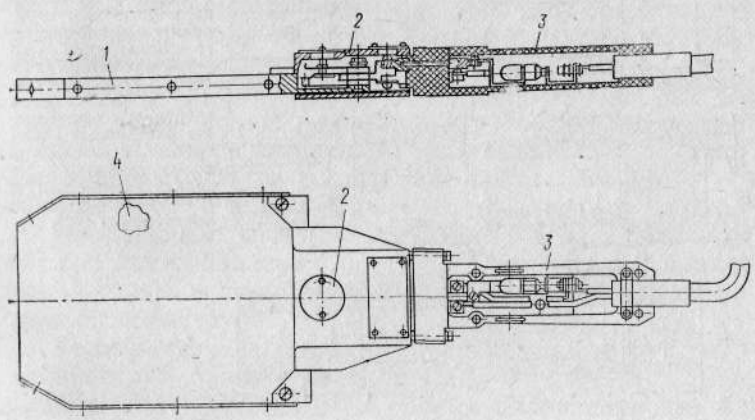


Рис. 101. Электронагревательный инструмент для стыковых сварных соединений НСПМ-110
1 — плита; *2* — биметаллический терморегулятор; *3* — ручка; *4* — лакоткань

=50...110 мм применяют стыкосварочные установки УСПМ-110, с $D_н$=140...225 мм — УСПМ-225 и с $D_н$=225...315 мм — УСПМ-315. Технология изготовления отводов, тройников и крестовин (рис. 102) сваркой встык включает следующие операции: резку труб, торцовку и очистку концов труб, сварку (отводов), отрезку вершины отводов (для тройников и крестовин) и их сварку.

В стационарных условиях сварку труб и фасонных деталей диаметром до 315 мм выполняют на установ-

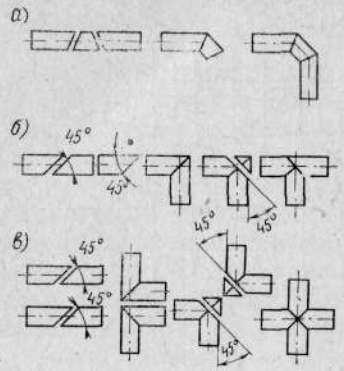


Рис. 102. Схема изготовления сварных деталей трубопроводов
а — отводов; *б* — тройников; *в* — крестовин

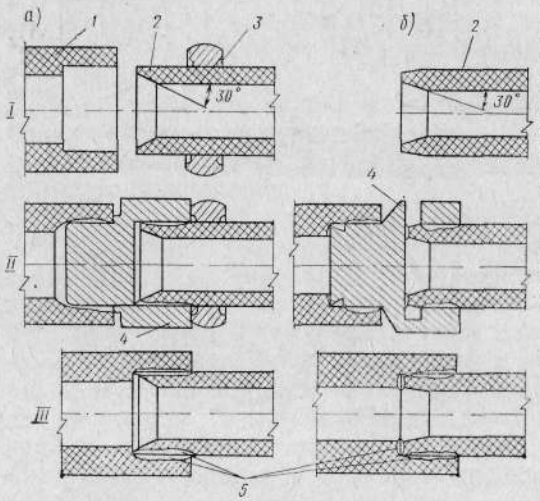


Рис. 103. Схема процесса контактной раструбной *а* и раструбно-стыковой *б* сварки труб и деталей
I — подготовка, сборка и установка ограничительного хомута; *II* — оплавление свариваемых поверхностей; *III* — соединение и охлаждение сварного соединения; *1* — раструбный конец трубы; *2* — гладкий конец трубы; *3* — ограничительный хомут; *4* — нагревательный инструмент; *5* — сварной шов

ках УСДП-110, УСДП-225 и УСДП-315 с пневматическим приводом. Смещение соединяемых концов труб при контактной сварке встык не должно превышать 10% номинальной толщины стенки. Неравномерность зазора между сведенными торцами труб при сборке под сварку не должна превышать 0,3 мм для $D_н < 63$ мм, 0,5 мм — для $D_н = 63...110$ мм, 0,7 мм — для $D_н — 110...400$ мм и 1 мм — для $D_н > 400$ мм. Вылет концов труб из зажимов сварочных устройств после сварки должен быть не менее 15 мм, а рабочая зона нагревательного инструмента должна выступать за наружные контуры свариваемых труб не менее чем на 15 мм.

Оптимальная температура нагревательного инструмента при контактной сварке встык труб из ПВД (200±±10)°С, из ПНД (220±10)°С, из ПП — (240±5)°С и из ПВХ (225±5)°С. Длительность стадии оплавления при нагреве перед сваркой в режиме постоянного давления ориентировочно принимают 10 с на 1 мм толщины стенки трубы.

Технологический процесс контактной сварки враструб и контактной раструбно-стыковой сварки труб из ПВД, ПНД и ПП состоит из следующих операций (рис. 103): подготовка, сборка и установка ограничительного хомута; оплавление свариваемых поверхностей; соединение свариваемых труб и охлаждение сварного соединения.

Овальность подготовленных к сварке труб враструб должна находиться в пределах допускаемого отклонения на наружный диаметр.

Ограничительный хомут устанавливают на трубу так, чтобы расстояние от хомута до торца трубы было на 2 мм меньше глубины раструба при контактной сварке враструб и на 2 мм больше глубины раструба при контактно-раструбно-стыковой сварке.

Внутренний диаметр хомута принимают на 0,2 мм меньше номинального диаметра трубы. Вылет концов труб из зажимов сварочного устройства при их установке принимают не больше 1,5 длины раструба.

Сварку труб враструб производят съемным электронагревательным инструментом (рис. 104). Гильза *1* служит для оплавления наружной поверхности гладкого конца трубы, а дорн *3* — для оплавления внутренней поверхности раструба.

Температуру нагревательного инструмента при сварке враструб принимают: для ПВД — (250±10)°С, для ПНД и ПП — (270±10)°С. Время оплавления при нагреве перед сваркой ориентировочно принимают 3...4 с на 1 мм толщины стенки, а время выдержки под осевой нагрузкой 30...40 с. Монтажные стыки полиэтиленовых труб с $D_н = 25...110$ мм сваривают враструб с помощью муфт с закладными нагревательными элементами.

Сварку газовую прутковую производят вручную в обычном или скоростном режиме (рис. 105). Площадь выходного канала наконечника *4* принимают на 10...15% больше площади поперечного сечения прутка. При выполнении сварки в скоростном режиме наконечник горелки *3* должен иметь раздельные выходные каналы

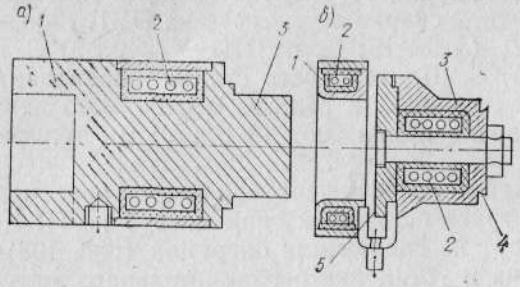


Рис. 104. Инструмент для контактной раструбной *а* и раструбно-стыковой *б* сварки
1 — гильза; *2* — электроспираль; *3* — дорн; *4* — поверхность для оплавления внутренней полки раструбного конца трубы; *5* — поверхность для оплавления торца гладкого конца трубы

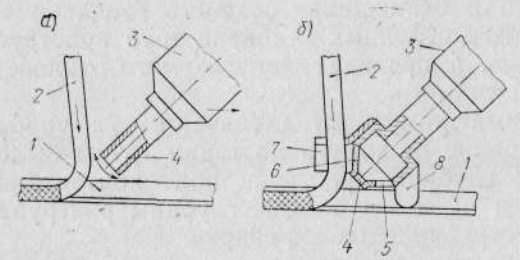


Рис. 105. Схема ручной газовой прутковой сварки обычной *а* и скоростной *б*
1 — свариваемые детали; *2* — присадочный пруток; *3* — сварочная горелка; *4* — выходной канал наконечника; *5* — канал предварительного подогрева деталей; *6* — канал предварительного подогрева прутка; *7* — направляющая для прутка; *8* — направляющий клин

5 и *6* для предварительного подогрева прутка и кромок свариваемых деталей. Расстояние от наконечника горелки до свариваемых поверхностей детали *1* принимают (5±2) мм, при этом угол наклона прутка *2* к поверхности сварного шва принимают для труб из ПНД, ПП и ПВХ — 90°, а из ПВД — 120°.

Присадочные материалы для газовой прутковой сварки применяют в зависимости от разделки кромок и толщины стенки свариваемых труб и деталей в виде прутков круглой или другой формы поперечного сечения.

В качестве газа-теплоносителя применяют сжатый воздух, очищенный от влаги и масел и соответствующий не выше IV класса загрязненности по ГОСТ 17433—80, а также газовоздушную смесь продуктов сгорания пропан-бутана. Для сварки допускается использование инертных газов (азот, аргон и др.).

Для прутковой сварки применяют электрические или газовые горелки, нагревающие теплоноситель. Температуру теплоносителя в горелках регулируют изменением напряжения или количества нагреваемого теплоносителя. Температура нагрева теплоносителя должна составлять: для труб из ПВД — 220...250°С, из ПНД — 250...270°С, из ПВХ — 230...250°С и из ПП — 250...270°С.

Для сварки соединений встык производят V-образную разделку кромок без притупления. Для труб с толщиной стенки до 6 мм угол разделки составляет 50...70°, а более 6 мм — 70...90°. При сборке труб зазор в стыковом соединении равен 0,5...1,5 мм, а раструбном — не более 1 мм.

Газовая струя должна направляться колебательными (веерообразными) движениями наконечника горелки на сварочный пруток и кромки деталей.

Укладку прутков в шов выполняют последовательными рядами, сначала один пруток в корневой шов, затем два прутка во второй ряд, три прутка в третий ряд и т. д. При смене или обрыве прутка в процессе сварки оставшийся в шве конец прутка срезают под углом 40° к оси шва. При многорядной укладке прутков в сварной шов каждый последующий пруток укладывают после охлаждения предыдущего до температуры 40°С и ниже.

Склеивание труб из ПВХ более экономично, чем прутковая сварка, и обеспечивает большую прочность соединений. Трубопроводы из ПВХ склеивают враструб зазорозаполняющим клеем ГИПК-127 (ТУ 6-05-251-95-79) с применением раструбных соединительных деталей. При отсутствии раструбов на концах труб или деталей их изготовляют формованием. Допускается зазор не более 0,6 мм.

Поверхность концов труб и раструбов должна быть шероховатой и обезжиренной. Шероховатость достигается шлифовкой шкуркой с крупностью зерна № 12 или 16, а обезжиривание — протиркой поверхности ацетоном или метиленхлоридом (расход растворителя 0,12 г/см²). Перед склеиванием проверяют зазор и производят контрольную сборку раструбного соединения.

Клей наносят мягкой кистью на две трети глубины раструба и на всю длину калиброванного конца трубы равномерным тонким слоем в осевом направлении. Расход клея составляет примерно 0,1 г/см². После нанесения клея участок трубы в течение 1...2 мин вводят в раструб, при этом смещение труб относительно друг друга не допускается. После склеивания раструбное соединение должно находиться в состоянии покоя не менее 2 ч.

§ 65. Контроль качества сварных и клеевых соединений

Качество сварных швов трубопроводов из полимерных материалов проверяют путем систематического пооперационного контроля, внешнего осмотра и механических испытаний. Ускоренную проверку качества сварных швов производят перед выполнением сварочных работ на монтаже для настройки сварочного оборудования и внесения корректив в сварочный режим.

Операционный контроль выполняют в процессе всего сварочного цикла, при этом проверяют: качество сборки под сварку, состояние поврехности свариваемых концов труб, чистоту поверхности нагревательного инструмента и параметры сварочного режима.

Внешнему осмотру подлежат все сварные соединения трубопроводов. Грат сварного шва, выполненного контактной сваркой встык, должен быть равномерно распределен по периметру стыка. Валики грата должны иметь примерно одинаковую высоту: при толщине стенок труб до 7 мм — (2 ± 1) мм; при 7...18 мм — (3 ± 1) мм; при 18...26 мм — (4 ± 1) мм, при 26...32 мм — (6 ± 2) мм. Поверхность валиков должна быть гладкой с с матовым оттенком. В шве не должно быть трещин, газовых пузырей и инородных включений. При сварке враструб грат должен быть равномерно распределен по торцу внутренней кромки раструба. Между кромками свариваемых поверхностей не должно быть пустот.

При газовой прутковой сварке поверхность шва должна быть выпуклой в центре, а края шва должны плавно переходить на основной материал. Основной материал в месте соединения с прутком шва должен быть слегка вспучен. Смещение кромок в сварном соединении не должно превышать 10% толщины стенки трубы, и быть не более 1,2 мм. Стыки с обнаруженными внешним осмотром дефектами бракуют, вырезают и заменяют катушками длиной не менее 200 мм. Исправление дефектов в сварных швах не допускается.

Механические испытания сварных стыков производят на растяжение, статический изгиб, отдир и сдвиг (для раструбных соединений). Испытания на растяжение выполняют на трубных образцах при $D_н<50$ мм и линейных образцах при $D_н>50$ мм и толщине стенки более 10 мм. Испытание на статический

изгиб выполняют на линейных образцах при $D_н>50$ мм и толщине стенки до 10 мм, а на отдир — при $D_н>50$ мм независимо от толщины стенки. Испытание на сдвиг выполняют на трубчатых образцах, вырезанных из середины раструба высотой, равной половине его глубины.

Механическим испытаниям на растяжение и сдвиг подвергают сварные соединения трубопроводов II и III категорий. Контролю подлежит 0,5% сварных стыков трубопроводов, выполненных на одном объекте, в том числе не менее одного стыка, выполненного каждым сварщиком. Отбираемые для контроля сварные стыки должны быть прямолинейными. Время между сваркой и испытанием образцов должно быть не менее 24 ч. Число испытываемых образцов и их размеры принимают в соответствии с требованиями нормативной документации. Качество сварного стыка при испытании на растяжение оценивается коэффициентом прочности, который должен быть не менее: 0,95 — при сварке встык; 1 — при сварке враструб и 0,5 — при газовой прутковой сварке встык с V-образной разделкой кромок. Коэффициент прочности сварного шва представляет собой отношение разрушающего напряжения сварного образца к пределу текучести материала трубы. Удовлетворительными считаются результаты испытания на статический загиб, если не менее 80% образцов выдержало изгиб на угол 180° при отсутствии разрушений, обнаруживаемых без увеличительных приборов.

При испытании образцов на отдир трубы от раструба разрушение должно происходить по целому материалу или частично по шву. Качество раструбного сварного соединения при испытании образцов на сдвиг считается удовлетворительным, если разрушающее напряжение составляет не менее: 8 МПа — для ПВД, 15 МПа — для ПНД и 16 МПа — для ПП.

Качество клеевых соединений трубопроводов из ПВХ проверяют пооперационным контролем: обработки и подготовки склеиваемых поверхностей, полноты покрытия клеем соединяемых поверхностей и вязкостью клея. Качество обработки и подготовки склеиваемых поверхностей и полноту их покрытия проверяют визуально. Поверхности перед нанесением клея должны быть чистыми. Клей наносят равномерным слоем по всей поверхности. Вязкость клея определяют вискози-

метрами ВЗ-1, ВЗ-4, ВЗ-36 и ВК-2 и она должна соответствовать инструкциям по применению той или иной марки клея.

§ 66. Монтаж трубопроводов

Монтаж технологических трубопроводов из ПНД, ПВД, ПП и ПВХ производят в соответствии с «Инструкцией по монтажу технологических трубопроводов из пластмасс» (ВСН 440-83 ММСС СССР).

К началу монтажа трубопроводов из пластмассы должны быть полностью закончены: строительные сооружения и конструкции (включая отделочные работы) под трубопроводы, в том числе эстакады, лотки, каналы; электро- и газосварочные работы и работы по теплоизоляции горячих трубопроводов и оборудования; монтаж оборудования и металлических трубопроводов, их крепление и испытание. Монтаж трубопроводов из пластмасс должны выполнять специально обученные рабочие.

Работы, связанные с транспортированием, погрузкой и разгрузкой труб, деталей и узлов трубопроводов из ПВД и ПНД, следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже —20°С, из ПП и ПВХ — не ниже —15°С. Для труб из фторопласта нижний температурный предел не ограничен.

Трубы, соединительные детали и узлы трубопроводов хранят в закрытых помещениях на стеллажах или в штабелях. На период монтажа допускается хранить трубы и изделия на площадках с постелью из мягкого грунта или на широких подкладках с закругленными краями. Место хранения необходимо защищать от попадания прямых солнечных лучей и располагать на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов, легко воспламеняющихся, взрывоопасных, горючих и смазочных материалов.

При такелажных работах применяют стропы из текстоленты, пенькового каната и других материалов, исключающих повреждение поверхности трубопроводов. Доставку труб, деталей и узлов на место монтажа, в том числе раскладку их вдоль трассы осуществляют непосредственно перед началом производства работ.

Монтажные стыки сваривают и склеивают в зимних условиях с местной защитой от холода, ветра и атмосферных осадков.

Монтаж труб из ПВХ, соединяемых враструб на резиновых кольцах, производят при температуре не ниже —10°С. При соединении труб враструб на резиновых кольцах выполняют следующие операции: очистку поверхности раструба, гладкого конца трубы и кольца; установку кольца в паз раструба; нанесение монтажной метки на гладкий конец трубы, для контроля глубины его вдвигания в раструб; смазку гладкого конца трубы; вдвигание гладкого конца трубы в раструб до монтажной метки. Для облегчения монтажа труб на резиновых кольцах применяют для смазки жидкое мыло, мыльный раствор, глицерин и другие вещества, не разрушающие материал трубы и кольца. Смазка маслом, солидолом и другими аналогичными смазочными материалами не допускается. Для монтажа таких соединений, особенно диаметром более 140 мм, применяются стыковочные устройства (рис. 106), обеспечивающие их центрование и получение необходимого усилия при сборке.

Сборку фланцевых соединений, как правило, выполняют при положительной температуре с применением тарированных ключей, обеспечивающих усилие затяжки, указанное в проекте. При отсутствии таких указаний сборку фланцевого соединения с применением резиновой прокладки производят с обеспечением ее деформации, не превышающей 0,2...0,4 ее толщины, а для прокладок из других материалов усилие затяжки, подбираемой опытным путем из условия обеспечения прочности и плотности.

Опускание труб и звеньев трубопроводов в траншеи, каналы и подъем их на эстакады, этажерки, галереи производят плавно, без рывков и ударов. Сбрасывать трубы или звенья в траншеи и каналы, а также перемещать их волоком не допускается.

При подземной прокладке трубопроводов с $D_н \leqslant \leqslant 315$ мм допускается на поворотах применять пологий радиус изгиба: 30 $D_н$ — для труб из ПВД; 120 $D_н$ — для труб из ПНД; 200 $D_н$ — для труб из ПП и 300 $D_н$ — для труб из ПВХ, а для $D_н > 315$ мм из ПНД: для труб типа Л — не менее 50 $D_н$, типа СЛ — не менее 40 $D_н$, типа С — не менее 20 $D_н$.

При монтаже трубопроводов должны быть выдержаны предусмотренные проектом уклоны. При отсутствии таких указаний трубопроводы прокладывают с

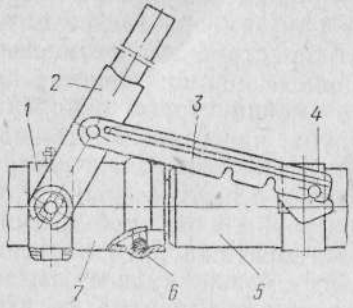


Рис. 106. Стыковочное устройство для монтажа труб враструб на резиновых кольцах
1 — опорное кольцо; *2* — рычаг с зажимом; *3* — захват; *4* — прижимное кольцо; *5* — гладкий конец трубы; *6* — резиновое кольцо; *7* — раструбный конец трубы

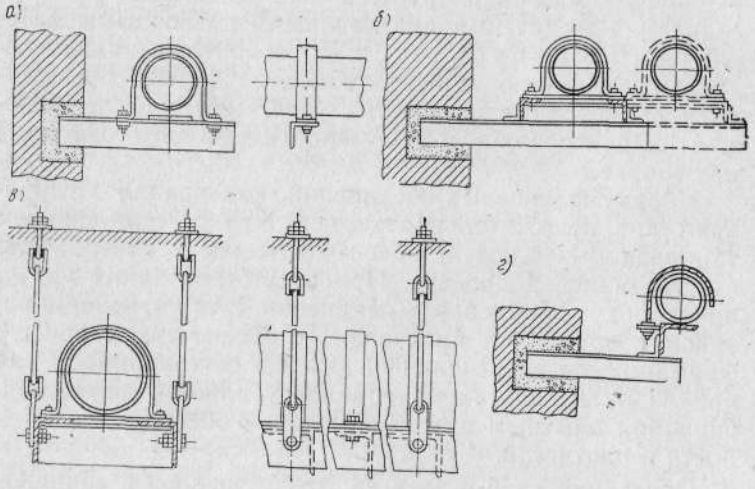


Рис. 107. Конструкции опор и подвесок для пластмассовых трубопроводов
а — отдельно стоящая опора; *б* — опора со сплошным основанием для труб диаметром более 110 мм; *в* — подвеска со сплошным основанием для труб диаметром до 110 мм; *г* — опора со сплошным основанием для труб диаметром до 110 мм

уклоном 0,002...0,005 в сторону аппарата или дренажных устройств.

При монтаже трубопроводов применяют опоры, подвески или сплошные основания (в виде желоба из уголка, швеллера, гнутого профиля или сплошного настила), изготовленные из металла или другого несгораемого материала (рис. 107).

Допускается использовать в качестве отдельно стоящих опор и подвесок крепления, применяемые для металлических трубопроводов. Подвижные опоры, как

правило, выполняют с помощью хомутов и скоб, изготовленных из пластмассы или металла и допускающих осевые перемещения трубопроводов. Между металлическим хомутом или скобой и трубой необходимо устанавливать прокладки из мягкого, эластичного материала. Хомут и скоба не должны иметь острых кромок или заусенцев, чтобы не повредить наружную поверхность труб во время осевых перемещений трубопровода. Ширину эластичной прокладки принимают на 10 мм больше ширины хомута или скобы и закрепляют на них с помощью клея или другим способом.

Неподвижные опоры на трубах из ПВД, ПНД, ПП и ПВХ с наружным диаметром до 160 мм выполняют путем приварки или приклейки (для ПВХ) к трубе упорных разрезных колец, изготовленных из того же материала, что и трубы. Кольца устанавливают по обе стороны неподвижно закрепленного хомута или скобы. Они должны охватывать $^3/_4$ диаметра трубы. Для труб с наружным диаметром свыше 160 мм вместо колец применяют сегментные упоры. Неподвижные крепления трубопровода путем сжатия трубы хомутом или скобой не допускаются. Для фторопластовых трубопроводов неподвижные опоры создают путем крепления фланцевого соединения к опорным и строительным конструкциям. Вертикальные участки трубопроводов закрепляют путем установки опор под раструбом, соединительной деталью или фланцевым соединением. Трубопроводы, прокладываемые на сплошном основании, закрепляют хомутами и скобами, которые устанавливают для горизонтальных участков: через 1 м — для труб с $D_н < 63$ мм; через 1,5 м — для труб с $D_н = 63...160$ мм; через 2 м — для труб с $D_н > 160$ мм; для вертикальных и наклонных участков: через 1,5 м — для труб с $D_н < 63$ мм и через 2 м — для труб с $D_н \geqslant 63$ мм. Длина незакрепленных на сплошном основании горизонтальных участков трубопроводов в местах поворота и присоединения их к аппаратам, оборудованию, арматуре и фланцам не должна превышать 0,5 м для труб с $D_н < 63$ мм и 1 м — для труб с $D_н \geqslant 63$ мм.

Арматуру стальную или стальную футерованную устанавливают и закрепляют на самостоятельных опорах или строительных конструкциях, чтобы не создавать дополнительной нагрузки на трубопровод и его соединения. При монтаже трубопроводов максимально

используют его самокомпенсацию за счет создания поворотов, спусков и подъемов труб. Монтаж компенсаторов производят на самостоятельных опорах и, как правило, расположенных в горизонтальной плоскости. При бесканальной прокладке трубопроводов засыпку и уплотнение грунтов производят в такой последовательности: в начале трубопровод присыпают вырытым грунтом, который не должен содержать твердых включений размером более 25 мм, на высоту не менее 0,3 м над верхней образующей трубопровода. При засыпке грунт в пазухах уплотняют трамбовкой одновременно с обеих сторон трубопровода слоями толщиной не более 0,2 м на высоту не менее 0,7 $D_н$.

Трамбовка грунта непосредственно над трубопроводом не допускается. Затем траншею засыпают грунтом, не содержащим твердых включений размером 100 мм и более, на высоту 0,5 м над верхней образующей трубопровода. Последующую засыпку траншеи производят после предварительного испытания трубопровода.

Монтаж трубопроводов протяженностью 100...200 м и более при бесканальной прокладке или в каналах производят секциями до 12 м, с последующим их укрупнением на месте монтажа в звенья длиной до 48 м. Укладку в траншеи звеньев, сваренных и склеенных на бровке, производят не ранее чем через 24 ч после соединения последнего стыка. Монтаж трубопроводов из ПВХ, соединенных враструб на резиновых кольцах, производят сразу же после укладки их в траншею.

Для снижения напряжений, возникающих в трубах и соединениях, в случае укладки трубопроводов в траншею при температуре окружающей среды выше 10°С предусматривают укладку трубопроводов «змейкой», засыпку трубопроводов в наиболее холодное время суток и заполнение трубопровода холодной водой перед засыпкой.

Фаолитовые трубопроводы монтируют, как правило, из деталей заводского изготовления. Перед монтажом в деталях и трубах из фаолита проверяют отсутствие трещин, сколов и вздутий лаковой пленки. Крепят фаолитовые трубопроводы на опорах и подвесках хомутами и скобами, которые применяют для металлических трубопроводов. Между трубой и опорой, хомутом или скобой необходимо помещать резиновую прокладку. Расстояние между опорами допускается не более 2 м.

Фаолитовые трубопроводы укладывают в металлические желоба или деревянные лотки, а также на жесткие конструкции с увеличенной опорной поверхностью. При сборке фланцевых соединений их параллельность проверяют щупом. Так как фаолит — хрупкий материал, перекос труб и фланцев при их соединении не допускается. В соединение не должен проходить щуп толщиной 0,5 мм. В собранном виде фланцы должны свободно вращаться на трубах. Болты фланцевых соединений затягивают постепенно и равномерно. При сборке трубопровода отклонения от проектных размеров компенсируют фаолитовыми вставками соответствующей длины.

Испытания трубопроводов из ПВД, ПНД и фторопласта-4 производят при температуре окружающего воздуха не ниже — 15°С, а из ПП, ПВХ и фаолита — не ниже 0°С. Испытания трубопроводов из пластмассовых труб следует производить гидравлическим способом. Пневматические испытания допускаются только в случае, когда температура окружающего воздуха ниже 0°С или опорные конструкции не рассчитаны на заполнение трубопровода водой. Фаолитовые трубопроводы подвергаются только гидравлическому испытанию.

Испытания трубопроводов из ПВД, ПНД, ПП и ПВХ на прочность и плотность производят не ранее чем через 24 ч после сварки или склеивания соединений трубопровода. Если склеивание производилось при температуре окружающего воздуха до 15°С, то к испытанию приступают через 48 ч.

В случае применения горячей воды для подогрева и испытания трубопровода в осенне-зимний период, температура ее не должна превышать 40°С для трубопроводов из ПВД и ПВХ и 60°С — из ПНД и ПП.

Для трубопроводов из ПВХ, ПВД, ПНД и ПП испытательное давление задается проектом и должно быть равно 1,25 $P_р$, но не менее 0,2 МПа, для фторопластовых — 1,5 $P_р$, но не менее 0,2 МПа, для фаолитовых трубопроводов — 1,25 $P_р$, но не менее 0,05 МПа. При проведении испытания во время осмотра обстукивание всех пластмассовых трубопроводов не разрешается.

ГЛАВА XV. ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, МОНТАЖА И ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ СТЕКЛА, ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СТАЛЬНЫХ С ВНУТРЕННИМ ПОКРЫТИЕМ

§ 67. Монтаж стеклянных трубопроводов

Монтаж стеклянных трубопроводов производят только после окончания монтажа и испытания оборудования, металлических и неметаллических трубопроводов и технологических металлоконструкций. Сборку и монтаж таких трубопроводов выполняют специально обученные рабочие.

Предварительную сборку элементов, узлов и секций трубопроводов производят непосредственно на монтажной площадке, если это допустимо по условиям монтажа.

Стеклянные трубы и фасонные детали с гладкими концами соединяются (рис. 108): при $P_y<0{,}1$ МПа — фланцами или муфтами с двумя натяжными резиновыми кольцами, при $P_y>0{,}1$ МПа — фланцами с тремя натяжными резиновыми кольцами.

Перед монтажом все трубы и фасонные детали тщательно осматривают для выявления дефектов (трещин, сколов, царапин) и отбраковывают. Трещины обычно определяют легким обстукиванием. Принятые в монтаж трубы и фасонные части очищают и промывают.

Стеклянные трубопроводы прокладывают с уклоном в зависимости от физико-химических свойств транспортируемого продукта: вода — 0,003; газы и пар — 0,002; кислоты и щелочи — 0,005; жидкие пищевые продукты — 0,01 и высоковязкие и застывающие продукты — 0,02.

Резку труб и деталей трубопроводов производят при помощи нихромовой проволоки, нагреваемой электрическим током от осветительной электросети через понижающий трансформатор с последующим быстрым охлаждением места нагрева водой. Таким же способом производят косой разрез труб и деталей.

Стеклянные трубы можно резать также стальными дисками диаметром 200 ... 300 мм толщиной 1,5 ... 2 мм или карборундовыми кругами. Частота вращения дисков 1000 ... 1500 мин$^{-1}$.

После резки труб, особенно способом электронагрева, их торцы шлифуют карборундовым кругом.

Плоскость торца трубы или детали после резки и шлифовки должна быть перпендикулярной оси трубы.

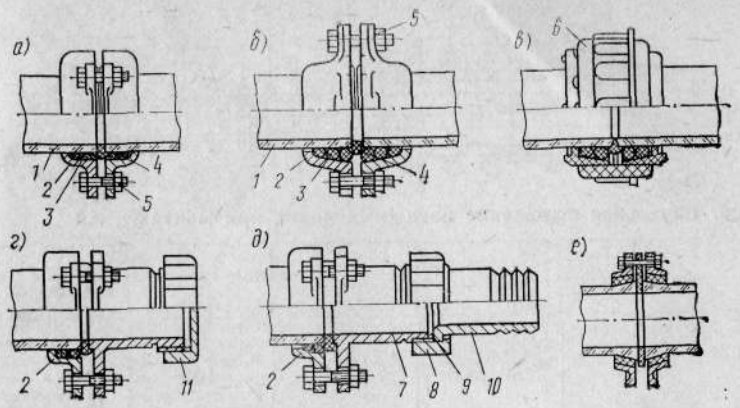


Рис. 108. Соединения стеклянных труб

а — фланцами на два натяжных кольца; *б* — фланцами на три натяжных кольца; *в* — муфтой; *г* — с патрубками и заглушкой; *д* — с патрубком и штуцером; *е* — с коническими буртами; *1* — стеклянная труба; *2* — фланец; *3* — натяжное кольцо; *4* — Т-образная прокладка с защитной оболочкой; *5* — болт с гайкой; *6* — муфта; *7* — патрубок; *8* — накидная гайка; *9* — прокладка; *10* — штуцер; *11* — заглушка

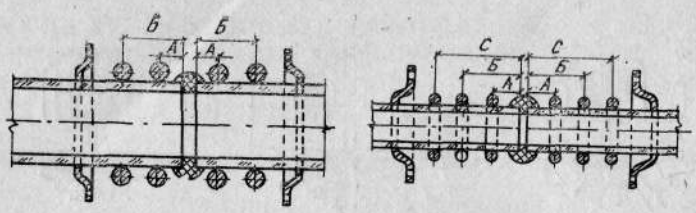
Отклонения от плоскости среза допускаются для труб с $D_y<40$ мм вкл. — 0,7 мм, с $D_y=50$ мм — 1,5 мм и с $D_y>50$ мм — 2 мм.

Резиновые детали соединений стеклянных трубопроводов хранятся или транспортируются при температуре ниже 0°С, а перед монтажом их выдерживают в течение 24 ч при температуре не ниже 15°С.

Торцы труб и резиновые кольца перед монтажом протирают насухо. При сборке соединений обязательно производят предварительную установку натяжных резиновых колец на конце труб со строгим соблюдением размеров, приведенных на табл. 26. Фланцы устанавливают так, чтобы отверстия для болтов точно совпадали.

Стягивание фланцев осуществляют при помощи стяжных клещей, затем производят завертывание гаек на болтах или завертывание штуцерного соединения. Соединение трубопроводов считают оконченным, когда натяжные кольца на 2 ... 3 мм перекрывают Т-образную прокладку. При этом расстояние между фланцами должно составлять 4 ... 6 мм, а для штуцерных соединений остаются свободными 1 ... 2 нитки резьбы.

Кронштейны, опоры и подвески (рис. 109) устанавливают после разбивки оси трубопровода по проекту и определения мест их крепления. Расстояния между опора-



26. Начальное положение натяжных колец при монтаже, мм

Фланцы	D_y	А	Б	С
С двумя кольцами	40...50	15	45	—
	65...100	25	50	—
	150...200	45	100	—
С тремя кольцами	40...50	15	45	65
	65...100	20	50	70
	150...200	17	40	70

ми трубопроводов регламентируются длиной трубы, при этом минимальное расстояние между опорами 500 мм и максимальное — 3000 мм. Каждую трубу диаметром до 50 мм следует крепить на опоре, а диаметром более 50 мм — на двух. Трубы длиной до 1500 мм во всех случаях надлежит крепить на одной опоре. Опоры для крепления трубопроводов, как правило, следует располагать на расстоянии 250 ... 300 мм от торца трубы и 60 ... 75 мм от торца детали.

Непосредственное соприкосновение стеклянных труб и фасонных частей с металлическими деталями: хомутами, кронштейнами, фланцами, защитными гильзами — не допускается, для чего устанавливают прокладки из эластичного материала.

Расстояние в свету между поверхностями труб (или их изоляцией) и строительными конструкциями или оборудованием должно быть для труб с $D_y < 50$ мм — 70 мм, с $D_y = 50...100$ мм — 110 мм и с $D_y = 100...200$ мм — 120 мм.

Монтируемую трубопроводную арматуру необходимо установить на независимые от трубопровода опоры. Нагрузки от веса арматуры и усилия, создаваемые в процессе ее эксплуатации, не должны передаваться на стеклянный трубопровод.

При температурном перепаде более 55°С и при длине прямого участка стеклянного трубопровода от неподвижной опоры более 100 м устанавливают компенсаторы.

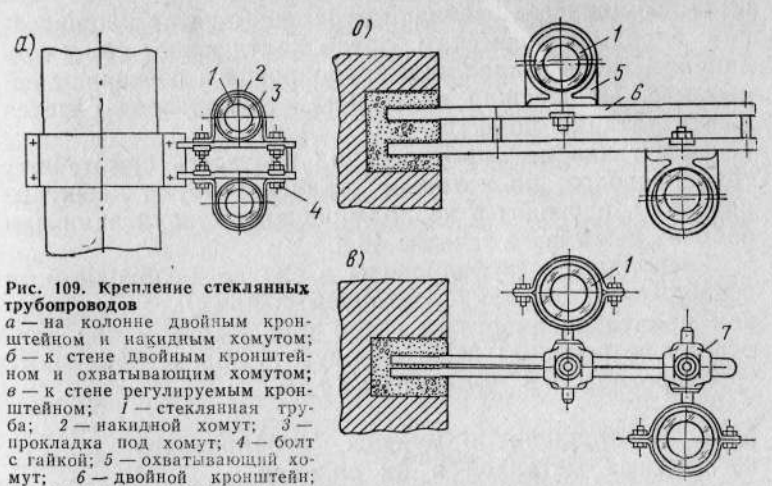


Рис. 109. Крепление стеклянных трубопроводов
а — на колонне двойным кронштейном и накидным хомутом; *б* — к стене двойным кронштейном и охватывающим хомутом; *в* — к стене регулируемым кронштейном; *1* — стеклянная труба; *2* — накидной хомут; *3* — прокладка под хомут; *4* — болт с гайкой; *5* — охватывающий хомут; *6* — двойной кронштейн; *7* — регулируемый кронштейн

При необходимости установки на стеклянных трубопроводах вставок их длину принимают не менее 200 мм для соединений на двух кольцах и 250 мм — трех кольцах. Вставки для замыкающего участка трубопровода изготовляют по шаблону, выполненному точно по месту.

Устранение зазоров между торцами труб или несовпадение осей трубопровода, возникающих при их монтаже, путем натяжения труб или искривления их осей запрещается.

При изоляции стеклянных трубопроводов каждую трубу независимо от диаметра крепят в двух местах, причем нагрузка от изоляции не должна передаваться на трубопровод, для чего применяют дополнительное крепление изоляции в виде коробов.

Стеклянные трубопроводы испытывают на прочность и плотность только гидравлическим способом. Гидравлическое испытание выполняют при положительной температуре окружающей среды. Испытательное давление принимают равным 1,25 P_p, но не менее 0,2 МПа. При гидравлическом испытании давление выдерживают в течение 20 мин, после чего его снижают до рабочего и производят осмотр трубопровода. При обнаружении дефектов в соединениях давление снижают до атмосферного и производят подтягивание соединений. При этом ослабляют крепления всех хомутов с одной стороны подтягиваемого соединения до ближайшей фасонной части таким образом, чтобы этот участок трубопровода

имел возможность свободно перемещаться по кронштейнам, опорам и подвескам. Затем подтягивают само соединение, вновь закрепляют трубопровод и повторяют испытание. Прошедший испытания трубопровод сдается в эксплуатацию по акту.

Испытание на прочность и плотность самотечных трубопроводов, по которым транспортируют сыпучие продукты, проводят в период пробной эксплуатации при рабочих режимах в течение 48 ч.

Стеклянные трубопроводы в случае необходимости освобождают от транспортируемых продуктов самотеком продувкой инертным газом или воздухом под давлением не более 0,1 МПа. Продувать паром стеклянные трубопроводы не допускается.

§ 68. Изготовление и монтаж трубопроводов из цветных металлов и их сплавов

Трубы, детали трубопроводов из цветных металлов и их сплавов, предназначенные для монтажа, должны храниться в закрытых складских помещениях на специально выделенных стеллажах отдельно от стальных. Для защиты труб и деталей из цветных металлов от механических повреждений стеллажи для хранения, а также средства для их транспортирования (тележки, автокары) должны быть облицованы деревом, резиной или другим мягким материалом.

Для межоперационного хранения труб в процессе их обработки у рабочих мест также должны быть оборудованы деревянные настилы.

Для погрузки и разгрузки должны применяться пеньковые и капроновые канаты и мягкие прокладки, исключающие возможность повреждения наружной поверхности труб.

Губки слесарных тисков, зажимные приспособления прессов, станков, кантователей и тому подобного оборудования (кроме трубогибочной оснастки), применяемые при обработке труб и деталей, особенно из титановых сплавов, должны быть облицованы защитными пластинами из алюминиевых или медных сплавов.

Резку труб рекомендуется выполнять механическим способом. Допускается плазменная резка труб диаметром более 130 мм при условии надежной защиты внутренней поверхности от налипания брызг металла и шлака. После плазменной резки окисленные поверхности металла

должны быть удалены проточкой на станках или зачисткой шлифовальной машинкой. Свинцовые трубы разрезают ручной или приводной ножовкой.

Гибку труб рекомендуется производить преимущественно в холодном состоянии: для труб диаметром до 38 мм включительно радиусом изгиба не менее 2,5 $D_н$ без дорна и наполнителя и для труб диаметром более 38 мм — не менее 3 $D_н$ с дорном или наполнителем (песком).

Трубы из титановых сплавов рекомендуется преимущественно гнуть на станках с нагревом ТВЧ, при этом радиус изгиба должен быть не менее 2 $D_н$.

Гибку в холодном состоянии с применением дорнов следует производить при обильной смазке дорна и внутренней поверхности труб из меди, латуни и алюминия — мыльной эмульсией, а из титановых сплавов — касторовым маслом, смешанным с тальком в пропорции 1:1 по массе.

Трубы из цветных металлов перед гибкой, как правило, предварительной термической обработке не подвергают. Горячая гибка труб из цветных металлов производится аналогично стальным и на том же оборудовании (табл. 27). Наблюдение за режимом нагрева осуществляют с помощью термопар касания, термокарандашей, а при гибке с нагревом ТВЧ — с помощью оптических пирометров типа ОППпр-09.

27. Температура нагрева труб при гибке

Материал труб	Средство нагрева	Температурный режим гибки, °С	
		начало	окончание
Медь М1р, М2р и М3р	Электропечь	850...750	300
То же	Коксовый, нефтяной или газовый горны	800...650	300
Латунь Л60, Л63	Электропечь	830...750	400
Алюминиевые сплавы АМг3, АМг6, АМц, АМц2	Электропечь	450...400	350
Титановые сплавы:	Нагрев ТВЧ		
ВТ-00		670...700	—
ВТ1-0		700...730	—
ОТ4-1		720...740	—
ВТ-14, ПТ-7М, ПТ-3В		800...840	—

Свинцовые трубы гнут в холодном состоянии с наполнителем. Наполнителем служит расплавленная канифоль (в зимнее время вода, замороженная внутри трубы).

Отбортовку труб под свободные фланцы, а также обжатие и раздачу концов труб из цветных металлов производят аналогично стальным, при этом для труб из титановых сплавов максимальная раздача (% диаметра трубы) в холодном состоянии должна быть 15, в горячем — 20%, а обжатие соответственно — 17 и 25%.

Отбортовку свинцовых труб под свободные фланцы производят вручную при помощи деревянных молотков. Раструбные соединения труб получают раздачей конца оправкой необходимого диаметра.

При изготовлении и монтаже свинцовые трубы предварительно подвергают правке механическим или гидравлическим способом. При механическом способе правки через трубы протягивают ручной лебедкой стальные конические оправки, прикрепленные к канату. Диаметр оправок должен соответствовать внутреннему диаметру трубы. Гидравлический способ правки более производителен. До заполнения водой в оба конца трубы впаивают трубки небольшого диаметра. Воду подают ручным или приводным насосом под давлением 0,2...1 МПа в зависимости от толщины стенки, диаметра трубы и вида вмятин. При гидравлическом способе правки не следует допускать таких давлений, при которых происходит выпучивание стенки трубы.

К прихватке и сварке трубопроводов из цветных металлов и их сплавов допускаются электросварщики, прошедшие специальное обучение и заварившие пробные стыки.

Основным способом сварки трубопроводов из алюминия, меди, титана и их сплавов является ручная аргонодуговая неплавящимся вольфрамовым электродом.

Перед сваркой поверхность кромок и околошовный участок труб и деталей из алюминия и алюминиевых сплавов для удаления окисной пленки подвергают травлению раствором едкого натра (45...55 г/л) при температуре 60...70°С с последующей промывкой в горячей воде при температуре 50°С, а также производят осветление раствором азотной кислоты (425 г/л) с промывкой в горячей воде.

Зачищают поверхность механическими щетками из нержавеющей стали. Кромки разделяют в соответствии с ГОСТ 14806—80. Сварку производят на переменном токе. При прихватке и сварке труб и деталей с толщиной стенки 10 мм и более для устранения возможности образования пор производят сопутствующий подогрев: алюминия — до температуры 300...350°С, алюминиевых сплавов — до 200...250°С. Перед сваркой поверхность кромок и околошовный участок труб и деталей из меди и медных сплавов очищают от масла, грязи и окисной пленки металлической щеткой и промывкой 10%-ным раствором каустической соды.

Разделку кромок производят в соответствии с ГОСТ 16038—80, сварку производят на постоянном токе обратной полярности. Для предупреждения образования пористости используют активирующую флюспасту марки АН-М15А, которую наносят на свариваемые кромки.

Перед сваркой поверхность кромок и околошовный участок труб и деталей из титана и титановых сплавов очищают металлическими щетками из нержавеющей стали или шлифовальными абразивными кругами. В отдельных случаях применяют травление в кислотном растворителе. Состав растворителя на 1 л раствора: соляной кислоты 240...390 мл, азотной кислоты 35...60 мл, фтористого натрия 50 г.

При сварке необходимо применять защиту аргоном сварного соединения от воздействия газов атмосферы: насадки и поддувки с наружной стороны стыка и камеры и с внутренней стороны стыка. Разделку кромок производят в соответствии с ГОСТ 14771—76. Сварку производят на постоянном токе прямой полярности.

Кромки свинцовых труб перед сборкой зачищают с двух сторон стальным шабером-скребком для удаления окисной пленки. Сварку свинцовых труб осуществляют водородным и ацетиленовым пламенем. В первом случае для сварки применяют специальные горелки, во втором — обычные ацетиленовые горелки. Присадочным материалом служит свинцовая проволока или прутки, нарезанные из листового свинца.

Наиболее эффективным способом электродуговой сварки свинцовых труб встык и враструб является сварка модулированной дугой при помощи установки ВС-1. Сварка осуществляется в среде защитного газа неплавящимся вольфрамовым электродом.

К пайке трубопроводов допускаются медники и паяльщики, имеющие удостоверения на право пайки сосудов и трубопроводов.

Поверхность элементов трубопроводов под пайку

тщательно очищают от консервирующей смазки, загрязнений, краски, окалины и следов коррозии.

Окисные пленки с поверхности элементов трубопроводов при подготовке под пайку удаляют на ширине не менее 20 мм механическими или химическими средствами.

Паяное соединение выполняют враструб. Длина раструба должна быть не менее пятикратной толщины стенки трубы.

Перед пайкой производят контрольную сборку узла и проверяют зазоры в соединении, которые не должны превышать 0,3 мм.

Для пайки трубопроводов из меди и латуни применяют припои: оловянно-свинцовые (ПОС90, ПОС61, ПОССу30-0,5) — по ГОСТ 21931—76, латунные (Л63, ЛОК59-1-0,3) по ГОСТ 16130—72, медно-цинковые (ПМЦ-48, ПМЦ-54 и др.), а из алюминия — алюминиевые припои П550А, П575А и 34А.

Пайку припоями производят с флюсом: оловянно-свинцовыми — с цинком хлористым, серебряными — с флюсом № 209 и 284, медно-цинковыми и латунными — с бурой прокаленной или со смесью буры (70%) и борной кислоты (30%) и алюминиевыми — с флюсом Ф32А, Ф5, Ф59А, и 34А. После пайки для предупреждения коррозийного воздействия на металл остатки флюса тщательно удаляют промывкой горячей и холодной водой.

При монтаже трубопроводов из цветных металлов — меди, латуни, алюминия, титана и свинца — соблюдают те же требования, что и при монтаже трубопроводов из углеродистой стали.

К монтажу трубопроводов из цветных металлов и их сплавов приступают только после окончания монтажа оборудования и стальных трубопроводов.

При монтаже трубопроводов из очень тяжелых и в то же время мягких свинцовых труб требуется особая аккуратность. Для крепления свинцовых трубопроводов применяют сплошные желоба из досок или уголков, уложенные на опоры и подвески. В желобах и местах расположения фланцев или арматуры оставляют минимальные разрывы. Уложенные в желоб трубы через каждые 700...1000 мм закрепляют свинцовой лентой.

Испытательное давление для трубопроводов из цветных металлов принимается равным 1,25 $P_р$, но не менее

0,1 МПа. Обстукивание сварных швов при осмотре трубопровода во время испытания производится деревянным молотком массой не более 0,8 кг.

§ 69. Изготовление и монтаж стальных трубопроводов с внутренним неметаллическим покрытием

До начала монтажа трубопроводов, футерованных полиэтиленом высокой плотности, фторопластом, гуммированных и эмалированных, должны быть выполнены все общестроительные и специальные работы, а также закончены все электрогазосварочные работы в зоне монтажа.

Трубы и детали стальных трубопроводов с внутренними неметаллическими покрытиями соединяют преимущественно на фланцах (рис. 110). Трубы, детали и арматура для таких трубопроводов передаются в монтаже полностью готовыми.

Подготовку труб, деталей и элементов трубопроводов под гуммирование выполняет изготовитель трубопроводов (им может быть монтажная организация). Габаритные размеры труб, деталей и элементов трубопроводов согласовывают с предприятием, выполняющим гуммирование. Внутренний диаметр труб, подлежащих гуммированию, обычно принимают не менее 37 мм, а максимальную длину прямых труб — не более 2 м.

Гнутые участки должны быть плоскими, с развернутой длиной не более 400 мм и углом изгиба до 90°. Для тройников и ответвлений длину прямой трубы принимают не более, мм: при диаметре до 50 мм — 150; до 150 мм — 200; до 200 мм — 200 и более 200 мм — $2D_н$. В тройниках, ответвлениях, фланцевых и других соединениях внутренние сварные швы и места сопряжения, соприкасающиеся с резиновой обкладкой, не должны иметь острых углов. Радиус закругления должен быть не менее 5 мм, что достигается зачисткой шлифовальными кругами. При этом допускается уменьшение площади уплотнительной поверхности фланца на 10...15%. Эта поверхность не должна иметь уплотнительных канавок.

Внутренняя поверхность труб и деталей должна быть очищена от ржавчины и других загрязнений металлическими щетками или другим способом. На по

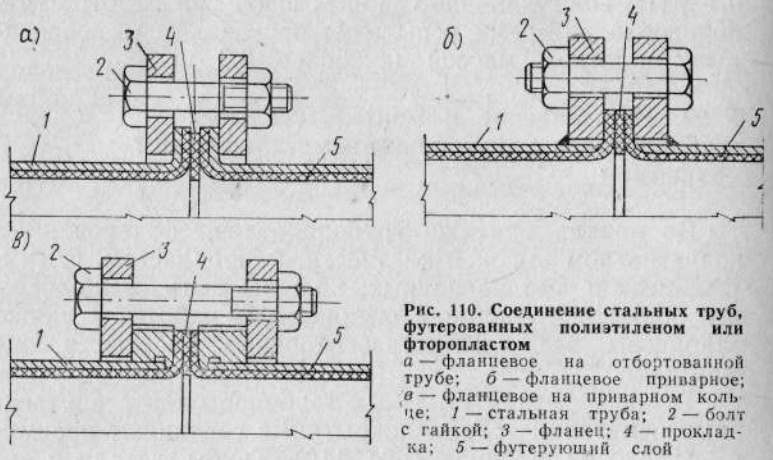


Рис. 110. Соединение стальных труб, футерованных полиэтиленом или фторопластом
а — фланцевое на отбортованной трубе; *б* — фланцевое приварное; *в* — фланцевое на приварном кольце; *1* — стальная труба; *2* — болт с гайкой; *3* — фланец; *4* — прокладка; *5* — футерующий слой

верхности не должно быть раковин, трещин и других дефектов. Пустоты в швах, кратеры от сварки, а также острые углы не допускаются.

Все сварные швы изделий, подлежащих гуммированию, должны быть проверены давлением на герметичность или физическими методами неразрушающего контроля. Качество всех изделий с внутренним покрытием проверяют путем наружного осмотра, простукивания и испытания на электропробой. Испытанию на электропробой не подвергаются изделия, футерованные камнелитыми вкладышами.

Наружный осмотр производится визуально с целью выявления дефектов на поверхности покрытия (отверстия, протоколы, трещины, вздутия и т. д.).

Простукивание производится легким деревянным или металлическим молотком для обнаружения по звуку тех мест, где покрытие отстает от металлической поверхности.

Испытание на электропробой производится с целью более тщательного контроля местных дефектов гуммированного, футерованного и эмалированного слоев, обнаруженных при наружном осмотре. Такой способ контроля позволяет обнаружить незаметные на глаз проколы, микропоры, трещины и другие дефекты при помощи искровых дефектоскопов типа Д-50, Д-100 и ДН-64. В этом случае искателем дефектоскопа проводят по внутренней поверхности покрытия и при наличии в покрытии

сквозного дефекта в разряднике возникает ярко пульсирующая искра длиной 3...30 мм.

Трубы, детали и арматуру с внутренним покрытием при транспортировании следует предохранять от повреждения, для чего отверстия закрывают деревянными заглушками, прикрепленными болтами к фланцам, а на резьбовые концы таких труб навертывают муфты. Такие изделия упаковывают в ящики или обрешетки, уложенными на мягкую подкладку (войлок гофрированный картон, стружку и др.).

Хранят гуммированные трубы, детали и арматуру в упакованном виде в затемненном помещении при положительной температуре, но не выше 20°С, а футерованные полиэтиленом и фторопластом — в закрытых помещениях или под навесом во избежание воздействия солнечных лучей, вызывающих старение футерующего слоя.

Перед сборкой элементов и узлов трубопроводов гуммированные и футерованные трубы и детали следует очистить от загрязнений (промыть, продуть воздухом и т. д.). Применять для очистки металлические щетки и твердые инструменты запрещается во избежание повреждения облицовки.

Монтаж гуммированных, футерованных и эмалированных трубопроводов производят только при положительной температуре окружающего воздуха.

Трубы, узлы, детали и арматура, хранившиеся или транспортировавшиеся при температуре ниже 0°С, перед сборкой и монтажом выдерживают в течение 24 ч при температуре не ниже 10°С во избежание образования трещин на внутреннем покрытии.

При монтаже таких трубопроводов запрещается: подгибать трубы путем нагрева; врезать или устанавливать на резьбе в собранные трубопроводы стальные штуцера, муфты или бобышки КИПиА; производить какие-либо приварки к таким трубопроводам; прокладывать такие трубопроводы на расстоянии менее 0,5 м от трубопроводов и устройств (в том числе временных), по которым транспортируют пар или другие горячие продукты, имеющие температуру свыше 80°С; собирать фланцевые соединения без уплотнительных прокладок; применять дополнительные рычаги на ключи при затяжке фланцевых соединений; применять бесканальную прокладку.

Для установки приборов КИПиА на футерованных

и гуммированных трубопроводах (манометры, термометры, импульсные трубки и т. д.) применяют тройники или детали, имеющие защитное покрытие.

Компенсацию возможных отклонений от проектного положения осуществляют путем установки гуммированных, эмалированных или футерованных прямых вставок.

Прокладка трубопроводов, имеющих большое число фланцевых соединений в земле, не допускается. Футерованный трубопровод должен представлять собой непрерывную электрическую цепь, для чего фланцы соседних участков соединяют между собой токопроводниками и подсоединяют к контурам заземления.

Стальные, гуммированные, футерованные и эмалированные трубопроводы после окончания монтажа подвергают испытанию на прочность и плотность, а также испытанию на сплошность внутреннего покрытия.

Испытание трубопроводов на прочность и плотность производят гидравлическим способом путем поднятия испытательного давления и выдержки при этом давлении не менее 10 мин. При рабочих давлениях в трубопроводе до 0,5 МПа испытательное давление принимают равным 1,5 $P_р$, но не менее 0,2 МПа, а свыше 0,5 МПа — 1,25 $P_р$, но не менее $P_р$+0,3 МПа.

Испытание на проверку сплошности гуммированного и футерующего слоев проводят электролитическим способом (рис. 111) при давлении равном $P_р$, но не менее 0,6 МПа. Указанные испытания можно проводить одновременно с испытанием гидравлическим способом на прочность и плотность.

В качестве электролита, заполняющего испытываемый трубопровод, используют 20%-ный раствор соляной кислоты или 3...5 %-ный раствор серной кислоты, а также 5 %-ный раствор поваренной соли или двууглекислой соды.

При электролитическом способе один конец испытываемой трубы или участка трубопровода закрывается электроизолированной заглушкой 7, а испытываемая труба или участок трубопровода изолируется от трубопровода и насоса, подводящего электролит, при помощи электроизолированного фланца 2 с патрубком, а также путем установки изолирующих подставок и прокладок под опоры 3.

Для контроля сплошности гуммированного или футерующего слоев или один конец цепи электрического тока подключают к изолированному болту заглушки, а

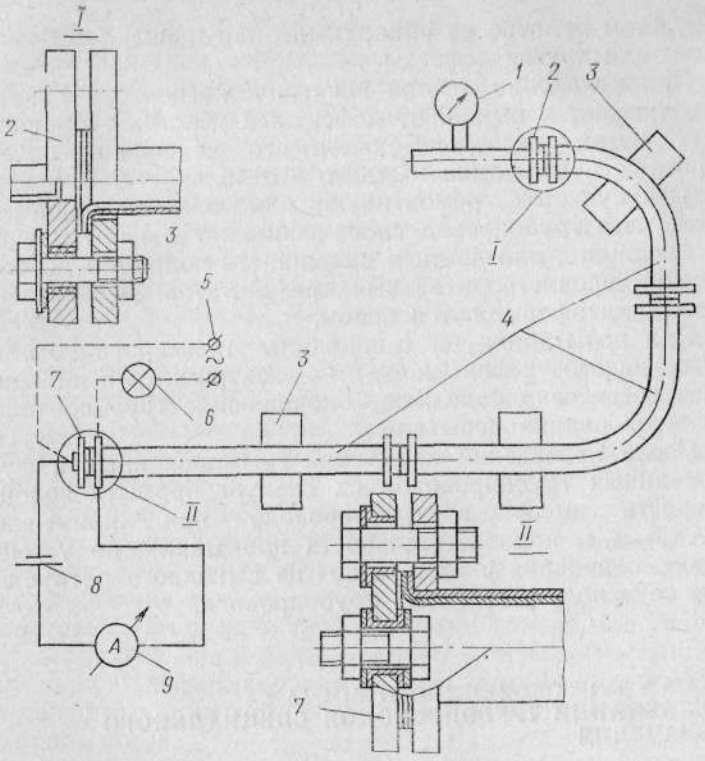


Рис. 111. Схема установки приборов при испытании трубопроводов на сплошность электролитическим способом

1 — манометр; *2* — электроизолированный фланец; *3* — электроизолированные опоры; *4* — испытываемые участки трубопровода; *5* — подключение электросети; *6* — электролампа; *7* — электроизолированная заглушка; *8* — батарея; *9* — миллиамперметр

второй конец — к фланцу испытываемой трубы или участка трубопровода *4*.

Питание цепи электрического тока осуществляется от электросети переменного тока *5* с напряжением 36 В или батареи *8* напряжением 6 В. Оба предлагаемых способа являются равноценными.

Выдержка под давлением при электролитическом испытании на сплошность покрытия должна быть не менее 15 мин. Трубопровод считается выдержавшим испытание на сплошность внутреннего покрытия, если в течение указанного времени в электрической цепи отсутствует ток (миллиамперметр *9* не дает показаний или не горит электрическая лампочка *6*) и если при

наружном осмотре не обнаружено нарушение герметичности или другие дефекты.

При появлении в цепи электрического тока давление снимают и выявляют дефектный участок трубопровода путем последовательного его деления на более короткие и испытания каждого в отдельности. Поврежденный участок ремонтируют или заменяют новым, после чего трубопровод снова собирают и испытывают на прочность, плотность и сплошность покрытия до получения удовлетворительных результатов. Результаты испытания оформляются актом.

При испытаниях на сплошность гуммированного и футерующего слоев жидким электролитом должно быть обеспечено надежное опорожнение трубопровода после окончания испытания.

После проведения испытаний гуммированных и футерованных трубопроводов их следует промыть водой. Скорость воды в трубопроводе при промывке 1...1,5 м/с, продолжительность промывки — до устойчивого появления чистой воды из выходного патрубка или спускного устройства трубопровода.

ГЛАВА XVI. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА И ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 70. Монтаж трубопроводов высокого давления

Для вновь строящихся предприятий и установок трубопроводы высокого давления (10...250 МПа) изготовляют и поставляют заводы комплектными линиями в виде укрупненных узлов полной заводской готовности, включая вварку спускных и воздушных патрубков, бобышек, штуцеров для контрольно-измерительных и автоматических приборов.

Монтажная организация производит изготовление деталей, элементов и узлов трубопроводов только при выполнении работ, связанных с реконструкцией отдельных линий действующих установок.

Поступившие на склад заказчика трубы, детали и узлы трубопроводов, крепежные изделия, линзы, прокладки и арматуру подвергают расконсервации и проверяют наличие технической документации (сертификаты, паспорта, акты), маркировки, отсутствие повреждений при транспортировании и складировании, следов коррозии, соответствие всех размеров чертежам, качество уплотняющих поверхностей, химический состав металла деталей. Результаты проверки каждого вида изделия оформляют актом. В акт заносятся все индивидуальные номера принятых изделий.

Узлы, комплектные линии, трубы, детали, арматуру и другие изделия для трубопроводов высокого давления со склада заказчика для монтажа принимаются по акту представителем монтажной организации (управления или участка), ответственным за качество монтажа.

Вся документация заводов-изготовителей на полученные изделия, а также акты контрольных испытаний, проведенных заказчиком, должны находиться в отделе главного механика заказчика, монтажной организации она не передается.

При приемке всех изделий со склада заказчика проверяют по ведомости номер каждой трубы и детали, наличие всех клейм, длину каждой трубы и ее кривизну, состояние резьбы и чистоты обработки линз и подлинзовых гнезд, качество обработки концов под сварку. Изделия без надлежащих клейм или в дефектном состоянии (деформированные, с забитой резьбой или сорванными нитками, следами коррозии) в монтаж не принимаются.

Для складирования трубных узлов, труб, арматуры, деталей и других изделий в мастерских или монтажной площадке устраивают специальные стеллажи и деревянные настилы.

Резку труб и обработку кромок под сварку на концах труб и узлов производят преимущественно механическим способом.

При применении газопламенного или газоэлектрического способа резки производят последующую механическую обработку или зачистку кромок реза на глубину не менее: 3 мм — труб из углеродистой и хромомарганцевистой стали; 6 мм — из хромомолибденовой и хромомолибденовольфрамовой стали и 2 мм — из хромоникелевой стали.

Плоскость торца после резки должна быть перпендикулярна оси трубы. Перекос не должен превышать 0,5 мм.

После резки каждый отрезок трубы осматривают и

обмеряют, а также маркируют. Данные осмотра и обмеров заносят в специальную ведомость.

Стыкуемые детали подбирают по внутренним диаметрам, разность которых допускается до 4% диаметра, но не более 2 мм. При большой разности производят расточку меньшего диаметра под углом 12...15°.

Смещение внутренних кромок при сборке допускается в пределах 10% толщины стенки, но не более 1 мм, а наружных кромок — в пределах половины допуска на наружный диаметр трубы, но не более 8 мм (при D_y = =400 мм и более).

Сварку трубопроводов высокого давления P_y=10... 100 МПа и при температуре стенки — 50...510°С выполняют с соблюдением требований ОСТ 26—01—1434—81, а трубопроводов на P_y>100 МПа — по специальным техническим условиям, разработанным для конкретного объекта. К выполнению прихваток и сварки допускаются только сварщики, прошедшие специальную подготовку и имеющие удостоверение Госгортехнадзора СССР на право выполнения ответственных сварочных работ.

После любого вида сварки для снятия возникающих внутренних термических напряжений стыки на участке длиной не менее 50 мм в каждую сторону от стыка подвергают термической обработке. Стыки из стали марки 20 подвергают термообработке при толщине стенок труб более 36 мм. Необходимость проведения термической обработки стыков из сталей аустенитного класса должна быть указана в проекте.

Фланцевые соединения трубопроводов собирают на установленных, выверенных и укрепленных опорах, на которых предварительно укреплены трубы, детали и арматура. Между торцами стыкуемых труб и деталей оставляют минимальный зазор, чтобы при сборке фланцевого соединения можно было только завести линзу.

Непосредственно перед сборкой фланцевого соединения уплотнительные поверхности труб, арматуры и деталей, а также линзы (прокладки) промывают в керосине и протирают насухо. При сборке фланцевого соединения попадание смазок на уплотнительные поверхности недопустимо.

Несоблюдение этого условия может вызвать появление электрических разрядов при прохождении блуждающих электрических токов (например, от сварочных трансформаторов) и нарушение уплотнения соединения.

Гайки шпилек следует затягивать постепенно и в

определенном порядке — крест-накрест, проверяя параллельность фланцев при помощи щупа. Гайки следует затягивать предельными или динамометрическими ключами. Окончательную затяжку фланцевых соединений можно производить при температуре не ниже — 20°С.

По окончании сборки фланцевого соединения пространство между фланцами заполняют консистентной смазкой, марку которой выбирают в зависимости от максимальных летних температур в районе строительства.

При сборке трубопроводов вследствие отклонений от проектного положения строительных конструкций, оборудования между торцами стыкуемых трубопроводов могут появиться большие зазоры или нахлесты. Чтобы этого не случилось, замыкающий участок должен изготовляться по шаблону точно по месту. Натяги при сборке трубопроводов не допускаются.

Если монтажный стык расположен от ближайшей опоры на расстоянии более 1 м, необходимо дополнительно устанавливать временные опоры или подкладки на расстоянии не более 500 мм от стыка, чтобы исключить появление изгибающих моментов в свариваемом стыке.

На сливных и дренажных трубопроводах высокого давления не допускается вварка трубы в трубу. Для их соединения устанавливаются кованые тройники и переходы, поступающие с заводов-изготовителей совместно с трубопроводами.

Испытание на прочность трубопроводов высокого давления, работающих на P_y=10...100 МПа, производят только гидравлическим способом водой, а на P_y=100... 250 МПа — эмульсолом по ГОСТ 1975—75 или смесью, состоящей (по объему) из 50% трансформаторного масла (ГОСТ 982—80) и 50 % керосина (ГОСТ 18499—73).

Испытательное давление принимают равным: для трубопроводов на P_y=10...100 МПа и при температуре стенки 400°С и ниже — 1,25 P_p; независимо от давления и при температуре стенки свыше 400°С — 1,5 P_p; на P_y=150 МПа и при температуре до 280°С — 210 МПа; на P_y=250 МПа и при температуре до 280°С — 340 МПа.

Для испытания линию или участок трубопровода отключают от аппаратов или соседних участков глухими линзами с хвостовиками. Число установленных глухих линз, а также места их установки записывают в журнал

проведения испытания. После окончания испытания глухие линзы вынимают и для контроля просчитывают.

Подъем и снижение давления в трубопроводе при гидравлическом испытании проводят постепенно, по ступеням; до 10 МПа — через каждые 5 МПа, а далее — через 10 МПа. Интервалы между подъемами давления на каждую ступень должны быть достаточными для осмотра труб, соединений и арматуры, но не более 30 мин — до 100 МПа и 20 мин — свыше 100 МПа.

Под испытательным давлением трубопровод выдерживают при температуре окружающего воздуха не ниже 0°С в течение 10...12 мин, после чего давление снимают до рабочего и производят обстукивание участков околосварных швов омедненным молотком массой не более 1,5 кг с закругленным бойком. Удары молотка должны быть легкими и наноситься рядом со швом с обеих сторон. По окончании обстукивания давление в трубопроводе вновь повышают до испытательного, выдерживают его в течение 5 мин., проверяя по манометрам отсутствие падения давления, и затем снижают до рабочего. При рабочем давлении трубопровод выдерживают в течение времени, необходимого для тщательного осмотра всех деталей и соединений.

Пневматическое испытание на герметичность (плотность) с определением падения давления производят воздухом или азотом как в процессе комплексного опробования вместе с аппаратурой, так и автономно.

Испытаниям на герметичность подвергают трубопроводы после предварительного гидравлического испытания на прочность и плотность. При пневматическом испытании давление поднимают по ступеням, так же как при гидравлическом.

Осмотр рекомендуется производить при давлении 5, 10, 20, 32, 50, 70, 80, 90, 100, 150, 200 и 250 МПа. Окончательный осмотр трубопровода производят при рабочем давлении, обмазав мыльным раствором подозрительные места всех сварных и фланцевых соединений, сальников, уплотнений арматуры и всех врезок. Места утечки воздуха определяют также течеискателем.

При сдаче в эксплуатацию технологических трубопроводов на $P_у > 10$ МПа монтажная организация должна представить заказчику дополнительно акты приемки в монтаж узлов, линий, труб, арматуры, деталей, крепежных и прокладочных изделий; ведомости индивидуальной проверки труб высокого давления перед выдачей их в монтаж; ведомости учета принятых труб после механической обработки, ведомости учета гнутых труб и акты их проверки, ведомость учета контрольных стыков, журнал проверки качества сварочных материалов и акты проверки технологических свойств электродов, журналы режима термообработки сварных стыков.

§ 71. Монтаж вакуумных трубопроводов

Технологические вакуумные трубопроводы обычно работают при температуре около 600°С в условиях низкого, среднего и реже высокого вакуума, категории которого установлены ГОСТ 5197—70, а именно: низкий вакуум — более $1 \cdot 10^2$ Па; средний вакуум — $1 \cdot 10^2 ... 1 \cdot 10^{-1}$ Па; высокий вакуум — $1 \cdot 10^{-1} ... 1 \cdot 10^{-5}$ Па.

К изготовлению, монтажу и испытанию таких трубопроводов предъявляются повышенные требования по плотности соединений, очистке внутренних поверхностей, а также стойкости против коррозии.

Предъявление повышенных требований при изготовлении и монтаже вакуумных трубопроводов по сравнению с трубопроводами, работающими под избыточным давлением, объясняется тем, что утечка даже небольшого количества газа из трубопровода под давлением ничтожно мала по отношению к объему находящегося в нем газа, натекание того же газа при наличии вакуума резко меняет степень разрежения.

Для каждой категории вакуумопроводов применяют специальную арматуру. Арматуру обезжиривают на заводе-изготовителе и поставляют в специальной упаковке. Специальная арматура не должна пропускать воздуха при любом положении клапана и должна обеспечивать вакуумное уплотнение в закрытом состоянии. Перед монтажом арматура подвергается наружному осмотру, очистке от механических загрязнений, ржавчины и сушке.

Для вакуумопроводов в зависимости от категории применяют фланцы с уплотняющей поверхностью выступ — впадина или шип — паз. Прокладки изготовляют из вакуумной листовой резины, вакуумного резинового шнура или из фторопласта, алюминия и меди.

По окончании сборки и сварки все узлы трубопроводов в зависимости от категории вакуума проходят обезжиривание, травление соляной или серной кислотой,

нейтрализацию щелочью с промывкой водой и просушку. Для трубопроводов низкого вакуума травление и дальнейшая нейтрализация необязательны, если нет на то указаний в проекте.

Детали и узлы трубопроводов и арматуры, имеющие антикоррозионное покрытие из жировой смазки, должны быть обезжирены четыреххлористым углеродом. Этот растворитель токсичен, поэтому при работе с ним рабочие должны соблюдать правила техники безопасности, указанные в инструкции. Четыреххлористый углерод в соединении с влагой вызывает коррозию стали, поэтому обезжириваемые им трубы, узлы и арматура должны быть предварительно просушены.

До начала монтажа вакуумных трубопроводов все узлы и элементы в местах соединений обмазывают мыльным раствором и проверяют их на герметичность пневматическим испытанием очищенным и сухим сжатым воздухом или инертным газом под давлением 0,2... 0,5 МПа (в зависимости от прочности элементов системы).

Во время перерыва в работе концы трубопроводов должны закрываться заглушками или деревянными пробками.

По окончании монтажа системы независимо от категории вакуума производят повторные пневматические испытания на плотность воздухом или инертным газом с целью устранения неплотностей, образовавшихся в процессе монтажа. После пневматического испытания все вакуумные трубопроводы, кроме трубопроводов низкого вакуума, подвергают испытанию на герметичность, применяя для этого галогенные течеискатели ГТИ-6 или БГТИ-5. Действие галогенных течеискателей основано на свойстве платины, накаленной до 800... 900°С, увеличивать эмиссию положительных ионов в присутствии галогенов.

Испытание на герметичность производят способами щупа или обдувания. Способы испытаний, их сочетание и последовательность, а также параметры испытаний, указываются в проекте, а методика проведения — в инструкции.

Испытание на герметичность способом щупа (рис. 112) производят при создании внутреннего давления гелиево-воздушной смеси, большего, чем давление окружающей среды. К клапану *3* течеискателя *1* герметично подсоединяют гибкий рукав *9* со щупом *10*.

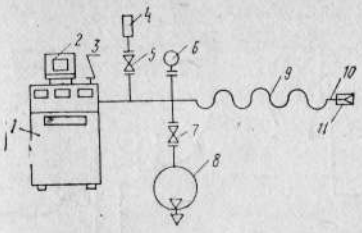


Рис. 112. Схема установки для проверки герметичности способом щупа
1 — течеискатель; *2* — пульт управления; *3* — клапан с D_y =32 мм; *4* — насадка калиброванная; *5* и *7* — клапаны; *6* — преобразователь манометрический; *8* — насос механический; *9* — гибкий рукав; *10* — щуп; *11* — насадка

Конструкция щупа такова, что расстояние между щупом и изделием минимально. Это достигается применением конусной насадки *11* из резины.

В трубопровод, заполненный гелием, подается через редуктор сухой воздух под давлением, необходимым для проведения испытания, которое выдерживается в течение 10 мин. Затем включается течеискатель и механический насос *8* производительностью не менее 0,8 л/с. Допускается проведение испытаний без насоса при длине гибкого рукава меньше 1,5 м и незначительном его газовыделении. При испытании открывается клапан *3* таким образом, чтобы в камере течеискателя установилось рабочее давление, которое следует поддерживать постоянным. Медленно перемещая щуп вдоль испытываемой поверхности, находят место течи, судя по отклонению стрелки течеискателя.

Испытание способом обдувания выполняют следующим образом (рис. 113). В трубопроводе *12* предварительно создается вакуум, затем с внешней стороны поверхность обдувают регулируемой струей гелия, поступающего из баллона *15* через обдуватель *13*. При приближении обдувателя к месту течи поток воздуха, обогащенный гелием, попадает через неплотность внутрь, что фиксируется по отклонению стрелки течеискателя *1*.

Общая величина натекания определяется по повышению давления, для чего внутри трубопровода создается требуемый вакуум P_1. После этого систему отсоединяют от насоса и фиксируют изменение давления P_2 в течение определенного времени τ.

Скорость натекания определяют по формуле

$$Q = v(P_2 - P_1)/\tau,$$

где v — объем внутренней полости изделия (трубопровода); л; P_1 и P_2 — давление в трубопроводе в начале и конце испытания, Па;

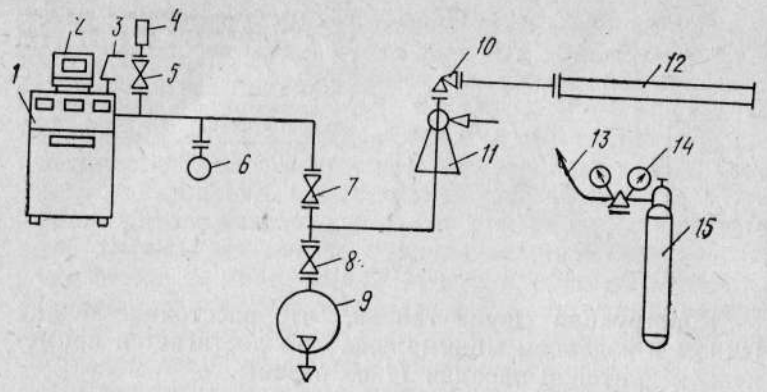


Рис. 113. Схема установки для проверки герметичности способом обдувания
1 — течеискатель; *2* — выносной пульт управления; *3* — клапан с D_y =32 мм; *4* — насадка калиброванная; *5, 7* и *8* — клапаны; *6* — манометрический преобразователь; *9* — механический насос; *10* — вакуумный затвор; *11* — пароструйный насос; *12* — изделие; *13* — обдуватель; *14* — редуктор; *15* — баллон с гелием

τ — время, в течение которого фиксируют изменение давления, с.

Определение скорости натекания производят после выравнивания температуры внутри трубопровода, для чего в его начале и конце устанавливают термометры с ценой деления не более 0,1°С.

§ 72. Монтаж кислородопроводов

Кислородопроводы применяют для транспортирования газообразного и жидкого кислорода и выполняют их из углеродистых, легированных и высоколегированных сталей, меди, алюминиевых и медных сплавов. Трубы из углеродистой стали и алюминиевых сплавов на $P_y > 6{,}3$ МПа применяют только при прокладке в земле или защитном кожухе. Открытую разводку кислородопроводов в цехах на $P_y > 16$ МПа производят только из медных труб.

Для кислородопроводов всех категорий, работающих при температуре ниже —70°С применяют трубы: медные отожженные, латунные, из алюминиевых сплавов (до 4 МПа) и из коррозионностойкой стали.

Для кислородопроводов, работающих на $P_y < 2{,}5$ МПа и температуре не выше 300°С, применяют фланцы плоские приварные, а для более высоких параметров — фланцы приварные встык.

С целью обеспечения надежной и безопасной работы кислородопроводов, работающих при $P_y < 1$ МПа, применяют фланцы плоские приварные, рассчитанные на давление не ниже 1 МПа. Все фланцы с плоской уплотнительной поверхностью при применении мягких прокладок должны иметь кольцевые канавки.

Для исключения возможности образования ледяных пробок межцеховые трубопроводы, транспортирующие жидкий и влажный кислород, покрывают слоем теплоизоляции и оборудуют постоянными дренажными устройствами и спутниками для обогрева. В качестве теплоносителя для спутников применяют горячую воду с температурой не ниже 120°С или нагретый не выше 150°С пар.

Изготовление и монтаж кислородопроводов должны производить монтажные организации, имеющие подготовленный персонал и располагающие необходимыми техническими средствами.

Кислородопроводы монтируют из готовых блоков, узлов, секций, деталей и изделий, поставляемых с заводов-изготовителей или производственных баз. Все поверхности изделий должны быть тщательно очищены. Все отверстия, соединяющие внутреннюю полость с атмосферой, закрывают заглушками.

Все детали и изделия из легированной стали перед сборкой в блоки или отправкой на место монтажа подвергают стилоскопированию. Каждую трубу, деталь и элемент перед сборкой и монтажом осматривают с целью выявления поверхностных дефектов и жировых пятен на внутренней поверхности. Для этой цели применяют прибор РВП-457.

Изделия, на поверхности которых обнаружены жировые или масляные пятна, должны быть обезжирены. Торцы труб, деталей и других изделий, прошедших осмотр и не нуждающихся в обезжиривании, закрывают заглушками. Обезжиривают трубы и детали в соответствии с требованиями ОСТ 26—04—312—81. При обезжиривании на концах труб и деталей устанавливают технологические заглушки. Через соответствующий штуцер заглушки заливают растворитель, после чего его закрывают. Обезжириваемые изделия укладывают на 10... 20 мин горизонтально и периодически (3...4 раза) поворачивают, чтобы обмыть растворителем всю их внутреннюю поверхность. Обезжиривание внутренних поверхностей труб, деталей и других изделий производят также

горячим моющим раствором, прокачкой растворителя или протиркой.

В монтажных условиях могут применяться только пожаровзрывобезопасные растворы:

углерод четыреххлористый (ГОСТ 20288—74);
углерод четыреххлористый технический марки А (ГОСТ 4—75);
тетрахлориэтилен (ТУ 6-01-956-74);
трихлорэтилен марки А (ГОСТ 9976—70);
хладон-13 (ТУ 6-09-3655-76).

Качество обезжиривания проверяется люминесцентным или нефелометрическим способом. Содержание минеральных масел в пробах после обезжиривания не должно превышать 70 мг/дм³ при содержании в растворителе масла не более 50 мг/дм³.

После обезжиривания производят сушку продувкой сжатым воздухом или азотом, содержащим масла не более 10 мг/м³ с относительной влажностью при температуре окружающего воздуха не выше 60°С. После обезжиривания и сушки торцы труб и деталей закрывают заглушками.

Для гидроиспытания кислородопроводов применяют питьевую воду по ГОСТ 2874—82, а для пневмоиспытаний на плотность — воздух, содержащий не более 10 мг/м³ масла.

После монтажа и гидроиспытания трубопроводы продувают воздухом или азотом от турбокомпрессоров с содержанием масла не более 10 мг/м³. Скорость газа в трубопроводе при продувке должна быть не менее 20 м/с. Продолжительность продувки устанавливается по результатам контроля чистоты выходящего продувочного газа, но не менее 8 ч.

§ 73. Монтаж хладопроводов

К хладопроводам относят трубопроводы промышленных холодильных установок, по которым транспортируют аммиак, хладон, водоаммиачные растворы, растворы поваренной, кальциевой и магниевой солей, а также другие хладоносители с температурой —70...140°С на $P_у < <2{,}5$ МПа.

Для изготовления хладопроводов применяют бесшовные и элетросварные трубы из углеродистой стали. Для температур —70...—40°С трубы из стали 10Г2, а для хладоновых установок — медные трубы.

На стальных хладопроводах устанавливают фланцы

и арматуру с уплотнительной поверхностью выступ — впадина — для аммиака и хладона и с плоской уплотнительной поверхностью — для хладоносителей.

Монтаж всасывающих и нагнетательных трубопроводов аммиачных и хладоновых холодильных установок необходимо вести с минимальным числом перегибов, не допуская образования местных спусков, так называемых низких мешков, в которых во время эксплуатации скапливается жидкость, образующая жидкостную пробку.

Для возврата выбрасываемого масла из компрессора или стока капельной жидкости хладоагента, образовавшейся в трубопроводах, необходимо особенно тщательно соблюдать уклоны, величины которых указывается в проектах. При отсутствии таких указаний необходимо прокладывать трубопроводы для аммиака и пропана: всасывающие — с уклоном 2% в сторону испарительной системы; нагнетательные — с уклоном 1...2% в сторону конденсаторов; трубопроводы для хладона: всасывающие — с уклоном 2% в сторону компрессора и нагнетательные — с уклоном 1% в сторону компрессора.

Хладопроводы устанавливают на опоры и подвески с деревянными теплоизоляционными скорлупами. Такие скорлупы изготовляют из твердых пород дерева. Замена пород дерева допускается только с разрешения проектной организации.

Деревянные скорлупы перед установкой во избежание их гниения пропитывают антисептическим раствором.

При прокладке трубопроводов через перекрытия или стены необходимо пространство между патроном и трубой тщательно изолировать, так как при намерзании льда происходит защемление трубопровода, что при тепловых деформациях может вызвать разрушение строительных конструкций.

Поверхность качения и скольжения опор перед установкой трубопроводов следует смазать солидолом, а на трубопроводах с температурой рабочей среды ниже 0° — мастикой или маслом, применяемым для смазки цилиндров холодильных компрессоров, смешанным с серебристым графитом до густой консистенции.

Смонтированные хладопроводы подвергают наружному осмотру, испытанию на прочность и плотность (аммиачные, пропановые и хладоновые трубопроводы с $D_у < <300$ мм компрессорных холодильных машин — пневматическим, а хладоносителя — гидравлическим способом) и продувают.

Системы трубопроводов для хладоагентов испытывают на прочность и плотность сухим сжатым воздухом или инертным газом. По окончании испытаний на прочность и плотность аммиачные и хладоновые трубопроводы испытывают на падение давления в течение 18 ч вместе с аппаратурой. После окончания монтажа и испытаний при подготовке к пуску перед заполнением системы аммиачные, пропановые и хладоновые трубопроводы продувают сухим чистым воздухом или инертным газом с температурой не выше 100°С и давлением, равным $P_р$, обеспечив давление в конце продуваемого трубопровода не менее 0,3 МПа. Трубопровод считается чистым, если на марле или стекле, смоченных маслом и подставленных под струю воздуха, не будет осадка.

§ 74. Монтаж трубопроводов смазочных, гидравлических и пневматических систем общепромышленного назначения

Трубопроводы систем смазки, гидравлики и пневматики транспортируют масло и густую смазку к узлам трения, масло, эмульсию и воду — к оборудованию и проводкам, сжатый воздух — к пневматическим цилиндрам. Монтаж таких трубопроводов выполняют в соответствии с ВСН 41-80 (ММСС СССР).

При монтаже трубопроводов систем смазки и гидравлики проводят химическую очистку внутренних поверхностей трубопроводов от окалины, ржавчины и других загрязнений. Трубопроводы систем пневматики очищают механическим способом: обстукиванием, протаскиванием ершей и продувкой сжатым воздухом.

Изготовление и монтаж трубопроводов в зависимости от степени заводской готовности поставляемых труб, узлов и деталей, а также объемов работ и условий их выполнения осуществляют по одному из следующих вариантов:

химическая очистка — изготовление узлов — монтаж;
изготовление узлов — химическая очистка — монтаж;
изготовление узлов — монтаж — химическая очистка.

Во всех случаях сварочные работы, газовая резка и горячая гибка труб должны предшествовать химической очистке, в противном случае производят повторную очистку.

Химическую очистку труб и узлов трубопроводов выполняют следующими способами:

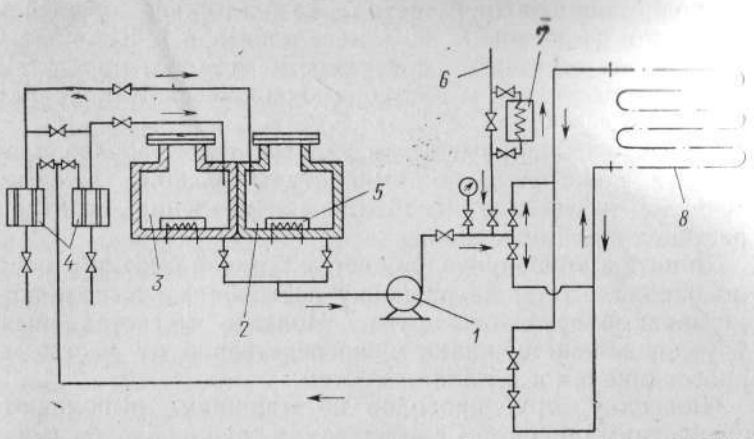
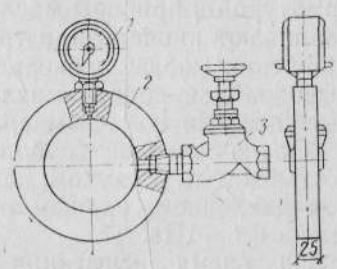


Рис. 114. Схема установки для травления трубопроводов раствором ортофосфорной кислоты

1 — центробежный насос; *2* — бак для 2%-ного раствора кислоты; *3* — бак для 15...20%-ного раствора кислоты; *4* — сетчатый фильтр; *5* — электрический подогреватель; *6* — трубопровод сжатого воздуха; *7* — калорифер; *8* — обрабатываемый участок трубопровода

Рис. 115. Приспособление для подвода воздуха

1 — манометр; *2* — кольцевая вставка; *3* — вентиль



по смонтированным участкам трубопроводов прокачивают раствор ортофосфорной кислоты специальной установкой (рис. 114);

трубы, детали и узлы трубопроводов очищают растворами ортофосфорной, соляной или серной кислот в ваннах.

Первый способ более экономичен, безопасен и эффективен, так как позволяет потоком движущегося раствора совместить химическую и механическую очистку внутних поверхностей трубопровода. Обработку внутренних поверхностей труб, узлов или отдельных участков трубопроводов ортофосфорной кислотой производят в два приема. Сначала обрабатывают поверхность 15...20%-ным раствором кислоты с температурой 50...60°С, затем пассивируют 2%-ным раствором той же кислоты, в результате чего на поверхности металла образуется фосфатная

пленка, защищающая металл от повторной коррозии.

Время прокачки 15...20%-ного раствора 1...8 ч в зависимости от состояния поверхности металла, при этом направление движения раствора периодически (1...2 раза) изменяют.

После окончания очистки участок трубопровода продувают подогретым до температуры 50...60°С сжатым воздухом в течение 30...40 мин для удаления остатков раствора и для просушки.

Монтаж трубопроводов систем жидкой смазки в маслоподвалах, а также разводку по машинам выполняют независимо друг от друга. Монтаж магистральных трубопроводов начинают непосредственно от мест их присоединения к станциям систем.

Разводку трубопроводов по машинам выполняют следующим образом. Если разводка трубопроводов (или ее отдельные узлы) не выполнена предприятием-изготовителем, подбирают все необходимые трубы, детали и арматуру. Проверяют наличие отверстий для подвода смазки к подшипникам. Устанавливают узлы разводки с арматурой и приборы маслоуказателей на машине. Устанавливают ниппели или трубы для указателей подачи и движения масла, проверяют наличие пробок на концах выводов для подачи масла, подсоединяют разводки к выводам для подачи масла.

После монтажа трубопроводы испытывают на плотность сжатым воздухом: нагнетательные трубопроводы — под давлением, равным рабочему, — 0,5 МПа, а сливные — 0,1 МПа.

На время испытания трубопроводы отключают от оборудования станции и от смазываемых механизмов. Места отключения закрывают специальными заглушками с хвостовиком, которые устанавливают между фланцами. Для подачи сжатого воздуха применяют приспособление (рис. 115) с вентилем *3* и манометром *1*, которое устанавливают между фланцами в удобном для наблюдения месте. Трубопровод считается выдержавшим испытание, если в течение 15 мин падение давления не превышает 0,05 МПа.

После испытания трубопроводы промывают смесью, состоящей (по объему) из 50% керосина и 50% минерального масла. После промывки смесь сливают, а остатки удаляют продувкой сжатым воздухом. После продувки и заполнения системы эксплуатационным маслом производят проверку системы циркуляцией масла в течение 12 ч с подачей его ко всем узлам трения оборудования. После окончания прокачки масла трубопроводы отсоединяют в местах подвода и отвода масла, устанавливают пробки и подвергают их гидравлическому испытанию маслом при давлении, равном 1,25 $P_р$. Испытание на плотность, промывку и гидравлическое испытание всех трубопроводов оформляют актом.

Трубопроводы систем густой смазки монтируют в такой последовательности: прокладывают магистральные трубопроводы (начиная от станции густой смазки); устанавливают смазочные питатели типа ПД и подсоединяют их к магистрали; разводят трубы, соединяющие питатели ПД со смазочными точками обслуживаемых механизмов.

Трубопроводы крепят к опорам и оборудованию скобами. Расстояние между скобами магистральных трубопроводов — не менее 3 м, а остальных — не менее 1,5 м. Между трубопроводом густой смазки и пароспутником должен выдерживаться зазор 10...15 мм. Смазочные питатели устанавливают и закрепляют на подкладках в местах, удобных для наблюдения. Все питатели перед установкой проверяют на герметичность и срабатываемость.

Герметичность проверяют испытанием на давление не менее 12,5 МПа; при этом давлении смазка не должна просачиваться через уплотнение штоков и закрытые золотники. При испытании на срабатываемость штоки питателей должны перемещаться плавно при давлении не более 1 МПа. Трубопроводы от питателей к смазываемым точкам для удобства монтажа и эксплуатации делают разъемными, с соединительными гайками на концах.

Для изготовления узлов систем густой смазки размерами 14×3 и 18×3 мм с конической трубной резьбой $^1/_4''$ и $^3/_8''$ применяют установку СГС-2.

На этой установке маятниковой пилой ПМ-300/80 производят резку труб абразивным диском, удаление внутренних и наружных заусенцев на концах труб, гибку труб трубогибом, нарезку конических резьб на концах труб на станке, сборку питателей с навинчиванием штуцеров в приспособлении и заполнение их густой смазкой на автоматической станции СК-75.

После окончания монтажа магистральные трубопроводы отключают от питателей, продувают сжатым воздухом, испытывают на прочность и плотность для выяв-

ления дефектов монтажа и промывают смесью из керосина и минерального масла аналогично трубопроводам систем жидкой смазки.

Каждую линию магистрального трубопровода испытывают отдельно. Пробное давление в линии выдерживают в течение 20...30 мин. За это время допускается падение давления не более чем на 10% и только за счет утечек в золотниках и клапанах арматуры.

После гидравлического испытания систему настраивают на рабочее давление и окончательно проверяют срабатываемость питателей и реверсивных клапанов. Для этого включают станцию. После окончания цикла ее работы просматривают все питатели и по штокам индикаторов выявляют точки, в которые не поступает смазка, и исправляют дефекты.

Трубопроводы систем гидравлики монтируют с соблюдением требований, аналогичных требованиям к системам жидкой и густой смазки. Для изготовления деталей и узлов систем гидравлики диаметром 22...60 мм применяют установку СГ-60 (рис. 116). На установке производят резку труб на заготовки маятниковой пилой *1* ПМ-300/80, обработку фасок под сварку резцовой головкой *2* и гибку труб *3*.

Трубопроводы систем гидравлики жестко закрепляют в деревянных башмаках, обрамленных полосовой сталью, или на специальных скобах. В верхних точках трубопроводов устанавливают воздушники, а в нижних — сливные штуцера. Подвижные элементы гидросистемы соединяют с помощью гибких рукавов, которые до их установки испытывают гидравлическим давлением 1,25 $P_р$.

Промывку трубопроводов производят после монтажа рабочей жидкостью в течение 24 ч, при этом скорость протекания масла в трубопроводе должна быть не менее 2 м/с. После промывки и удаления сжатым воздухом остатков жидкости трубопровод подвергают гидравлическому испытанию рабочей жидкостью на прочность и плотность. При испытании все цилиндры и плунжерные устройства гидроприводов отключают.

Трубопроводы пневматических систем монтируют в соответствии с требованиями, предъявляемыми к трубопроводам общего назначения. Отличительной особенностью являются повышенные требования к чистоте внутренних поверхностей, что достигается продувкой их сжатым воздухом с обстукиванием после окончания монтажа.

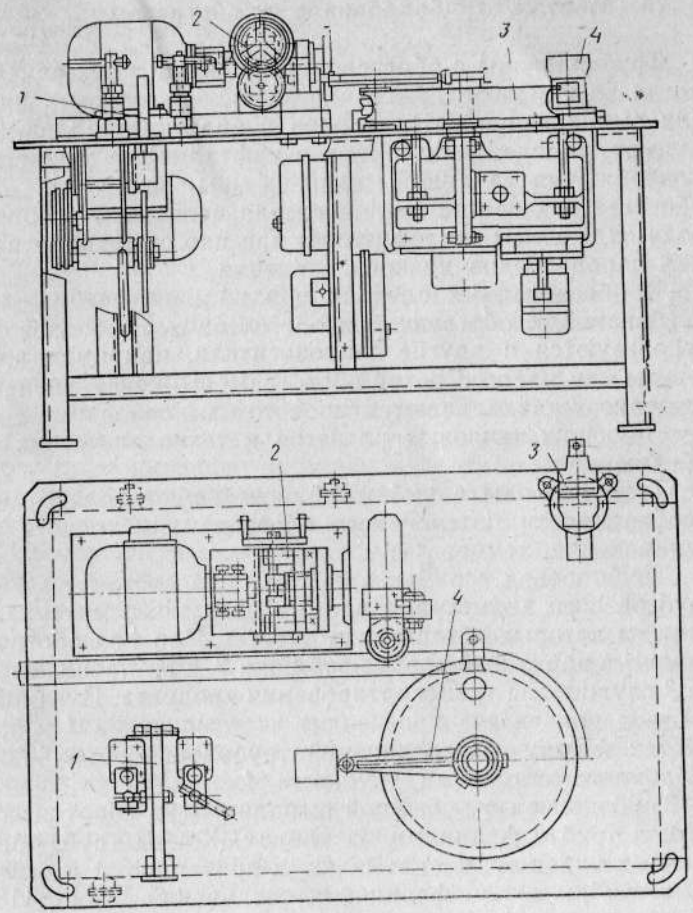


Рис. 116. Установка СГ-60 для изготовления деталей и узлов гидравлических систем

1 — отрезная маятниковая пила ПМ-300/80; *2* — головка для обработки фасок под сварку; *3* — электромеханический трубогиб; *4* — тиски

Продувку выполняют последовательно, начиная с магистральных трубопроводов и заканчивая ответвлениями к пневмоцилиндрам. В процессе продувки всю пневмоаппаратуру отключают.

По окончании продувки трубопроводы испытывают на прочность и плотность сжатым воздухом.

§ 75. Монтаж трубопроводов с обогревом

Трубопроводы с обогревом применяют в тех случаях, когда по ним передаются продукты, легко застывающие или выпадающие из растворов в виде кристаллов (например, расплавленные сера и нафталин), а также для поддержания заданной температуры продукта. Для обогрева в качестве теплоносителя используют горячую воду от системы теплофикации или пар от технологических паропроводов низкого давления.

В обоснованных случаях при наличии специальных требований к обогреву технологических трубопроводов используются и другие теплоносители, например антифризы или масло. Способ обогрева и его конструктивное решение устанавливаются проектом на основании соответствующих тепловых расчетов и технологических соображений.

Трубопроводы с рубашкой используют только при необходимости интенсивного обогрева или точного регулирования температуры.

Трубопровод с рубашкой (рис. 117) состоит из двух труб разного диаметра, а часто и из разного материала, одна из которых вставлена в другую. Пар для обогрева подают в наружный корпус рубашки *2*, а внутренняя труба *3* служит для транспортирования продукта. Пуск пара и отвод конденсата производят через штуцера *1* и *6*. В местах фланцевых соединений трубопроводов рубашки соединяют отводными трубками *4*.

Трубопровод с рубашкой выполняют из коротких отрезков труб с фланцами на концах. Концы труб, образующих рубашку, подкатывают и приваривают к основным трубам около фланцевых соединений (рис. 118). Расположение сварных швов обогреваемых труб под рубашками не допускается.

На монтаже обводные трубки рубашек на горизонтальных участках трубопроводов располагают строго горизонтально, чтобы не образовывались мешки. На трубопроводах с уклоном участки обводных трубок, присоединяемые к штуцерам рубашек, располагают горизонтально, а уклон средней части — в соответствии с уклоном трубопровода. При сборке фланцевых соединений обводных трубок нельзя допускать принудительного натяга и перенапряжения в штуцерах.

При укладке трубопроводов на неподвижные опоры к ним крепят основную (обогреваемую) трубу, а в рубашке в этих местах делают разрывы с обводными трубками. Крепить рубашки к неподвижным опорам не следует.

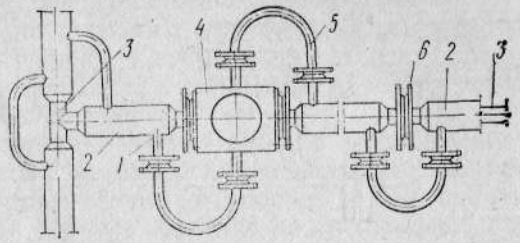


Рис. 117. Схема участка трубопровода с рубашкой
1 — штуцер; *2* — рубашка; *3* — обогреваемый трубопровод; *4* — обогреваемая арматура; *5* — обводная труба; *6* — фланцевое соединение

Трубопроводы со спутниками (рис. 119) обычно выполняют в виде трубы *4*, которую прокладывают рядом с основным обогреваемым материальным трубопроводом *1*. Наибольшее применение в технологических трубопроводах получили одиночные трубы-спутники, которые размещают параллельно основному трубопроводу. Диаметр спутников определяется тепловым расчетом и обычно принимается с $D_y = 20...50$ мм.

При горизонтальном расположении трубопровода спутники устанавливают под ним (при двух-трех спутниках — симметрично вертикальной оси), при вертикальном — в виде спирали.

Трубопроводы-спутники обычно закрепляют к основному трубопроводу на хомутах *3* или вязальной проволокой через каждые 0,4...0,5 м. При это необходимо следить, чтобы труба-спутник плотно прилегала к основному трубопроводу. В местах установки арматуры *4* и фланцев *2* обычно изгибают трубу-спутник и делают компенсатор *5* с фланцевым разъемом, чтобы можно было разбирать и ремонтировать соединение. Неподвижные крепления трубопроводов-спутников необходимо выполнять на общей опоре с основным трубопроводом.

Крепление обогревающих спутников к опорам и обогреваемому трубопроводу должно обеспечивать свободную дополнительную компенсацию тепловых удлинений спутника. В необходимых случаях на обогревающих спутниках предусматривают дополнительные компенсирующие устройства.

Для обогревающих спутников с $D_y = 40$ и 50 мм необходимо делать расширенный вырез в подвижных и неподвижных опорах. Перед испытанием рубашки и отдельные участки трубопроводов-спутников продувают.

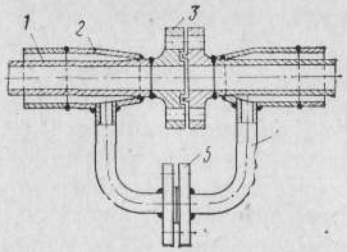


Рис. 118. Узел фланцевого соединения трубопровода с рубашкой
1 — обогреваемый трубопровод; *2* — рубашка; *3* — фланцевое соединение; *4* — обводная труба; *5* — фланцевое соединение обводной трубы

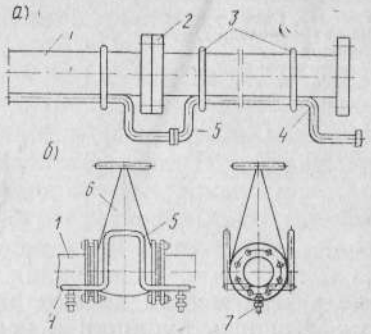


Рис. 119. Схема трубопровода со спутником
а — на горизонтальных участках трубопровода; *б* — в месте установки арматуры; *1* — обогреваемый трубопровод; *2* — фланец; *3* — хомут; *4* — труба-спутник; *5* — компенсатор спутника; *6* — арматура; *7* — спуск конденсата

При испытании трубопроводов с рубашкой сначала испытывают на прочность рубашку трубопровода, причем испытательное давление должно составлять 1,25 $P_р$ теплоносителя в рубашке. При испытании рубашки фланцевые соединения обогреваемых труб не затягивают, чтобы можно было проверить отсутствие испытательной воды или воздуха в основном трубопроводе, которые могут попасть туда из-за прожога стенки трубы при приварке рубашки. Трубопроводы со спутником испытывают раздельно. По окончании испытаний трубопроводы покрывают общей теплоизоляцией.

§ 76. Правила техники безопасности при монтаже трубопроводов

При монтаже трубопроводов необходимо руководствоваться основными положениями и требованиями по охране труда и технике безопасности в строительстве, изложенными в СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве». На основании этих правил разработаны и утверждены ведомственные инструкции, инструктивные указания и памятки для каждого вида работ и для каждой специальности с учетом местных условий.

Все вновь поступившие рабочие, выполняющие монтаж трубопроводов, проходят вводный инструктаж по

технике безопасности и инструктаж непосредственно на рабочем месте по безопасному выполнению работ.

Перед началом монтажа трубопроводов рабочий должен надеть спецовку, застегнуть или завязать обшлага рукавов, надеть каску, а женщины должны убрать волосы под головной убор.

К производству такелажных работ с помощью подъемных механизмов с механическим и электрическим приводом допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обучение по специальной программе, сдавшие экзамены и получившие удостоверение на право производства такелажных работ.

Грузоподъемность механизмов и приспособлений, применяемых при такелажных работах, должна соответствовать массе монтируемого оборудования, узлов трубопроводов и арматуры. Перед началом работы все грузоподъемные средства прочно закрепляют в соответствии с проектом производства работ или технологической картой, которая выдается руководителем работ бригадиру.

При выполнении верхолазных работ и работ на высоте (1,5 м и выше) без применения лесов или подмостей все рабочие обеспечиваются предохранительными поясами и специальной обувью с нескользящей подошвой. Каждый рабочий при работе на высоте обязан прикрепляться с помощью карабина предохранительного пояса к надежным и неподвижным элементам зданий или сооружений. Предохранительные пояса должны иметь паспорта и маркировку, состоящую из товарного знака завода-изготовителя, клейма, номера пояса и даты его испытания.

Корпус электроинструмента, работающего при напряжении тока в сети более 40 В, должен иметь надежную изоляцию или должен быть заземлен. Заземлению подлежат также все вспомогательные электрические устройства для электроинструмента (преобразователи частоты тока, понизительные трансформаторы).

При работе с электроинструментом применяют средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током — диэлектрические коврики и резиновые перчатки (при напряжении более 40 В). Использование электроинструмента с защитно-отключающими устройствами, работающего при напряжении более 40 В, без индивидуальных средств защиты от поражения электри-

ческим током допускается только при наличии специальных инструкций или указаний.

Разнообразные условия работы при монтаже трубопроводов требуют принятия соответствующих мер по созданию безопасных условий труда для слесарей-трубопроводчиков и рабочих других специальностей.

Рабочие места освобождают от строительного мусора, ненужных строительных материалов, разработанной опалубки, снега и льда. Загроможденность и захламленность рабочих мест могут быть причиной травмы. На рабочих местах и в районе выполнения работ не должно быть открытых ям и котлованов. Проходы к оборудованию должны быть свободны.

Перед началом монтажа трубопроводов следует осмотреть рабочее место и убедиться, что условия работы соответствуют требованиям безопасности. В зоне выполнения монтажных работ не допускается присутствие посторонних лиц, опасная зона должна быть ограждена и иметь предупредительные знаки и плакаты.

При монтаже внутрицеховых трубопроводов необходимо следить за надежным закреплением каждого участка на кронштейнах или подвесках. До закрепления нельзя снимать строп с крюка грузоподъемного механизма или приспособления.

Вести монтаж наружных трубопроводов во время грозы и ветра выше 6 баллов не разрешается.

Нельзя монтировать трубопроводы одновременно на нескольких этажах, расположенных по одной вертикали и не имеющих перекрытий. При необходимости такие работы можно проводить лишь в том случае, если надземные защитные настилы обеспечивают безопасность лиц, работающих на нижних этажах.

Сварщиков, работающих на высоте, обеспечивают пеналами для хранения электродов, сумками для хранения инструмента и огарков электродов. Запрещается сбрасывать огарки, инструмент и электроды вниз, так как это может нанести травму работающим внизу людям. Люди, работающие в зоне сварки, должны быть защищены от искр. Для этого места сварки ограждают инвентарными изгородями. При работе должны пользоваться только исправным инструментом, хранящимся в специальном переносном ящике.

Гаечные ключи должны соответствовать размеру гаек. Применение прокладок, контрключей, труб для удлинения плеча ключа запрещается.

Запрещается оставлять инструменты, материалы, спецодежду и другие предметы внутри и снаружи монтируемого трубопровода даже на короткое время.

Работу вблизи линий электропередачи необходимо выполнять только по наряду-допуску под непосредственным наблюдением старшего производителя работ.

Один рабочий не должен производить работы в колодцах, камерах и туннелях. При всех условиях рабочих должно быть не менее двух: один из них должен оставаться наверху и наблюдать за работающим в колодце. Перед спуском в колодцы, камеры и туннели необходимо убедиться, что в них нет вредных газов.

Выполнение работ в колодцах, камерах и туннелях, где температура воздуха достигает 40°С, не разрешается без устройства приточной вентиляции.

Трубопроводы необходимо испытывать в строгом соответствии с проектом или техническим условием, под руководством производителя работ или мастера. Рабочие, участвующие в испытаниях, должны быть предварительно проинструктированы о способах удаления воздуха из трубопровода, порядка постепенного повышения и снижения давления, недопустимости исправлений дефектов трубопровода, находящегося под давлением, и повышении давления против установленного проектом, о приемах простукивания сварных швов.

Работу, связанную с огнем, на действующем предприятии, в том числе и сварку, начинают только по наряду-допуску, в котором указываются все необходимые профилактические мероприятия, а также место работы, время и характер ее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гальперин М. И., Артемьев В. И., Местечкин Л. М. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов: Учеб. пособие для техникумов. — М.: Стройиздат, 1982.—351 с.

Глухенький Т. Е. Станционные трубопроводы, их изготовление и монтаж. Учебник для учащихся энергетических и энергостроительных техникумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1977.— 416 с.

Проектирование и монтаж технологических трубопроводов из пластмасс. Справочник/ В. И. Обвинцев, В. Х. Бондарь, Ю. С. Бурбело и др. — К.: Будівельник, 1985.—144 с.

Ромейко В. С., Шестопал А. Н., Персион А. А. Пластмассовые трубопроводы: Учеб. пособие для учащихся строит. техникумов. — М.: Высш. школа, 1984.—200 с.

СНиП 3.05.05—84. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы / Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.—32 с.

СНиП III-4-80. Техника безопасности в строительстве / Госстрой СССР. — М.: Стройиздат, 1983.—255 с.

Тавастшерна Р. И. Монтаж технологических трубопроводов: Учебник для проф.-техн. училищ. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1980.—256 с.

Технологические трубопроводы в промышленном строительстве / Е. Я. Николаевский, Р. И. Тавастшерна, А. Л. Зильберберг, А. Г. Рузанов: Под ред. Е. Я. Николаевского. — М.: Стройиздат, 1979.— 800 с. — (Справочник монтажника).

А

Арматура трубопроводная:
вентили 53—54
задвижки 54
клапаны 54—55
классификация 50—51
краны 52—53
маркировка 56—57
монтаж 173—174
муфтовая 52
назначение 50
обезжиривание 263
обозначение графическое 70
— условное 56—57
приварная 52
приемка 88
с обогревом 273
способы строповки 150
фланцевая 51—52
цапковая 52

Б

Балансиры 155
Блок:
агрегированный 162—163
— комбинированный 185
— определение 8
— сборка 168—170, 187—188
— строительных конструкций 185
— трубопроводный 185
Болты (см. Крепежные детали)

В

Вакуумпроводы:
испытания 260—262
— монтаж 259—262
— обезжиривание 260
Вращатели 124—125
Вытяжка ответвлений 107—109, 225

Г

Газовая сварка 124
— — прутковая 229—231
Гайковерты 155
Гибка труб:
горячая 100, 103—106
— полимерных 223
— стальных 100—106
— станки 101—104
— холодная 100—102
— цветных металлов 245—246
Группа трубопровода 14—15
Гуммированные трубопроводы:
испытания 252—254
— монтаж 249—254
— промывка 254
— хранение 251

Д

Давление:
пробное 11
— рабочее 11
— условное 10—11
Детали трубопроводов:
заглушки 28, 30
— определение 8—9
— ответвления 26—29
— отводы 25—27
— опоры и подвески 35—40
— переходы 30
— седловины 27, 29
— тройники 26—29
— условное обозначение 68—70
— фланцы 30—33
— шифр 79
Дефектоскопы 135
Документация приемо-сдаточная 217—218

З

Заглушки:
инвентарные 207—209
— плоские 28, 30
— ребристые 28, 30
— условные обозначения 68—70
— эллиптические 28, 30
Захваты клещевые 151
— строповые 150—151
Зачистка под сварку 110

И

Инструмент ручной 155—158
Испытания трубопроводов:

гидравлические 205—207, 209—219
— методы 205—207
— пневматические 205—207, 212—217
— на герметичность 205, 207
— на плотность 205, 207, 214—217
— на прочность 205, 207, 209—212
— на сплошность покрытия 252—254

К

Категория трубопроводов 14—16
Кислородопроводы:
испытания 264
— монтаж 263
— обезжиривание 264
Классификация трубопроводов 11—16
Компенсаторы:
линзовые 61—63
— монтаж 174—182
— П-образные 60—61
— растяжка 175—178, 180—182
— сальниковые 65
— сильфонные 64—65
— условные обозначения 69
Компенсация трубопровода 57—60
Комплектация трубопроводов 158—159
Контроль сварочного соединения:
внешним осмотром 134
— неразрушающими методами 134—136
— металлографический 136
— механическими испытаниями 136
— предупредительный 133—134
Коэффициент линейного расширения 58
Крепежные детали:
болты 33
— гайки 33
— шайбы 33
— шпильки 33

Л

Линия трубопровода:
комплектация 158—159
— определение 8
— складирование 138—139, 160
— чертежи 75—80

М

Маркировка секций 137
— узлов 134
Машины ручные:
пневматические 154—155
— электрические 153—155
Маятниковые пилы 97
Монтаж арматуры 173—174
— кислородопроводов 262—264
— компенсаторов 174—182
— опор и подвесок 166—168
— трубопроводов:
вакуумных 259—262
— внутрицеховых 160—163
— высокого давления 254—259
— гуммированных 249—254
— из полимерных материалов 234—239
— из цветных металлов 248—249
— межцеховых 183—185
— систем гидравлики 270
— пневматики 271
— стеклянных 240—244
— с обогревом 272—274
— фаолитовых 238—239
— футерованных полиэтиленом 249—254
— хладопроводов 264—266

Н

Нагрев токами высокой частоты 103—105
Напряжения, допускаемые для стальных труб 18—20
Натекание вакуумной системы 259, 261—262

О

Обезжиривание арматуры 263
— труб 263
— трубопроводов 264
Обжатие концов труб 106—107
Обработка труб:
из цветных металлов 244—246
— пластмассовых 221—225
— стальных 100—109
— стеклянных 240—241
Огрунтовка труб 91—92
Опорные конструкции трубопроводов 40
Опоры и подвески, монтаж 166—168
— неподвижные 36—39
— подвижные 39
— — трубопроводов:
стальных 36—40
— пластмассовых 236—237
— стеклянных 241—242
— — условные обозначения 68, 70
Определение диаметра труб 17
— скорости натекания 261
— толщины заглушек 209
— — стенки 17—21
Отбортовка труб:
пластмассовых 224—225
— стальных 107
Ответвления бесшовные 26—29, 107—109
— сварные 26—29
— условные обозначения 68
Отводы бесшовные гнутые 25—26
— — крутоизогнутые 25
— сварные 26—27
— условные обозначения 68
— шифр 79
— штампосварные 26
Очистка труб механическая 89
— — химическая 89—91
— трубопроводов химическая 266—268

П

Пайка трубопровода 248
Переходы бесшовные концентрические 28, 30
— сварные лепестковые 28, 30
— — вальцованные 28, 30
— условные обозначения 69
— шифр 79
— эксцентрические 28, 30
Плеть трубопровода, определение 9
Почвенная коррозия 200—201
Правка труб:
стальных 97—99
— полимерных 224—225
— свинцовых 246
Приемка труб и деталей 87
— трубопроводов 204—205
— узлов и секций 136—137
Продавливание патронов без выемки грунта 198
— — с выемкой грунта 197—198
Продувка трубопроводов 218—219
Промывка трубопроводов 218—219
Прокладка трубопроводов:
бесканальная 193—195
— бестраншейная 184, 196—200
— в каналах 195—196
— надземная 183—193
— подземная 183—184, 193
Прокладки:

асбестометаллические 35
— металлические 35
— неметаллические 34—35
— спиральнонавитные 35
— фланцевых соединений 34—35
Проход условный 10

Р

Радиус изгиба труб 100, 102
Разбивка трассы 163—165
Раздача концов труб 106—107
Разделка концов труб 93
Разметка труб и деталей 92—93
Расконсервация изделий 89
Резка труб:
высокого давления 253
— газопламенная 93—95
— из цветных металлов 95
— механическая 95—97
— плазменная 93
— пластмассовых 221—223
— стальных 93—97
— стеклянных 241—242

С

Самокомпенсация 59
Сборка трубопроводов высокого давления 256—257
— деталей 117
— секций 127—128, 202—203
— узлов 109—116
— фланцевых соединений 117—121
— элементов 109—116
Сварка деталей 126—127
— секций 128—131, 202—203
— узлов 121—126
— трубопроводов из цветных металлов 246—247
— — пластмассовых 228—231
— — стальных 121—124
— элементов 121—124
Сдача трубопроводов высокого давления 258—259
— — низкого давления 217
— — пара и горячей воды 217—218
Седловины вварные 26, 29
— накладные 27, 29
Секция трубопровода, маркировка 137
— — определение 9
Складское хозяйство 138—140
Склеивание трубопроводов из поливинилхлорида 231
Соединения трубопроводов:
из цветных металлов 246
— пластмассовых 220—221
— стальных 13—14, 25, 29—33
— стеклянных 240—241
— футерованных 249

Т

Термообработка сварных швов:
газовыми горелками 132—133
— индуктором 132—133
— пальцевыми нагревателями 132
Тройники:
бесшовные 26—27
— сварные 26—27
— условные обозначения 68
— шифр 79
— штампосварные 26—27
Трубозаготовительный цех, состав оборудования 140—143
— — технико-экономические показатели 143
Трубоотрезные станки 93—97
Трубопроводы:
безотказность 6
— вакуумные 12, 259
— внутрицеховые 12—14
— высокого давления 12
— группа 14
— долговечность 6
— категории 14, 16
— классификация 11—16
— межцеховые 12—14
— надежность 6—8
— отказ 6
— ремонтопригодность 6
— технологические: 5
— рабочий проект, состав 66—67
— чертежи деталировочные 74—80
— — монтажные 71—74
— — условные обозначения 68—70
Трубы:
алюминиевые 45
— биметаллические 49—50
— для трубопроводов пара и горячей воды 23—25
— камнелитные 45
— керамические 45
— латунные 46
— медные 46
— пределы применения 21, 41, 44—45, 47—48
— поливинилхлоридные 43
— полипропиленовые 42—43
— полиэтиленовые 42
— свинцовые 46
— стальные бесшовные 21—22
— стеклопластиковые 44
— стеклянные 44—45
— титановые 46
— фаолитовые 44
— фторопластовые 43
— футерованные 49, 50

У

Узел трубопровода:
конструкция 83—84
— маркировка 137
— определение 8
— складирование 138—139, 160
— технология изготовления 84—86
— транспортирована 159—160
— характеристика 82—84
— централизованное изготовление 80—82
Установки для вытяжки ответвлений 109
— — очистки и огрунтовки 90—91
— — правки концов труб 98
— — резки труб 93—95
— — сборки и сварки секций 127—130
— — — сварных отводов 117
— — — узлов 112—116
— — — элементов 112—116
— — сварки отводов 126—127
— — — узлов 124—126
— — — элементов 124—126

Ф

Фланцевое соединение труб:
стальных 30—31
пластмассовых 221
сборка и сварка 117—121
стеклянных 240
футерованных 249
Фланцы:
квадратные 31
— плоские приварные 31—32
— пределы применения 32
— приварные встык 31—32
— свободные 32—33
— условные обозначения 69
— уплотнительные поверхности 31
— шифр 79

Х

Химическая очистка трубопроводов 89—91
Хладопроводы:

испытание 265—266
— монтаж 264—265

Ц

Централизованное изготовление:
технико-экономические показатели 81
технология 84—87
Центраторы внутренние 116, 126
— наружные 115—116

Э

Элемент трубопровода, определение 8
— — условные обозначения 80
Эстакады трубопроводов 183

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
Глава I. Общие сведения о технологических трубопроводах 5
§ 1. Назначение и характеристика технологических трубопроводов 5
§ 2. Условные проходы. Условные, рабочие и пробные давления 10
§ 3. Классификация трубопроводов 11
§ 4. Определение диаметра и толщины стенки труб . . 17
Глава II. Трубы и детали стальных трубопроводов 21
§ 5. Стальные трубы и их применение для технологических трубопроводов 21
§ 6. Основные требования к трубам для трубопроводов пара и горячей воды и тепловых сетей 23
§ 7. Приварные детали трубопроводов 25
§ 8. Крепежные детали и прокладочные материалы . . . 33
§ 9. Опоры, подвески и опорные конструкции 35
Глава III. Трубы и детали трубопроводов из неметаллических материалов, цветных металлов и стальные с внутренним покрытием 40
§ 10. Трубы и детали трубопроводов из полимерных материалов и их применение 40
§ 11. Трубы и детали трубопроводов из стекла, керамики, камнелита и их применение 44
§ 12. Трубы и детали трубопроводов из цветных металлов и их применение 45
§ 13. Трубы и детали стальных трубопроводов с внутренним покрытием и их применение 46
Глава IV. Трубопроводная арматура и компенсаторы . . . 50
§ 14. Общие сведения об арматуре и ее применении . . 50
§ 15. Условные обозначения и маркировка арматуры . . 56
§ 16. Тепловые удлинения трубопровода и его компенсация
§ 17. Типы компенсаторов 60
Глава V. Состав и оформление проектной документации на трубопроводы 66
§ 18. Состав рабочего проекта и условное обозначение трубопроводов и арматуры 66
§ 19. Монтажные чертежи трубопроводов 71
§ 20. Деталировочные чертежи трубопроводов 74
Глава VI. Централизованное изготовление узлов стальных трубопроводов 80
§ 21. Централизованное изготовление трубопроводов и его эффективность 80
§ 22. Узлы трубопроводов и их характеристика 82
§ 23. Технологический процесс централизованного изготовления трубопроводов 84
Глава VII. Обработка стальных труб и деталей для сборки и сварки трубопроводов 87
§ 24. Приемка, расконсервация, очистка и огрунтовка труб, деталей и готовых изделий для трубопроводов . . 87
§ 25. Разметка труб 92
§ 26. Резка труб, разделка кромок и нарезка резьбы . . 93
§ 27. Правка концов труб и деталей 97

§ 28. Гибка труб 100
§ 29. Раздача, обжатие, отбортовка концов труб и вытяжка ответвлений 106
Глава VIII. Сборка и сварка стальных трубопроводов . . . 109
§ 30. Сборка элементов, узлов и деталей трубопроводов 109
§ 31. Сборка фланцевых соединений 117
§ 32. Сварка элементов, узлов и деталей трубопроводов 121
§ 33. Сборка и сварка прямолинейных секций трубопроводов 127
§ 34. Термическая обработка сварных соединений . . . 130
§ 35. Контроль качества сварных соединений 133
§ 36. Маркировка и приемка узлов и секций трубопроводов 136
Глава IX. Оборудование производственных баз и трубозаготовительных цехов для централизованного изготовления трубопроводов 138
§ 37. Оборудование производственных баз и механизация складского хозяйства 138
§ 38. Оборудование трубозаготовительных цехов . . . 140
§ 39. Организация труда и рабочих мест 144
§ 40. Правила техники безопасности при изготовлении трубопроводов 146
Глава X. Подготовка производства и средства механизации монтажных работ 148
§ 41. Подготовка производства монтажных работ . . . 148
§ 42. Такелажные работы и оснастка 149
§ 43. Средства малой механизации и инструмент . . . 152
§ 44. Комплектация, транспортирование и складирование на монтажной площадке 158
Глава XI. Монтаж внутрицеховых стальных трубопроводов общего назначения 160
§ 45. Технология монтажа внутрицеховых трубопроводов 160
§ 46. Разбивка трассы трубопровода 163
§ 47. Монтаж опорных конструкций, опор и подвесок . . 166
§ 48. Укрупнительная сборка узлов трубопроводов . . . 168
§ 49. Установка узлов трубопроводов в проектное положение 170
§ 50. Монтаж трубопроводной арматуры 173
§ 51. Монтаж компенсаторов 174
Глава XII. Монтаж межцеховых стальных трубопроводов общего назначения 183
§ 52. Способы прокладки межцеховых трубопроводов . 183
§ 53. Монтаж надземных трубопроводов 185
§ 54. Монтаж подземных трубопроводов 193
§ 55. Защита подземных трубопроводов от почвенной коррозии 200
Глава XIII. Контроль, испытание и сдача в эксплуатацию стальных трубопроводов общего назначения 204
§ 56. Поузловая приемка и техническое освидетельствование смонтированных стальных трубопроводов . . . 204
§ 57. Общие сведения об испытаниях трубопроводов . . 205
§ 58. Гидравлическое испытание трубопроводов 209
§ 59. Пневматическое испытание трубопроводов 212
§ 60. Сдача трубопроводов в эксплуатацию 217
§ 61. Промывка и продувка трубопроводов 218
Глава XIV. Особенности изготовления, монтажа и испытания трубопроводов из полимерных материалов 220
§ 62. Типы соединений трубопроводов 220
§ 63. Резка, гибка и формование труб 222
§ 64. Сборка, сварка и склеивание трубопроводов . . . 226
§ 65. Контроль качества сварных и клеевых соединений 232
§ 66. Монтаж трубопроводов 234
Глава XV. Особенности изготовления, монтажа и испытания трубопроводов из стекла, цветных металлов и стальных с внутренним покрытием 240
§ 67. Монтаж стеклянных трубопроводов 240
§ 68. Изготовление и монтаж трубопроводов из цветных металлов и их сплавов 244
§ 69. Изготовление и монтаж стальных трубопроводов с внутренним неметаллическим покрытием 249
Глава XVI. Особенности монтажа и испытаний трубопроводов специального назначения 254
§ 70. Монтаж трубопроводов высокого давления . . . 254
§ 71. Монтаж вакуумных трубопроводов 259
§ 72. Монтаж кислородопроводов 262
§ 73. Монтаж хладопроводов 264
§ 74. Монтаж трубопроводов смазочных, гидравлических и пневматических систем общепромышленного назначения 266
§ 75. Монтаж трубопроводов с обогревом 272
§ 76. Правила техники безопасности при монтаже трубопроводов 274
Список литературы 278
Предметный указатель 279